Н. Н. РУБЦОВ, В. В. БАЛАБИН,
М. И. ВОРОБЬЕВ

ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ

МАШГИЗ

Н. Н. РУБЦОВ, В. В. БАЛАБИН, М. И. ВОРОБЬЕВ

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ

Под редакцией
д-ра техн. наук проф. Н. Н. РУБЦОВА

Допущено Министерством высшего образования СССР в качестве учебного пособия для машиностроительных вузов и специальностей

МАШГИЗ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1959

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СССР
1602/60
Д1
12.975

В книге изложены вопросы возникновения и развития основных приемов формовки, включая современные способы формовки-сборки и новейшие методы изготовления литейных форм по выплавляемым моделям.

Рассмотрены принципиальные положения об изготовлении моделей, формовочных материалов, их физические, физико-химические и механические свойства. Приведены способы ручного и механического изготовления стержней и требования, которым должны удовлетворять геометрия стержня, его конструкция и размерность. Рассмотрены способы сборки и заливки форм, системы механизации выбивки и очистки литья. Изложены принципы проектирования технологического процесса формовки в зависимости от различных факторов. Приведены расчеты затвердевания и охлаждения отливок в песчано-глинистой форме на базе тепловой теории.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов машиностроительных втузов. Кроме того, она может быть использована инженерами по литейному производству.

Рецензенты:
Кафедра „Машины и технология литейного производства“
Московского автомеханического института
и д-р техн. наук проф. *Л. И. Фанталов*

Редактор инж. *В. Н. Сидоров*

Редакция литературы по тяжелому машиностроению
Зав. редакцией инж. С. Я. ГОЛОВИН

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Машины и технология литейного производства» освещает весь круг вопросов, связанных с производством отливок из черных и цветных металлов и сплавов.

Он состоит из следующих разделов:

I. Формовочные материалы.
II. Производство моделей.
III. Технология формовки.
IV. Свойства и термическая обработка литых деталей.
V. Плавка металлов.
VI. Специальные виды литья.

Значение литейного производства в народном хозяйстве чрезвычайно велико: удельный вес отливок из различных металлов и сплавов (чугун, сталь и цветные металлы) в весовом отношении для большинства машин составляет 50 — 85%.

Отношение веса отливок некоторых машин к общему весу машин примерно следующее: в конструкции дизельмоторов 70—75%, металлообрабатывающих станков 80—85%, агрегатов химического машиностроения до 95%.

Последовательное усовершенствование технологии литейного производства ведет к еще большему применению литых деталей в различных машинах. Так, например, новые прогрессивные методы литья по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы, литье методом выжимания, литье под давлением позволяют во многих случаях заменять поковку, штамповку, прокат и значительно сокращают потребность в дальнейшей механической обработке. Приведенные примеры дают полное основание называть технологию литейного производства основой машиностроения. С ростом и развитием машиностроения должна развиваться и совершенствоваться технология литейного производства.

В связи с этим необходимо обеспечить прогресс в литейном производстве как основе машиностроения. Резкого повышения производительности в литейном производстве необходимо добиваться не только за счет увеличения и постройки новых литейных цехов, но в значительной степени за счет лучшего использования существующих резервов, усовершенствования технологических процессов и организации производства.

Особое значение приобретает история литейного производства СССР, изучение основных этапов развития литейной науки и техники.

Литейное производство является едва ли не самым древним методом обработки металлов, с которым познакомилось человечество.

Античная Греция оставила нам непревзойденные образцы литейного искусства, каковы, например, работы Мирона (Знаменитый дискобол), Фидия — Лемнянка и Афина Промахос; Отдыхающий Гермес — Лизиппа и др., которые могли быть и были отлиты методом восковой формовки.

На фиг. 1 изображена статуя (IV в. до нашей эры) из Геркуланума, хранящаяся в национальном музее города Неаполя, — Отдыхающий Гермес.

Метод восковой формовки получил полное развитие в эпоху рабовладельческого общества, когда темпы работы и расходы по выполнению заказа не играли сколько-нибудь значительной роли, когда мастер-литейщик отдавал всю свою жизнь на изучение ремесленных навыков и наследственных секретов мастерства.

Из Византии он перешел в другие страны и особенно широко применялся в Италии. Метод восковой формовки получил также большое распространение в древней Руси, где по свидетельству проф. Рыбакова («Ремесло древней Руси»), на протяжении IX—X вв. городскими литейщиками преимущественно применялось литье по восковой модели, и лишь позднее появляются песчаные литейные формы. В эпоху феодального общества были внесены значительные изменения и упрощения в метод восковой формовки, в частности, при отливке колоколов и пушек.

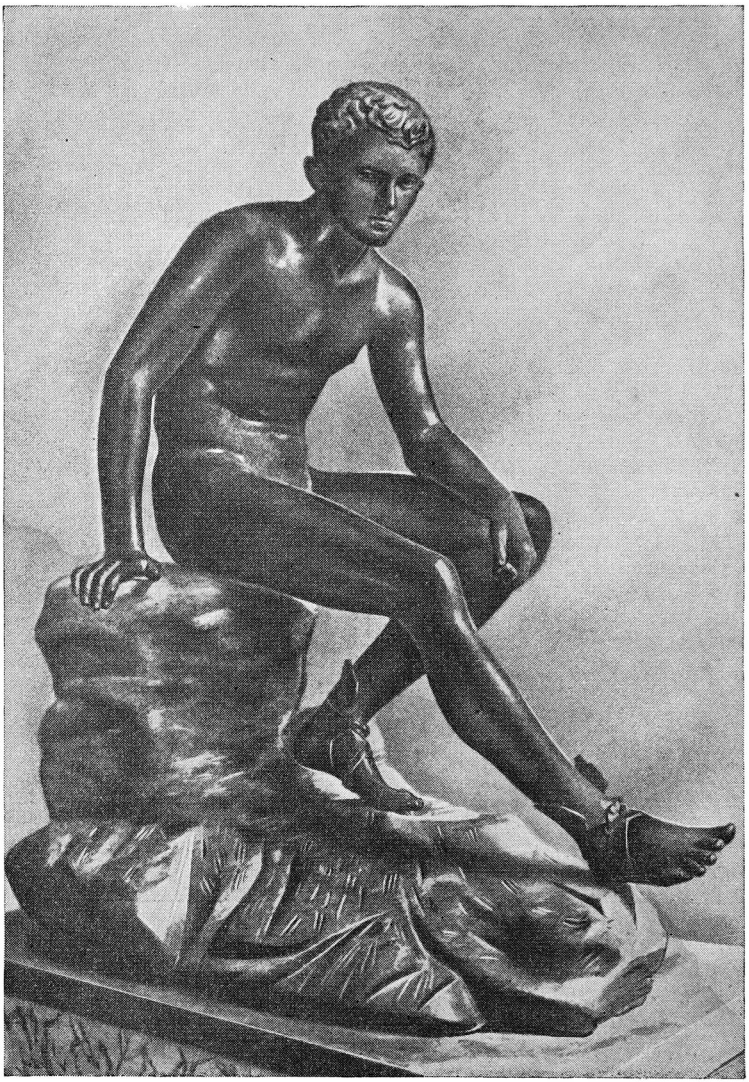
Технология изготовления отливок становится проще: вводится шаблонная формовка и частично деревянные модели.

Для отливки змеевиков и предметов религиозного культа в большинстве случаев применяли способ восковой формовки, великолепным образцом которой могут служить огромные паникадила — хоросы — со сложным кружевным узором, а также две бронзовые арки. Проф. Б. А. Рыбаков установил, что эти арки отлил русский мастер Константин (1166 г.).

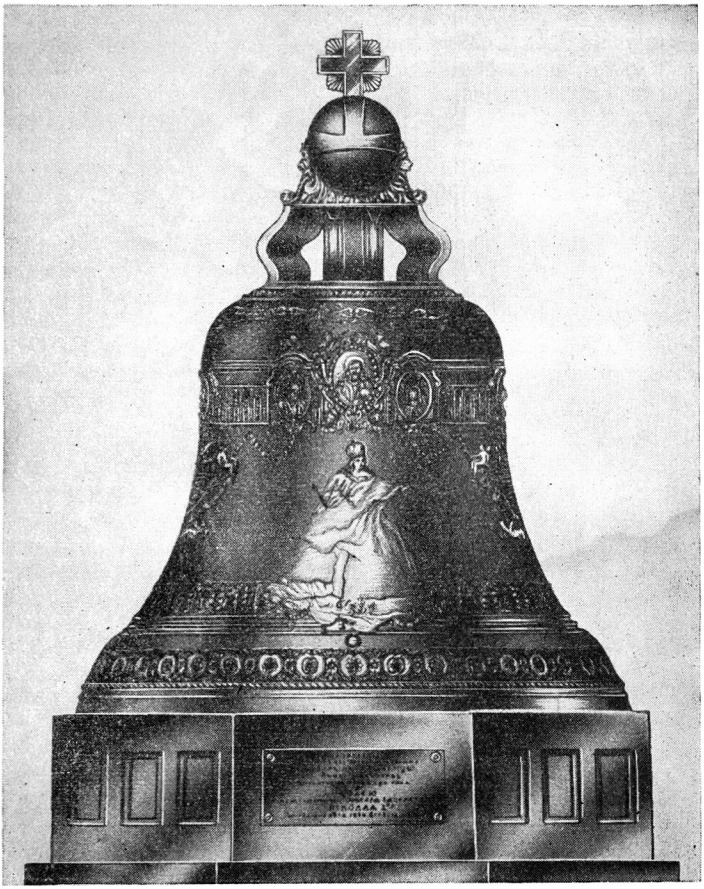
Литейное производство было очень широко распространено в древней Руси. Помимо Москвы, Новгорода и Пскова, где больше всего сохранилось памятников литейного искусства, оно было развито по всей стране: Вологда, Соликамск, Сольвычегодск, Чебоксары, Великий Устюг, Ростов Великий, Нижний Новгород, Глухов, Киев, Полтава и т. д.

Московские мастера считались лучшими, о чем свидетельствуют сохранившиеся до сих пор замечательные отливки мастеров А. Чохова, М. Осипова, Я. Дубинина, А. Григорьева Ф. Терентьева и многих других.

В области литья колоколов Московская Русь значительно опередила все заграничные страны (включая и Китай), создав непревзойденные образцы как по величине и качеству выполнения, например,



Фиг. 1. Отдыхающий Гермес.



Фиг. 2. Царь-колокол.

знаменитый Царь-колокол (весом 12 000 пудов) (фиг. 2) И. Моторина, так и по красоте звучания — звенигородский Царь-колокол работы мастера А. Григорьева.

Точно так же и в литье пушек русские мастера были лучшими в мире. Артиллерия в царствование Ивана Грозного изумляла иностранных послов, которые в своих донесениях писали, что ни один из государей не имеет такой многочисленной артиллерии, как Иван Грозный.

В Москве существовал большой пушечнолитейный завод, построенный в 1479 г., являвшийся основной школой русских литейщиков, где систематизировался опыт, накопленный за долгое время как в России, так и за границей.

В начале XVI в. в Москве отливали чугунные ядра, а в царствование Ивана Грозного из чугуна отливали колокола и пушки. Самым замечательным из пушечных мастеров был А. Чохов, среди многочисленных работ которого особенно широко известна Царь-пушка (фиг. 3).

Чугунолитейное производство получило особенно широкое развитие после того, как в 1632 г. были построены большие доменные заводы близ Тулы—Городищенские заводы, домны которых по своей производительности были в 2 раза больше английских домен.

В конце XVII и начале XVIII в. резко увеличился спрос на изделия железного производства и в особенности на чугунное литье (пушки, гранаты), тем более что ввоз этих предметов из-за границы был совершенно прекращен.

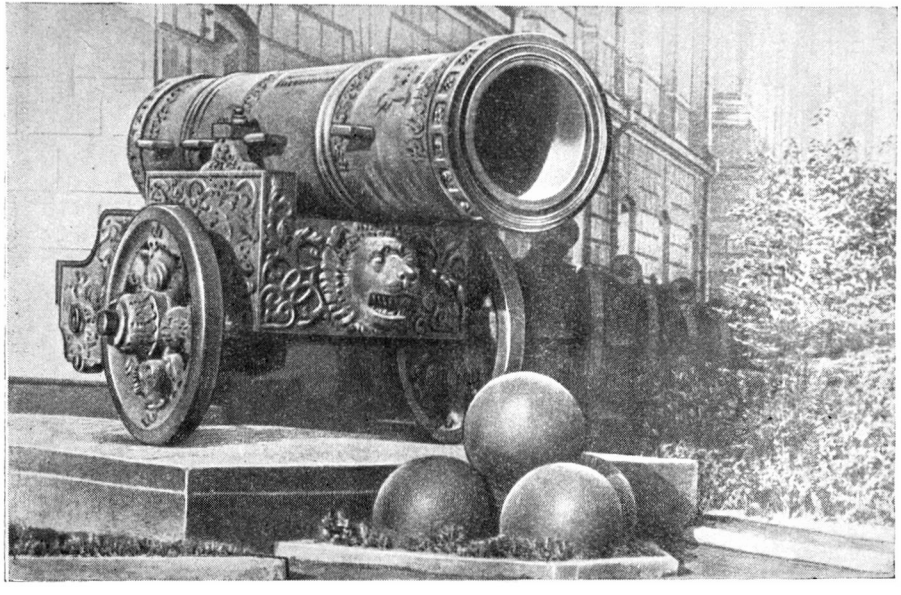
С этого времени начинается бурный рост уральских заводов: в 1701 г. был выдан чугун из первой уральской домны Каменского завода и несколько позже — Невьянского завода. Домна Каменского завода, из чугуна первого выпуска которой были отлиты три пушки и два «мозжера» (мортиры) в 1702 г., выпустила уже в 1701—1702 гг. столько чугуна, что его хватило на отливку более 300 орудий.

В 1703 г. входит в строй действующих Алапаевский завод, а в 1704 г. — Уктусский. К концу царствования Петра I на Урале действовало более 17 заводов, а к концу XVIII в. — около 130 заводов. Заводы центральной России — Тульско-Каширские — продолжали свою работу, но их стали обгонять новые чугунолитейные заводы, из которых можно назвать Липецкие, Олонецкие, Кончезерский и др. Несколько позднее возникают многочисленные Баташевские заводы (Гусевский, Унженский, Выксунские, Илевский), Брянско-Жиздренские, новые тульские заводы (Мышегский, Дубенский и др.).

Россия выходит на первое место в мире по производству чугуна и железа. Главными потребителями русского чугуна и железа в это время были Англия и США.

Помимо пушечнолитейного производства и литья снарядов, также расширялось производство изделий для удовлетворения бытовых нужд. На уральских заводах русские литейщики впервые стали применять армированные железом чугунные стропила. На Олонецких заводах А. Ярцевым впервые в мире вводится метод испытания чугуна на излом под действием груза. В 1835 г. начальник Олонецких заводов Бутенев впервые в мире формулирует основные положения так называемой «теории наследственности»[1] чугуна («Горный журнал», ч. II, кн. IV, 1835):

[1] Точнее — влияние исходных свойств чугуна,



Фиг. 3. Царь-пушка.

«Каждый ученый трудится в своем месте, делает испытания над продуктами местными и нередко, если опыты его не сходствуют с исследованиями других, почитает последние ошибочными и через это и сам впадает в погрешность.

Причина сему то, что не с надлежащей точки смотрят на дело: частное делают общим; свойства одного чугуна, известным способом выплавленного, распространяют на другие, полученные при других обстоятельствах».

Отливки изготовляли непосредственно из чугуна, выплавленного в доменных печах. Последнее ставило машиностроение в зависимость от доменных металлургических заводов и тормозило их развитие, так как металлургические заводы были удалены от центров потребления продукции машиностроительных заводов.

Приоритет введения вторичной переплавки металлов для отливки фасонных деталей принадлежит России.

В 1774 г. заводчик А. Р. Баташев строит оригинальные опрокидывающиеся шахматные печи [1] — прототип будущих вагранок — для переплавки чугуна. Тем самым стало возможно выделение литейных цехов в отдельные, не зависимые от доменных цехов предприятия — литейные цехи второй плавки.

Русские литейщики при литье чугунных пушек, учитывая механические свойства бронзовых и стальных отливок, которые появились в начале второй половины XIX в., должны были стремиться к повышению механических свойств чугуна. Уже в 1857 г. в «Артиллерийском журнале» описывалось влияние перегрева и длительности выдержки чугуна в расплавленном состоянии на повышение его механических свойств — так называемый эффект Ганемана, открытый позже вновь в Германии только в 1925 г.

В России была впервые в мире введена присадка стали в шихту для получения высококачественного чугуна.

Особого внимания заслуживает развитие художественного литья, главным образом литья статуй. Если метод восковой формовки продолжал бытовать и развиваться со времени становления Киевской Руси в производстве ювелирных и мелких художественных отливок, то художественное литье статуй в России начало развиваться в период царствования Петра I, который много внимания уделял украшению Петербурга и пригородных дворцов. Так, в 1714 г. по царскому указу была отлита статуя Самсона (в Петергофе), раздирающего пасть льва; эта группа стояла на месте статуи, выполненной В. П. Екимовым по проекту М. Козловского в 1801 г. В период блокады Ленинграда в 1941—1944 гг. группа была распилена немцами и увезена в Германию; в настоящее время эта группа восстановлена. Работу по отливке статуи «Медный всадник», длившуюся с 1766 по 1778 г., можно считать поворотным моментом в развитии литья

[1] Подобные печи уже ранее применялись бродячими артелями литейщиков и были описаны Реомюром (1722 г.)

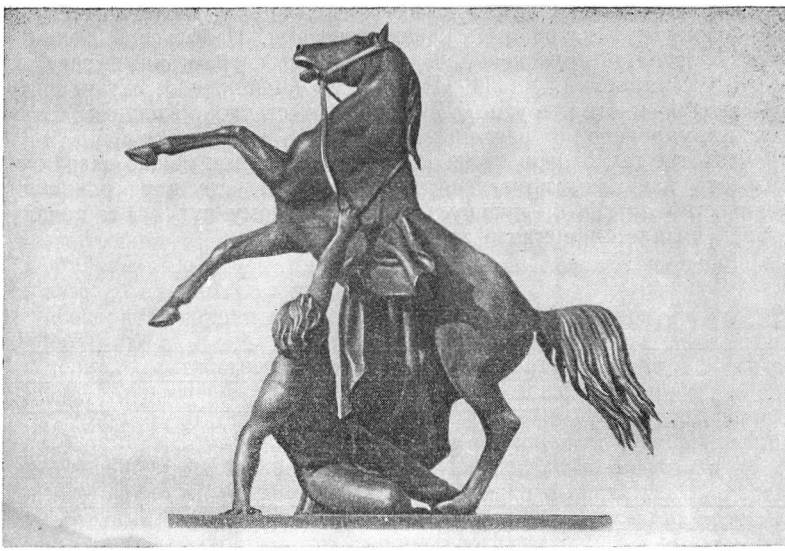
статуй в России; за это время создается русская школа художественного литья.

Выдающимися представителями русской школы художественного литья были В. П. Екимов и П. К. Клодт (фиг. 4 и 5).

Знаменательным для России является XIX век, в течение которого гениальные достижения русского народа проявились во многих областях науки: Д. И. Менделеев разработал периодический закон, что создало базу для нового скачка науки, обеспечившего современные успехи атомной физики и других дисциплин. Д. К. Чернов открыл закон критических точек, на основе которого установлены внутренние превращения, возникающие при нагреве твердой стали выше определенных температур. Он доказал, что этими превращениями можно управлять, т. е. добиваться тех или иных свойств стали. Современная теория металлургии и металлографии развивалась на основе этих открытий. Работы Д. К. Чернова, например, «Исследования, относящиеся к структуре литых стальных болванок», «Обсбщение по поводу некоторых новых наблюдений при обработке стали», «О кристаллах алмаза и карборунда в стали», курс лекций «Сталелитейное дело» — составили поворотный пункт в развитии данной области. Из специальных трудов по литейному производству несбходимо отметить обширный и ценный труд проф. В. Н. Кнаббе «Чугунолитейное дело» (СПБ, 1900 г.), в котором автор, помимо обширного исторического обзора, дает подробное исследование вагранoчного процесса, значительно превосходящее все предшествовавшие работы в данной области как отечественные, так и заграничные. Следует отметить также работы проф. А. П. Гавриленко «Чугунолитейное дело» и проф. М. Е. Евангулова «Чугунолитейное дело».

Развитие литейного производства в дореволюционной России задерживалось в связи с незначительным развитием машиностроения. В России в XIX в. при паровозостроительных заводах — Коломенском, Сормовском, Брянском и др. — создаются относительно крупные литейные цехи, в которых русские литейщики проявляли свое исключительное мастерство, свою смекалку; но это было, как и во всех других литейных цехах России, индивидуальное и в лучшем случае мелкосерийное производство, тогда как вопросы механизации, выдвигаемые общим развитием машиностроения, оставались нерешенными.

Подлинный расцвет литейного производства наступил только после революции 1917 г. Под руководством Коммунистической партии Россия из страны аграрной превращена в мощную индустриальную социалистическую державу, где заново созданные авиационная, автотракторная, станкостроительная и многие другие отрасли машиностроения, получили широкое развитие. В 1930—1934 гг. входит в строй литейный цех Сталинградского тракторного завода, оснащенный современным оборудованием для поточного производства. Несколько ранее (1930 г.) начала действовать сравнительно небольшая литейная с конвейером на Кировском заводе (Ленинград).



Фиг. 4. Укротители коней (П. К. Клодт).

Фиг. 5. Укротители коней (П. К. Клодт).

Затем был построен ряд гигантских литейных цехов, из которых отметим Ростовский завод с.-х. машиностроения, Подольский механический завод, Харьковский и Челябинский тракторные заводы, Ново-Краматорский, УЗТМ, «Центролит» (Ленинград), «Станколит» (Москва) и многие другие. Большинство старых литейных цехов реконструировано и расширено.

Развитие технологии литья за период пятилеток можно охарактеризовать данными, приведенными в табл. 1, где для сравнения количество литья (по чугуну, стали и ковкому чугуну) к началу первой пятилетки принято за 100%.

Таблица 1

Рост литейного производства по пятилеткам

Литье	Годовое производство											
	1914 г		1927 г		1932 г.		1937 г.		1950 г.		1955 г.	
	в тыс. т	в %	в тыс. т	в %	в тыс. т	в %	в тыс. т	в %	в тыс. т	в %	в тыс. т	в %
Серый чугун	469	100	695	148	2190	470	3846	810	4350	925	7 000	1500
Ковкий чугун	15	100	20	133	75	500	106	700	150	1000	500	3330
Стальное литье . . .	66	100	105	160	218	330	828	1250	1500	2270	2 500	3800
Итого . . .	550	—	820	—	2483	—	4780	—	6000	—	10 000	—
Прирост	—	100	—	150	—	450	—	870	—	1090	—	1840

Такого бурного роста производства по литью не знает ни одна капиталистическая страна.

По количеству литья Советский Союз занимает первое место в Европе. По механизации технологических процессов в литейном производстве Советский Союз также занимает одно из первых мест в мире.

Особо следует отметить то обстоятельство, что все крупные литейные Советского Союза оснащены прекрасными лабораториями, в которых ведутся научно-исследовательские работы, содействующие налаживанию технологических процессов.

За годы Советской власти в области литейного производства сделано больше, чем за весь предшествующий период. Большая творческая работа проводится на многих заводах, на которых практически осуществляются результаты научно-исследовательских работ учебных и отраслевых институтов. Многие из заводов про-

водят самостоятельную работу по разработке передовой технологии производства и по конструированию литейных машин. Так один из уральских заводов создал мощные формовочные машины другой (из южных заводов) разработал новый технологический процесс производства уникальных отливок — более совершенный, чем процесс производства таких же отливок в США.

Почти во всех многочисленных машиностроительных и металлургических вузах организуются специальные кафедры литейного производства, готовящие кадры литейщиков. Создается широко разветвленная сеть научно-исследовательских институтов и богато оборудованных заводских лабораторий для ведения научно-исследовательских работ на предприятиях.

Говоря о научно-исследовательских работах, следует отметить работы акад. А. А. Бочвара «Кристаллизация под давлением», «Учение о литейных сплавах» и многие другие; работы кафедры литейного производства МВТУ имени Баумана: «Теория формовочных машин», «Теория и практика литья в металлические формы», а также по центробежному литью, высокопрочным чугунам, теории ваграночного процесса, истории литейного производства в СССР; работы кафедры Уральского политехнического института по теории и практике производства изложниц, прокатных валков, вагонных колес с закаленным ободом, по применению прибылей с атмосферным и сверхатмосферным давлением, по теории модифицирования чугунов; работы кафедры литейного производства Ленинградского политехнического института «Теоретические основы производства стального литья и ковкого чугуна», «Теория графитизации чугуна»; большой и ценный вклад в дело развития советской промышленности внесли работы кафедры литейного производства Института стали (Москва); разработаны основы проектирования литейных цехов, жидкотекучести стали и т. д.; работы Днепропетровского металлургического института «Теоретические обоснования производства прокатных (профилированных) валков», «Производство труб (включая центробежные)» и др.; работы Харьковского машиностроительного института по расчету литейных машин и по производству изложниц; работы кафедры литейного производства Киевского политехнического института по теории модифицирования чугуна, по жаро- и химически стойким чугунам и др.

Большую работу ведут научно-исследовательские институты: ЭНИМС, разработал и пустил в эксплуатацию первый в мире автоматизированный цех для отливки автомобильных поршней; ЦНИИТМАШ разработал и внедрил в производство высокопрочный чугун, быстросохнущие стержневые и формовочные смеси, провел работы по литниковой системе, центробежному литью и др.

Конструирование и изготовление советских типов литейных машин осуществляется конструкторским бюро НИИЛИТМАШа и заводом «Красная Пресня» и другими вновь построенными заводами.

Бурное развитие советского машиностроения обусловливает исключительные успехи литейного производства: только за последние 5—6 лет механическая прочность чугуна, этого основного материала для отливок, возросла с 38 до 60—70 *кг/мм*^{2} в литом состоянии при удлинении 1,5—5%, что дает возможность использовать такой чугун для отливок вместо ковкого чугуна, на один отжиг которого тратится не менее 70—120 час.

Советскими литейщиками разработаны и внедрены в производство стержневые смеси, сушка которых требует в 5—10 раз меньше времени, чем ранее.

Широкое применение нашли металлические формы взамен разовых песчаных.

По литью в металлические формы (весом до 5 *т* в изделии), а также стали, чугуна и цветных металлов Советский Союз занимает первое место в мире. Советские литейщики первыми пустили автоматизированную линию для отливки алюминиевых поршней в металлических формах. В литейных цехах широко применяется центробежное литье, причем в Советском Союзе впервые разработан способ получения центробежно литых вагонных осей взамен кованых. Этот способ дает большую экономию в расходе материалов и рабочей силы. Освоено получение гибкого литого чугунного листа — качественного заменителя кровельного железа.

Широкое распространение получил метод непрерывного литья по выплавляемым моделям и литье в оболочковые формы.

Разработаны новые, скоростные методы изготовления моделей, форм и стержней, новые способы плавки; например, плавка в вагранках без футеровки, охлаждаемых водой, дает возможность сокращать расход средств на огнеупоры, экономит топливо и уменьшает объем ремонтных работ по восстановлению футеровки.

Дальнейший рост машиностроительной промышленности требует от работников литейного производства внедрения механизации и автоматизации трудоемких процессов, создания новых машин-автоматов, разработки новых литейных сплавов, способных удовлетворить растущие требования советского машиностроения, ликвидации непроизводительных затрат рабочей силы.

Повседневная борьба за совершенствование технологических процессов литья, соблюдение строжайшей технологической дисциплины, широкое развертывание научно-исследовательских работ, смелое внедрение новаторских достижений — вот те задачи, которые стоят перед советскими литейщиками и в особенности перед их молодой сменой.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Все материалы, применяемые для изготовления литейных форм и стержней [1], объединяются общим названием «формовочные материалы». Среди формовочных материалов различают исходные формовочные материалы, формовочные смеси и вспомогательные формовочные составы и материалы.

Исходные формовочные материалы можно подразделить на две группы: основные (песок и глина) и вспомогательные (связующие для стержней, уголь, опилки, торф, графит и др.).

К вспомогательным формовочным составам относят формовочные краски, припылы, стержневой клей, замазки для исправления стержней и другие составы, необходимые для изготовления и отделки форм.

Свойства, которыми должны обладать формовочные материалы и смеси, можно разделить на три группы:

1) физико-химические свойства, необходимые для получения качественных отливок;

2) механические свойства, обеспечивающие прочность формы, необходимые при изготовлении, сборке и заливке;

3) технологические свойства, необходимые при изготовлении формы или стержня.

Кроме того, формовочные материалы должны обладать свойствами, обеспечивающими получение литой детали, форма и размеры которой должны соответствовать чертежу.

§ 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Формовочные исходные материалы и смеси обладают разнообразными физическими свойствами; из них представляют интерес только те свойства, от которых зависит качество отливки.

Для правильного выбора формовочной смеси необходимо учитывать тепловое взаимодействие металла и формы, газовый режим

[1] Материалы, применяемые для изготовления металлических литейных форм, рассматриваются в разделе «Специальные виды литья».

формы и химические явления, протекающие на поверхности раздела металл — форма.

Тепловое взаимодействие между металлом и формой

С расплавленным металлом в форму вносится количество тепла, определяемое по формуле

$$Q = Gc_1(t_{пл} - t_н) + q + Gc_2(t_з - t_{пл}), \quad (1)$$

где Q — количество тепла в *кал*;
G — вес залитого металла в *г/см*^{3};
c_1 — удельная теплоемкость твердого металла в *кал/г·град*;
c_2 — удельная теплоемкость жидкого металла в *кал/г·град*;
$t_{пл}$ — температура плавления металла в °С;
$t_н$ — температура окружающей среды в °С;
$t_з$ — температура заливки металла в °С;
q — скрытая теплота плавления в *кал/г*.

Вес металла можно заменить через объем и удельный вес $G = v\gamma$.

Следовательно, количество тепла, введенное в форму, в основном зависит от веса или объема залитого металла, температуры заливки и его теплоемкости.

При соприкосновении залитого металла со стенкой формы создаются условия теплопередачи от металла к форме. Поскольку стенка формы состоит из пористого материала, то, очевидно, возможна теплопередача путем теплопроводности, конвекции и теплоизлучения. Количество тепла, передаваемое от металла к форме путем теплопроводности, можно выразить формулой Фурье:

$$Q_1 = \lambda \frac{t_1 - t_2}{s} F\tau \text{ ккал}, \quad (2)$$

где Q_1 — количество тепла, передаваемое через толщу слоя при разности температур на границах слоя $t_1 - t_2$ для поверхности слоя F за время τ.

Коэффициент теплопроводности λ характеризует свойство тел проводить тепло и имеет размерность *ккал/м·час·град*.

При изучении теплоотдачи конвекцией за основу принимают формулу Ньютона — Рихмана:

$$Q_2 = \alpha(t_F - t_0)F\tau \text{ ккал}, \quad (3)$$

где α — коэффициент конвективного теплообмена, выраженный в *ккал/м·час·град*.

По этой формуле определяется количество тепла, отданное телом с поверхности F, имеющей неизменную температуру t_F, в окружающую среду t_0 за время τ.

Лучистый теплообмен между двумя телами, разделенными лучепрозрачной средой, выражается формулой

$$Q_3 = F_1\varphi_{1,2}A_{усл}\cdot 4{,}9\cdot 10^{-8}\left(t_1^4 - t_2^4\right)\ ккал/час, \qquad (4)$$

где F — поверхность тела, участвующего в лучистом теплообмене с другим телом;

$\varphi_{1,2}$ — доля общего потока лучистой энергии, испускаемой поверхностью одного тела и падающей на поверхность другого тела;

A — условный коэффициент черноты поглощающих тел; для абсолютно черного тела $A = 1$;

t_1 и t_2 — температура условных тел (1 и 2).

Теплообмен в литейной форме протекает весьма сложно и одновременно путем теплопроводности, конвекции и теплоизлучения. Следовательно, общее количество тепла $Q_{общ}$, воспринятого формой, будет равно сумме:

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3. \qquad (5)$$

Тепло, потерянное металлом, а следовательно, и полученное формой за некоторый промежуток времени, также можно выразить формулой

$$Q = mQ_0\mathrm{Fo}^{\frac{1}{2}}, \qquad (6)$$

где Q_0 — количество тепла, необходимое для нагрева всей формы до температуры поверхности отливки;

Fo — критерий Фурье;

m — коэффициент.

Из сказанного выше следует, что количество тепла, передаваемого от металла к форме, зависит от количества и температуры залитого металла, от продолжительности теплопередачи и физических свойств материала формы. К основным физическим свойствам формовочной смеси следует отнести теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, огнеупорность, пористость и газопроницаемость.

Теплоемкость

Теплоемкостью называется количество тепла, необходимого для нагрева единицы вещества на 1° С.

Величина теплоемкости формовочных смесей зависит от природы составляющих смеси и от температуры. Формовочные пески обладают большой теплоемкостью, которая увеличивается с увеличением влажности и температуры. Данные по теплоемкости формовочных смесей, полученные разными исследователями, расходятся. При ориентировочных расчетах за среднюю теплоемкость принимают 0,2 *кал/г·град*. Для повышенных температур П. П. Берг предлагает применять формулу

$$c_T = 0{,}2 + 0{,}01\frac{1}{100},$$

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СССР
160 9/60

что согласуется со значениями, приводимыми другими авторами, до температуры 1000° С.

При большой теплоемкости формовочной смеси температура формы, залитой металлом, остается сравнительно низкой.

Теплопроводность

Теплопроводностью называется свойство тела проводить количество тепла в течение 1 сек. через поверхность, равную 1 *см*, при перепаде температуры на 1°С на 1 *см*; теплопроводность имеет размерность *кал/см·сек·град*. Теплопроводность формовочных смесей зависит от состава, температуры и степени уплотнения.

Теплопроводность воздуха меньше теплопроводности песка и воды, поэтому смеси с меньшей пористостью или более уплотненные и более влажные обладают большей теплопроводностью по сравнению с рыхлой сухой смесью. При увеличении температуры теплопроводность увеличивается. Теплопроводность формовочной смеси оказывает большое влияние на качество литой детали, особенно при производстве крупных отливок. Известно, что скорость охлаждения отливки зависит от ее веса и объема; тяжелые отливки остывают в форме очень долго, занимают рабочее место, а преждевременная выбивка ведет к образованию трещин. При расчете времени охлаждения необходимо знать теплопроводность смеси. Меняя состав и теплопроводность смеси, можно изменять время охлаждения отливки и структуру металла.

В табл. 2 приведена теплопроводность различных песчаноглинистых материалов (по данным А. Л. Туманского).

Таблица 2

Теплопроводность песчано-глинистых материалов

Материал	Свойства			
	Объемный вес в *кг/м*³	Влажность в %	Температура в °С	Коэффициент теплопроводности в *кал/см·сек·град*
Песок речной (мягкий сухой)	1520	0	0	0,0007222
			20	0,000778
			160	0,000917
Песок речной (влажный)	1640	11,3 (6,3 по весу)	20	0,0027
			50	0,0028
Песчано-глинистая смесь	1700	—	0	0,0020
			900	0,0038
Глина огнеупорная	1600—1845	—	450	0,0024
Глина (78% SiO_2 и 18% Al_2O_3)	1810	—	—	0,0036
Песок речной мелкий и сухой	1520	—	0—160	0,00072—0,00091

Температуропроводность

Температуропроводностью называют повышение температуры единицы вещества в единицу времени; она определяется по формуле

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma}, \tag{7}$$

где λ — коэффициент теплопроводности;

c — теплоемкость;

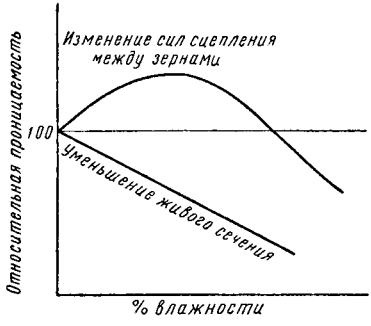
γ — объемный вес.

При введении в формовочную смесь различных материалов можно изменять ее температуропроводность, а следовательно, и время охлаждения отливок.

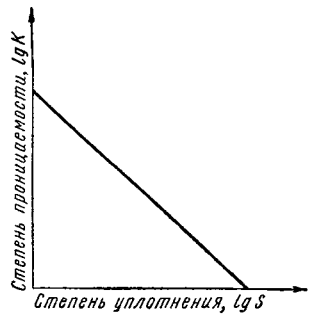
Пористость и газопроницаемость

Пористость — это отношение объема пустот ко всему объему песка или смеси, выражаемое в процентах.

Пористость оказывает влияние на величину теплоемкости и теплопроводности, а следовательно, и на качество отливки.



Фиг. 6. Зависимость степени проницаемости от влажности (по П. П. Бергу).



Фиг. 7. Зависимость степени проницаемости от уплотнения (по П. П. Бергу).

Газопроницаемость или проницаемость — это свойство материала пропускать через себя газ. При заливке в форму горячего металла объем воздуха, находящегося в полости формы, будет увеличиваться в зависимости от температуры:

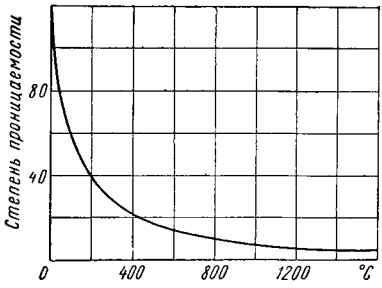
$$Q_1 = Q_0\left(1 + \frac{1}{273}T\right). \tag{8}$$

Вода, превращаясь в пар, увеличивает свой объем примерно в 1800 раз.

Пористость и проницаемость зависят от влаги (фиг. 6), величины и формы зерен песка, однородности зернового состава, количества глинистой составляющей и степени уплотнения (фиг. 7).

Зависимость проницаемости от температуры смеси иллюстрируется на фиг. 8.

Пористость зависит от формы зерен песка и однородности его зернового состава, но не зависит от величины зерна. Газопроницаемость смеси будет тем больше, чем крупнее зерна песка. Это объясняется тем, что при однородном по размерам мелком песке для газа удлиняется путь его прохождения и увеличивается сопротивление трению, которое будет меньше для крупных зерен. Неоднородность зернового состава, увеличение влажности, глинистой составляющей и степени уплотнения снижают как пористость, так и газопроницаемость смеси.



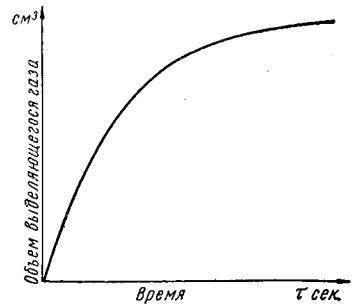
Фиг. 8. Зависимость проницаемости от температуры смеси.

Газопроницаемость смеси оказывает влияние на получение качественной отливки. Вследствие плохой газопроницаемости формы в отливке часто образуются пороки в виде газовых раковин или газовой пористости.

Газотворность

Газотворность — это способность смеси выделять газы при их нагревании, что определяется объемом выделяемого газа в единицу времени.

Газотворность смеси зависит от ее состава, просушенности формы или стержня, свойств связующих добавок, температуры и количества металла, поступающего в единицу времени. Количество выделяемого газа по времени имеет практическое значение. Зависимость выделения газа по времени (при одинаковой температуре) иллюстрируется фиг. 9.



Фиг. 9. Зависимость выделения газа от времени.

Излишнее газовыделение в первый момент после заливки создает опасность образования газовых раковин. Излишнее выделение газа при отвердении металла может оказаться полезным, так как давление газа на металл будет способствовать получению более плотной структуры отливки.

Плохо просушенные формы и стержни увеличивают газовыделение за счет удаления воды или органических соединений при различных температурах. Увеличение температуры металла и его количества, поступающего в единицу времени, увеличивает газовыделение в начальный период.

Стандартного метода определения газотворной способности формовочных смесей не существует. При определении газотворной способности необходимо определять количество, скорость выделения газов и их состав.

Огнеупорность и непригораемость

Огнеупорностью называется свойство материала противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур.

Огнеупорность смеси зависит от огнеупорности ее составляющих и количественного соотношения этих составляющих. Огнеупорность смеси оказывает большое влияние на качество отливки. Огнеупорность составляющих рассматривается при их характеристике в соответствующих разделах. Что касается непригораемости, то этот вопрос подробно рассматривается в разделе о пригаре.

Химические явления на поверхности раздела металл — форма

Литейная форма состоит из пористого материала, содержащего SiO_2 и H_2O, поры которого заполнены воздухом. В процессе заливки струя металла соприкасается с кислородом воздуха, а в форме — с кислородом воздуха и влагой. При заливке стали может образоваться закись железа $2Fe + O_2 = 2FeO$, которая может вступать в химическую реакцию с окисью кремния и давать силикат $2FeO + SiO_2 = 2FeO \cdot SiO_2$. Под действием высокой температуры H_2O может диссоциировать на H_2 и O. Известно, что водород и азот растворяются во многих металлах и ухудшают их механические свойства. Образование легкоплавких силикатов снижает огнеупорность смеси. Магний реагирует с влагой, с кислородом и азотом формы, а при более высокой температуре и с кремнеземом. Протекающие реакции магния с кислородом, азотом и кремнеземом идут с выделением тепла, что может повести к его загоранию:

$$Mg + H_2O = MgO + H_2 + 77\,500 \text{ } кал;$$

$$2Mg + O_2 = 2MgO + 140\,100 \text{ } кал;$$

$$4Mg + SiO_2 = 2MgO + Mg_2Si + Q \text{ } кал;$$

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2 + 116\,000 \text{ } кал.$$

При введении в формовочную или стержневую смесь защитной присадки могут возникать химические реакции между продуктами разложения этих присадок и материалом формы.

В формовочную смесь для магниевого литья добавляют фтористую присадку, содержащую фторборкислый аммоний, кислый фтористый

аммоний и средний фтористый аммоний, а,в стержневые смеси — серу и борную кислоту. Возможны следующие реакции:

$$S + O_2 = SO_2;$$

$$HNH_4F + SiO_2 = SiF_4 + 4NH_3 + 2H_2O;$$

$$NH_4BF_4 = NH_4F + BF_3;$$

$$2NH_4F = NH_3 + NH_4FHF \text{ и др.}$$

При выборе формовочной смеси необходимо учитывать химическую активность составляющих присадки и возможность реакций с элементами, входящими в металл.

§ 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

В процессе заливки металла и охлаждения его в форме части литейной формы подвергаются воздействию тепловых, а также динамических и статических разрушающих усилий. Отдельные части формы испытывают динамическое давление от струи заливаемого металла:

$$P = \frac{\gamma F v^3}{2g} \text{ или } P = \frac{Q\gamma}{2g} v^2, \tag{9}$$

где Q — объем заливаемого металла в единицу времени в $см^3$;
v — скорость струи в $см/сек$;
g — ускорение силы тяжести в $см/сек^2$;
γ — удельный вес металла в $г/см^3$;
F — площадь струи в $см^2$;
иначе говоря, мощность удара струи пропорциональна скорости во второй степени и тем больше, чем больше площадь поперечного сечения струи металла или чем больше объем заливаемого металла в единицу времени.

Статическое давление металла на единицу площади выражается формулой

$$P_1 = \gamma F H, \tag{10}$$

где γ — удельный вес металла в $г/см^3$;
F — площадь давления в $см^2$;
H — высота столба металла в $см$;
иначе говоря, статическое давление пропорционально удельному весу и высоте столба жидкого металла.

Разница в удельном весе металла и материала формы создает усилие выталкивания, равное

$$P_2 = Q_1\gamma_1 - Q_2\gamma_2, \qquad (11)$$

где Q_1 — объем части стержня, всплывающего в жидком металле, в $см^3$;

Q_2 — объем стержня в $см^3$;

γ_1 — удельный вес металла в $г/см^3$;

γ_2 — удельный вес материала стержня в $г/см^3$.

Выталкивающая сила будет тем больше, чем больше объем стержня, залитого металлом, и удельный вес металла. Кроме того, части формы будут испытывать давление газа, который увеличивает свой объем, под действием высокой температуры металла, а также усилий, возникающих от усадки металла при его охлаждении.

Прочность формовочных и стержневых смесей

Под прочностью понимается сопротивление тела внешним усилиям.

Прочность формовочной или стержневой смеси выбирается достаточной, чтобы сопротивляться разрушающим усилиям; кроме того, она необходима в процессе изготовления и сборки форм и стержней. Согласно ГОСТу 2189-52, предел прочности формовочного песка или смеси определяется величиной нагрузки, требуемой для разрушения образца. Прочность определяется при различных видах нагрузки — при сжатии, растяжении, срезе, изгибе и характеризуется отношением разрушающей нагрузки P к площади F сечения образца:

$$\sigma = \frac{P}{F}. \qquad (12)$$

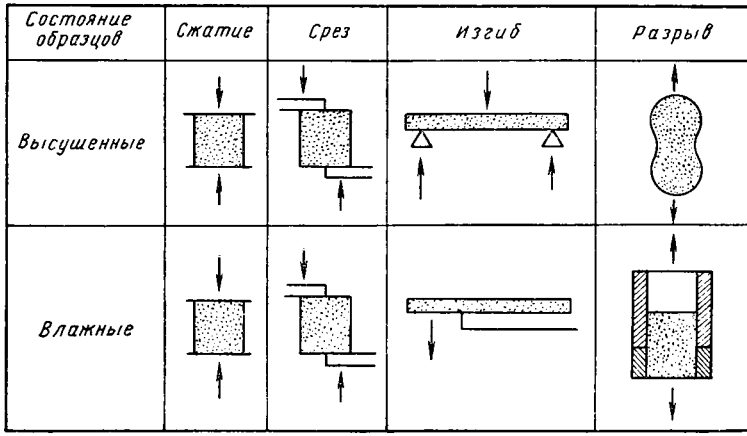
Схема испытаний приведена на фиг. 10.

Различают прочность формовочных и стержневых смесей в сыром (влажном), в сухом состоянии и при нагреве.

Прочность песчано-глинистой смеси во влажном состоянии зависит от зернистости песка, влажности (фиг. 11), глинистой составляющей и степени уплотнения. С увеличением плотности, уменьшением размера зерен песка и увеличением влажности прочность смеси увеличивается. Влияние глинистой составляющей зависит от минералогического состава глины. По данным НИИЛИТМАШа, наибольшей связующей способностью обладают монтмориллонитовые глины, которые отличаются дисперсностью и способностью внутримолекулярного набухания. Каолинитовые и гидрослюдистые глины обладают меньшей прочностью; еще меньше прочность у полиминеральных глин. Поглощая влагу из смеси, глина набухает и образует коллоидный раствор, обволакивающий поверхность зерен песка, что и придает прочность смеси. Зависимость оптимальной влажности от глинистой составляющей приведена на фиг. 12. При применении

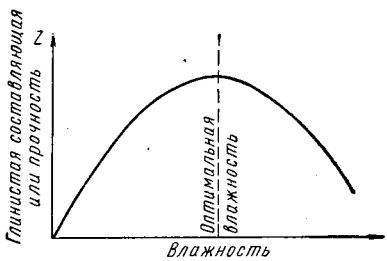
мелкого песка требуется больше глины и влаги, чем при использовании крупного.

Прочность на сжатие песчано-глинистой смеси в сыром состоянии не превышает 0,6—0,8 *кг/см*². При высыхании смеси глина дает усадку

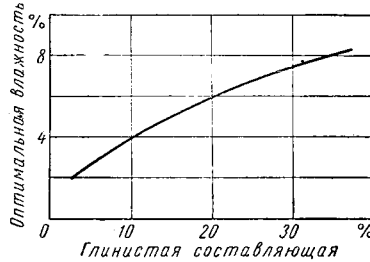


Фиг. 10. Схема методов механических испытаний смеси.

и зерна песка сближаются, вследствие чего между ними увеличиваются силы механического сцепления, что ведет к увеличению прочности смеси.



Фиг. 11. Схема изменения прочности при изменении влажности смеси.



Фиг. 12. Схема влияния глинистой составляющей на оптимальную влажность.

В зависимости от качества глины песчано-глинистые смеси в высушенном состоянии обладают прочностью 0,8—3 *кг/см*² (при оптимальной влажности), а бентониты — до 4,5 *кг/см*². С увеличением температуры (при заливке металла) прочность смеси увеличивается. По дан-

ным НИИЛИТМАШа, при нагреве смеси до 900° С прочность ее на сжатие увеличивается в 3—4 раза. Это явление объясняется тем, что при высушивании глины удаляется гидратная вода, происходит сближение частиц, вследствие чего прочность увеличивается. При температуре 350—580° С каолинит теряет конституционную воду и переходит в метакаолинит. С потерей воды частицы еще больше сближаются и прочность смеси увеличивается. При 900—1160° метакаолинит распадается на смесь аморфных Al_2O_3 и SiO_2, при этом прочность смеси опять увеличивается вследствие увеличения степени связи отдельных частиц. При разрушении кристаллической решетки молекулы, ранее принадлежащие двум разным кристаллам, получают возможность достигнуть большего контакта между собой и оказаться в большей мере взаимно связанными.

В случае применения связующих добавок сырая и сухая прочность смеси изменяется в зависимости от свойств связующих. Большинство связующих добавок дает низкую сырую и высокую сухую прочность. Сырую прочность можно увеличить путем добавки в смесь глины, но это часто ведет к снижению сухой прочности.

Поверхностная прочность

Поверхностной прочностью называется сопротивление поверхностного слоя формы или стержня истирающим усилиям и определяется процентом осыпаемости. Поверхностная прочность смеси зависит от качества и количества глины, неоднородности состава песка по зернистости, количества влаги, количества и качества связующего, перегрева или недостаточной температуры сушки стержня. Недостаточное количество или применение малосвязующих глин уменьшает сцепление отдельных зерен песка, отчего увеличивается осыпаемость смеси. Бентониты при нагревании до 100° С теряют гигроскопическую и часть цеолитной воды, вследствие чего поверхностная прочность высушенной смеси с бентонитом будет меньше прочности смеси с формовочной глиной. Из этого следует, что для сухих форм бентонитовые глины применять не следует. При недостаточной поверхностной прочности смеси ее частицы смываются струей металла при заливке и образуют различные виды дефектов (засор, пригар и др.).

Поверхностную прочность можно улучшить путем подбора составляющих смеси и соблюдения технологии ее приготовления. Хорошие результаты дает упрочнение поверхности путем опрыскивания раствором связующих, например, раствором сульфитно-спиртовой барды, жидким стеклом и др.

Поверхностная твердость

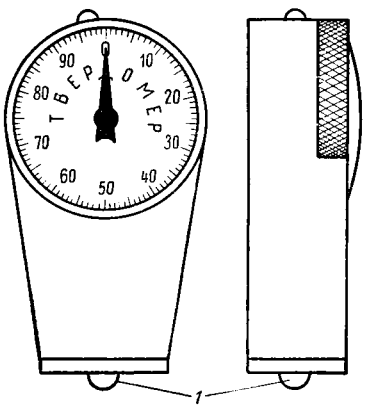
Поверхностной твердостью называют способность поверхности формы или стержня сопротивляться проникновению в нее более твердого тела. Твердость определяется твердомерами (фиг. 13 и 14). Поверхностная твердость характеризует степень и равномерность

уплотнения формовочной или стержневой смеси, что имеет большое значение для получения качественных литых деталей.

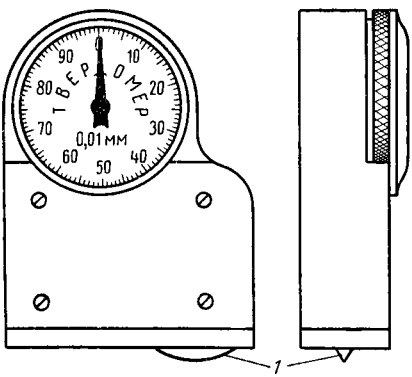
В практике принимают следующие значения твердости:

Для сырых форм	Для сухих стержней	Твердость
20	35	Низкая
40	50	Средняя
70	75	Высокая
85	90	Очень высокая

Поверхностная твердость в значительной степени зависит от степени уплотнения смеси, а поверхностная твердость сухих стерж-



Фиг. 13. Прибор для определения твердости сырых образцов:
1 — шарик.



Фиг. 14. Прибор для определения твердости сухих образцов:
1 — призма.

ней — и от свойств связующих. Излишнее, как и недостаточное или неравномерное уплотнение смеси часто вызывает ряд дефектов литых деталей (размывы, песчаные или газовые раковины и др.).

Прочностные свойства смеси должны отвечать требованиям, предъявляемым к форме в процессе ее изготовления, сборки, заливки и выбивки. Недостаточная прочность формовочной смеси вызывает ряд затруднений при изготовлении форм, что ведет к снижению производительности труда формовщиков и качества отливок. Во время заливки металла недостаточно прочные стенки формы и стержни деформируются и размываются, в результате чего отливки оказываются с дефектами. Излишняя прочность форм и стержней может создавать затруднения при выбивке.

§ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И СМЕСЕЙ

Под технологическими свойствами исходных материалов следует понимать комплекс свойств, обеспечивающих качество формовочных и стержневых смесей; к ним относятся следующие:

1) неизменяемость качества при заготовке и длительном хранении; изменяемость качества исходных материалов будет отражаться на постоянстве свойств смеси, что не обеспечивает постоянства технологического процесса;

2) хорошая смешиваемость исходных материалов. При плохой смешиваемости затрудняется получение смеси нужного качества.

Кроме того, исходные материалы должны обеспечить технологические свойства смеси: ее текучесть, неприлипаемость, непригораемость, чистоту поверхности, уплотняемость, долговечность, негигроскопичность и легкую выбиваемость.

Текучесть

Под текучестью смеси понимается ее способность перемещаться под действием приложенных внешних усилий или собственного веса. Текучесть формовочной смеси обеспечивает хорошее заполнение полости модели или стержневого ящика. Она зависит от многих причин и главным образом от свойств составляющих смеси; например, стержневые смеси с масляным связующим обладают большой текучестью, что позволяет без особых затруднений набивать тонкие и ленточные стержни; песчано-глинистые смеси обычно обладают небольшой текучестью, поэтому при набивке форм или стержней приходится прилагать большие усилия. Существует несколько способов определения текучести:

1) путем измерения высоты образцов, уплотненных различными способами;

2) путем соотношения поверхностной твердости верхней и нижней плоскостей уплотненных образцов;

3) путем определения процентного отношения объема прошедшей через ниппель части смеси к объему соответствующего стандартного по весу образца.

Стандартного метода определения текучести нет.

Уплотняемость

Уплотняемостью смеси называют ее способность уменьшаться в объеме под действием собственного веса или внешних усилий. От степени уплотнения слоя, прилегающего к модели или стержневому ящику, зависит качество отливок и количество брака (пригар, газовые раковины и другие виды брака).

Под действием внешних усилий уплотнение начинается в месте их приложения и передается нижним слоям формы вследствие трения смеси о стенки опоки и между отдельными песчинками. Уплотнение

слоев смеси, прилегающих к модели, будет меньше плотности набивки в местах приложения силы, поэтому плотность набивки следует проверять в полости формы.

Стандартного метода проверки уплотняемости смеси нет.

Для проверки уплотняемости многие лаборатории применяют метод, предложенный Ленинградской лабораторией треста «Союзформолитье», который состоит из следующих операций. 200 *г* испытуемого материала засыпают в стандартную гильзу, разрезанную на пять колец, и уплотняют тремя ударами под стандартным лабораторным копром. Высота кольца принимается равной 13,4 *мм*. После уплотнения между кольцами вставляют специальные ножи и образец разрезают на пять колец. Критерием для оценки уплотняемости служит отношение объемного веса нижнего кольца к верхнему, выраженное в процентах.

Прилипаемость

Под прилипаемостью понимают приставание смеси к модели, стержневому ящику или в плоскости разъема формы.

Прилипаемость в основном зависит от количества влаги или количества и свойств связующей добавки и вызывается наличием сил сцепления между жидкостью, находящейся в смеси, и поверхностью модели или стержневого ящика (адгезия) и сил сцепления между жидкостью и зернами песка (когезия).

Зерна песка будут прилипать к поверхности модели, если адгезия будет больше когезии. Прилипаемость увеличивается с увеличением адгезии и количества жидкости в смеси. Различные связующие добавки оказывают разное влияние на прилипаемость. Самую большую прилипаемость смеси сообщает сульфитноспиртовая барда, затем следуют смеси со связующими, в состав которых входят пеки, и самую низкую прилипаемость — смеси с масляными связующими.

Практически прилипаемость определяют по числу форм или стержней, отформованных без применения вспомогательных средств против прилипаемости. Для этой цели применяют форму, используемую при набивке образца на растяжение (восьмерку). Чтобы избежать прилипаемость, уменьшают влажность смеси, припыливают модели и стержневые ящики несмачивающимися припылами, вводят в смесь растворители и протирают металлические модели и ящики керосином.

Чистота поверхности

Чистота поверхности отливки зависит от многих причин и главным образом от чистоты поверхности формы и образования пригара. Чистота поверхности формы зависит от крупности зерен песка, общей и поверхностной прочности и технологических свойств смеси.

Смеси с крупнозернистым песком дают более грубую поверхность отливки, чем мелкозернистый песок.

Недостаточная прочность смеси вызывает увеличение количества различных дефектов, вследствие чего поверхность детали оказывается более грубой и неровной. Плохие технологические свойства смеси (увеличенная прилипаемость, малая текучесть и уплотняемость) затрудняют получение чистой поверхности формы. Что касается пригара, то он настолько ухудшает поверхность отливки, что часто делает ее не пригодной к употреблению. Чтобы поверхность формы была более чистой, необходимо тщательно подбирать формовочную смесь. Кроме того, часто применяют поверхностное уплотнение, покрывают формы и стержни специальными красками, натирают стержни натирками и применяют специальные припылы и пасты.

Гигроскопичность

Под гигроскопичностью понимают способность смеси поглощать влагу из воздуха. Гигроскопичность зависит в основном от свойств связующей добавки. Излишняя гигроскопичность смеси делает необходимым осуществлять заливку форм вскоре после формовки, в противном случае увеличивается количество бракованных отливок.

Выбиваемость

После охлаждения отливка освобождается от формовочной и стержневой смесей. Некоторые связующие добавки способствуют спеканию смеси, что затрудняет выбивку форм и стержней. Выбиваемость смеси можно улучшить подбором ее составляющих и связующих добавок.

Долговечность

Под долговечностью понимают способность смеси не терять своих свойств при многократном использовании.

Под действием высоких температур и специальных добавок формовочная смесь изменяет свой зерновой состав и начальные свойства. Освобождение отработавшей смеси от пыли и добавка свежих песка и глины позволяют восстановить свойства смеси.

ГЛАВА II

ФОРМОВОЧНЫЕ ПЕСКИ

Месторождения формовочных песков и глин разрабатываются специализированными предприятиями или отдельными крупными заводами. Непрерывный рост потребности в формовочных песках и глинах и быстрое развитие машиностроения в новых районах ставит задачи разведки и организации новых карьеров. Разведка новых месторождений песков и глин делится на несколько стадий: поисковая, предварительная, детальная и эксплуатационная. Эти

стадии отличаются между собой степенью подробности проведения разведочных работ.

Эксплуатация месторождений требует специального оборудования и приемов. Разработка месторождений песков и глин обычно ведется карьерным способом. При организации карьера в первую очередь снимается поверхностный слой. Выемка песка осуществляется уступами. Количество уступов зависит от толщины слоя песка, условий его залегания и однородности.

Если есть посторонние примеси или состав песка по зернистости неудовлетворительный, во время разработки карьера осуществляется обогащение. Мокрое обогащение песков часто совмещают с механизацией добычи путем применения гидромонитора и транспортирования песка в виде пульпы. Мокрое обогащение неприменимо для глинистых песков, обогащение которых сводится к делению на фракции по зернистости.

Стоимость формовочных песков и глин складывается из стоимости песка на карьере, транспортных расходов и расходов по складскому хранению. Большая стоимость песка и глины объясняется непроизводительными транспортными расходами.

§ 1. ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ПЕСКОВ, ИХ ВОЗРАСТЕ И ХАРАКТЕРЕ ЗАЛЕГАНИЯ

Наиболее подходящим материалом, отвечающим основным требованиям и условиям работы литейной формы, является чистый кварцевый песок, состоящий из зерен SiO_2 определенной величины и формы. Однако такие кварцевые пески в природе встречаются редко. Обычно кварцевые пески содержат большее или меньшее количество различных примесей и главным образом примеси различных окислов металлов.

Земная кора состоит из горных пород, в которых различают изверженные, осадочные и метаморфические породы. Горная порода состоит из однородного минерала или смеси нескольких разнородных минералов. Минералом называется однородное тело, образовавшееся в результате природных химико-физических превращений. Формовочные пески и глины относятся к осадочным породам. Осадочные породы образовались в результате последовательного отложения минеральных продуктов выветривания осадков из различных растворов. Благодаря такому образованию залежи их обладают слоистостью в отличие от пород изверженных, преимущественно массивных. Слоистость осадочных пород обусловлена или периодичностью отложения осадков, или сменой петрографического характера. Мощность отдельных слоев осадочных пород колеблется от незначительных прослоек в несколько сантиметров до мощности в несколько десятков и сотен метров.

По способу образования осадочные породы делятся на обломочные породы, химические отложения и органогенные породы.

Пески и глины образовались из обломочных пород. В результате выветривания горных пород на поверхности земли они разрушались, дробились в щебень и песок, которые накапливались на склонах гор. Дождевыми потоками, ручьями, ветром и ледниками эти обломки сносились в долины, где и отлагались. Накопленные обломочные материалы размывались реками, уносящими их в море, по пути дробя и размельчая частицы материала.

По способу отложения в геологии принято делить пески на морские, дельтовые и лагунно-континентальные, алювиальные, ледниковые, эоловые и элювиальные.

Морские отложения песка получены в результате разрушительной деятельности моря. Они отличаются однородностью и состоят в основном из минералов горной породы разрушенного берега. Морские пески могут образоваться и за счет выноса реками разрушенных горных пород. Обычно такие пески состоят из зерен кварца или из кварца и глинистых минералов с малым количеством посторонних примесей. Такие пески добывают в карьерах: Люберецком (кварцевые), Гусаровском (тощие), Ореховском (кварцевые), Часов-Ярском (кварцевые и глинистые), Балашейском (глинистые), Кичигинском (кварцевые) и др.

Дельтовые и лагунно-континентальные отложения песка произошли из минералов, приносимых реками или морскими течениями. По своему составу формовочные пески этого отложения часто напоминают морские. Озерные отложения отличаются неоднородностью по зернистости и содержанию глинистой составляющей. Однако отдельные месторождения имеют довольно хорошо отсортированный песок, который используется как формовочный.

Под алювиальными отложениями песка понимаются осадки, полученные в результате деятельности речных и паводковых вод и накапливающиеся на территориях высыхания. Пески этого отложения отличаются слоистостью и непостоянством зернового ссстава. В отдельных месторождениях (Луховицкое, Безводненское, Алапатьевское и др.) находятся формовочные пески этого отложения высокого качества.

Пески ледникового отложения получены в результате деятельности ледников и отличаются непостоянством зернового состава, угловатостью зерен, примесями глины и других минералов. Отдельные месторождения этих песков имеют удовлетворительные зерновой состав и содержание глинистой составляющей и используются многими заводами как формовочные.

Эоловые и элювиальные отложения образуются в результате действий ветра. Встречаются в большинстве случаев в пустынях или на берегах морей, озер и рек или на месте разрушения горных пород. Пески этих отложений состоят преимущественно из зерен кварца с примесью полевого шпата, слюды и глиносодержащих минералов. Отдельные месторождения этих песков отвечают требованиям литейного производства и используются как формовочные.

Мощность однородных пластов по всей толще песка колеблется от 0,1 до 10 *м* и более, а площадь залегания — от нескольких десятков до нескольких тысяч квадратных метров. Слои песка обычно состоят из прослоек, содержащих загрязненный песок или глину. Пески, залегающие в палеозое, наиболее старые, занимают значительную площадь по сравнению с отложениями четвертичного периода, залегающими не так глубоко, как первые.

§ 2. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ

Формовочные пески относятся к минеральным ископаемым. Определение количества и свойств минералов, входящих в ископаемое, устанавливают путем минералогического анализа.

Основная масса песка состоит из зерен минерала кварца, процентное содержание которого в основном определяет качество песка.

К в а р ц — один из самых распространенных минералов; встречается в кристаллическом и скрытокристаллическом виде; удельный вес 2,6. Химический состав — двуокись кремния SiO_2 (53,3% O и 46,7% Si). Двуокись кремния обладает свойствами превращения под действием изменяющихся температур.

Известны следующие модификации минералов состава SiO_2:

1) кварц (тригонально-гексагональный ряд), удельный вес 2,651;

2) кристобалит (тригонально-кубический ряд), удельный вес 2,32;

3) тридимит (ромбическо-гексагональный ряд), удельный вес 2,26.

Эти превращения совершаются при определенных температурах. Переход одной модификации в другую сопровождается некоторыми изменениями физических свойств: коэффициента расширения, плотности и оптических свойств. Процесс образования различных модификаций может быть ускорен в присутствии различных минерализаторов: окислов железа, извести, силикатов, слюды, полевого шпата и др.

При атмосферном давлении устойчивыми формами модификации кварца являются:

Стабильная модификация	Температурный интервал в °С
α-кварц	0—575
β-кварц	575—870
β_2-тридимит	870—1470
β-кристобалит	1470—1710

При заливке формы горячим металлом слой формовочной смеси, прилегающий к отливке, быстро нагревается. Под действием высоких температур зерна кварца переходят из одной модификации в другую с изменением объема, что ведет к их растрескиванию и измельчению зернового состава смеси.

Примесями формовочных песков в большинстве случаев являются: глинистые минералы с температурой плавления от 1150 до 1750°С;

водные окислы железа $Fe_2O_3H_2O$ и окислы Fe_2O_3 с температурой плавления 1538—1560° С; полевые шпаты $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ или $Na_2K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$; гидрослюды, представляемые минералами $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ (или Mg, Fe) $O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$.

В зависимости от химического состава температура плавления полевых шпатов и слюд колеблется от 1100 до 1260°.

Кроме того, в качестве примеси часто встречаются силикаты металлов, сульфаты, известняки и другие карбонаты, которые под действием высоких температур разлагаются с выделением CO_2. Что касается окраски песка, то она зависит от наличия тех или иных примесей.

§ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ ПО СОДЕРЖАНИЮ ГЛИНИСТЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

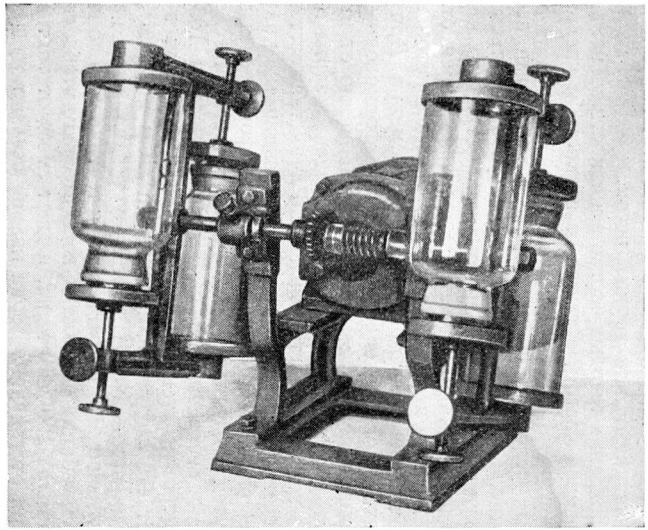
Все кварцевые пески, встречающиеся в природе, содержат в своей структуре зерна различной величины. Способ отложения песков, несомненно, оказывал влияние и на его зернистость; так, морской песок или эоловый в большинстве случаев имеет более мелкую зернистость, чем лагунный или горный песок.

Скорость осаждения твердых частиц в жидкости зависит от удельного веса и размера частиц, а также от вязкости и удельного веса жидкости.

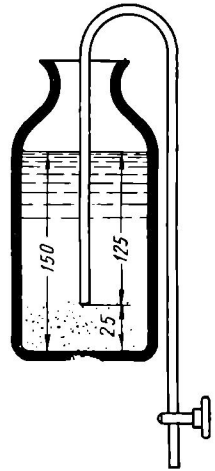
В природных условиях в воде вместе с крупными песчинками оседали и мелкие, в силу чего в песках могут находиться одновременно зерна размером от нескольких миллиметров до нескольких микронов. Среди мельчайших частиц кварцевых зерен отлагаются зерна окислов железа, каолин, частицы полевых шпатов, кальцита и другие минералы, зерна которых также очень мелки. Для внесения большей ясности в определение зернистости формовочных песков условились зерна величиной менее 22 *мк* независимо от их химического состава называть глинистой составляющей, а зерна величиной более 22 *мк* — зерновой составляющей. Глинистая составляющая находится во всех песках и глинах, но в различных количествах.

Содержание глинистой составляющей в формовочных песках определяют путем отмучивания. Оно заключается в следующем.

Навеску 50 *г* песка или смеси, высушенную при 105—110° С, высыпают в литровую стеклянную банку или бутылку, в которую затем наливают 475 $см^3$ дистиллированной воды и 25 $см^3$ 1%-ного раствора едкого натра NaOH. Банку устанавливают на прибор для отмучивания (фиг. 15) и вращают ее в течение часа со скоростью 60 об/мин. Затем в банку добавляют воды столько, чтобы ее уровень находился на высоте 150 *мм* от дна, и дают смеси отстояться в течение 10 мин. При отстаивании зерна кварца оседают на дно сосуда, а глинистые составляющие остаются во взвешенном состоянии и удаляются с водой при помощи сифона. Сифон для удаления мутной воды устанавливают так, чтобы конец, находящийся в банке, отстоял от дна банки на 25 *мм* и от уровня воды на 125 *мм* (фиг. 16).



Фиг. 15. Прибор для отмучивания глинистых составляющих.



Фиг. 16. Схема установки сифона при отмучивании.

Эту операцию повторяют до тех пор, пока вода над осадком не окажется совершенно прозрачной, что указывает на полное удаление глинистой составляющей. После третьего раза воду отстаивают в течение 5 мин. По окончании отмучивания на дне сосуда остается осадок, представляющий собой только зернистую часть смеси. Содержимое банки фильтруют. Отфильтрованный песок высушивают при 105—110° С и затем взвешивают. Потеря в весе, указанная в процентах от первоначального веса пробы (50 *г*), выражает процент содержания глинистых веществ в испытуемом материале.

Добавка NaOH дает возможность при отмучивании получить наиболее полное отделение глинистых частиц от зерен песка и расщепление на отдельные частицы скоплений глинистой составляющей.

В основу процесса отмучивания глинистых составляющих положен закон скорости падения зерен в жидкой среде.

Согласно закону Стокса, эта скорость определяется из уравнения

$$v = g\frac{d^2(\gamma_1 - \gamma_2)}{18\eta}\ см/сек, \qquad (13)$$

где g — ускорение силы тяжести (981 *см/сек*^{2});

d — диаметр падающей частицы;

γ_2 — объемный вес падающего тела (для зерен кварца объемный вес можно принять 2,62 *г/см*^{3});

γ_1 — объемный вес жидкости (объемный вес воды 1,00 *г/см*^{3});

η — вязкость жидкой среды (вязкость воды при температуре 20° С 0,01 пуаза или 0,01 *г/см сек*);

v — скорость всплывания или погружения взвешенных в жидкой среде частиц в *см/сек*.

Подставляя в формулу величины для зерен кварца и воды, найдем $v \approx 9000\,d^2$.

При принятых параметрах расположения трубки для откачивания воды и продолжительности отстаивания 5 мин. скорость падения зерен определится из уравнения

$$v = \frac{125}{5 \cdot 60} \approx 9000\,d^2,$$

откуда определится минимальный размер зерен, выпадающих в течение 5 мин. при данной скорости:

$$d = \sqrt{\frac{125}{5 \cdot 60 \cdot 900}} \approx 0{,}02\ мм.$$

Следовательно, частицы размером менее 0,022 *мм* останутся во взвешенном состоянии и отойдут в глинистую составляющую при сливе воды.

По содержанию глинистой составляющей, вредных примесей и кремнезема формовочные материалы делятся на классы (табл. 3 из ГОСТа 2138-56).

Таблица 3

Классы формовочных песков

Песок		Основные составляющие в %		Вредные примеси		
Наименование	Класс	Глинистая составляющая	SiO_2, не менее	Сера сульфидная	Окислы щелочноземельных и щелочных металлов, не более	Окислы железа
Кварцевый	1К	До 2	97	Не допускается	Менее 1,5	0,75
	2К	„ 2	96	0,025	1,5	1,0
	3К	„ 2	94	0,025	2,0	1,5
	4К	„ 2	90	Не нормируется	Не нормируется	Не лимитируется
Кварцево-полевошпатный	КП	„ 2	Менее 90	То же	То же	То же
Тощий	Т	Свыше 2 до 10	Не нормируется	„	„	„
Полужирный	П	Свыше 10 до 20	То же	„	„	„
Жирный	Ж	Свыше 20 до 30	„	„	„	„
Очень жирный	ОЖ	Свыше 30 до 50	„	„	„	„

В зависимости от количественного содержания глинистой составляющей формовочные пески делятся на кварцевые и глинистые. К кварцевым относятся пески с содержанием глинистых составляющих не более 2%, SiO_2 97—90% и посторонних примесей до 10%.

Пески, содержащие больше 50% глинистых, относятся к категории глин.

§ 4. ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ

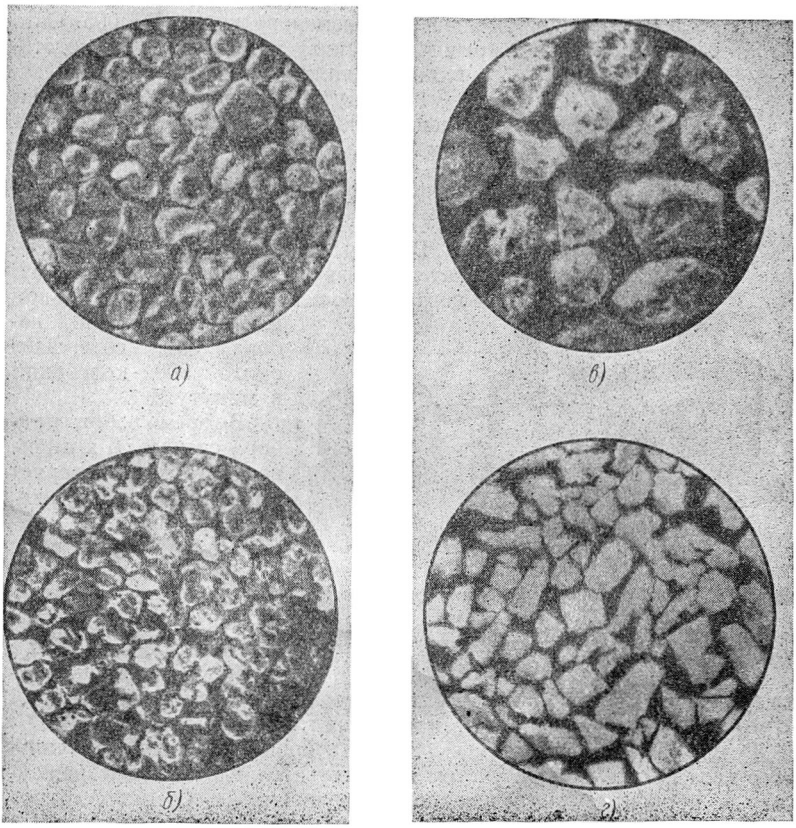
Формовочные пески содержат зерна кварца различной величины и формы; различие в зернистости обнаруживается не только в различных местах добычи, но и в одном и том же карьере.

Для получения литой детали без пороков необходим песок определенной зернистости. Пески разделяются по форме зерен на округлые, полуокруглые, полуугловатые, угловатые (фиг. 17).

Зерновой состав формовочных песков определяют путем просеивания навески 50 *г* сухого безглинистого песка или формовочной смеси, для чего их предварительно подвергают отмучиванию.

Песок просеивают на калиброванных ситах с точными размерами ячеек; набор таких сит приведен в табл. 4.

Диаметр обечайки каждого сита составляет 200 *мм*. Нормальный набор состоит из одиннадцати сит, от самого крупного размера ячеек



Фиг. 17. Формы зерен песка:
а — округлая *б* — полуокруглая; *в* — полуугловатая; *г* — угловатая.

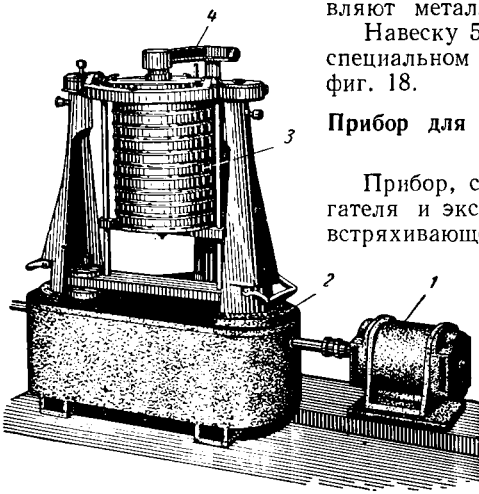
Таблица 4

Размеры стороны ячеек отверстий) стандартных лабораторных сит (ГОСТ 3584-53)

№ сита	Размеры стороны ячейки в *мм*	№ сита	Размеры стороны ячейки в *мм*
2,5	2,50	02	0,200
1,6	1,60	016	0,160
1	1,00	01	0,100
063	0,630	0063	0,063
04	0,400	005	0,05
0315	0,315		

сита № 2,5 (в порядке уменьшения размеров) до сита № 005. Сито № 2,5 сверху накрывают крышкой, а снизу под сито № 005 подставляют металлический тазик.

Навеску 50 *г* песка просеивают на специальном приборе, приведенном на фиг. 18.



Фиг. 18. Прибор для определения зернистости песка:

1 — электромотор; *2* — станина с эксцентриковым механизмом; *3* — комплект сит; *4* — колотушка.

Прибор для определения зернистости песка

Прибор, состоящий из электродвигателя и эксцентрикового механизма, встряхивающего в горизонтальной плоскости столбик набора сит, совершает около 300 колебаний в минуту.

Во время работы прибора сверху по крышке верхнего сита ударяет приводная колотушка, совершающая 180 ударов в минуту. Время просеивания на приборе принято 15 мин. После просеивания набор сит снимают с прибора и взвешивают зерна песка, оставшиеся на каждом сите; песок из тазика, прошедший через все сита, взвешивают и помечают: «тазик».

Результаты взвешивания выражают в процентах от первоначального веса пробы (50 *г*) с учетом количества глины (также выраженного в процентах), определенного отмучиванием. Сумма остатков на всех ситах и тазике, а также глина должны составлять 100% навески. Результаты взвешивания можно изобразить в виде диаграммы зернистости.

§ 5. КЛАССИФИКАЦИЯ

Всякий формовочный песок условно характеризуют буквой, определяющей содержание в нем глины, и номерами сит, на которых осталась основная масса его зерен. Кроме того, однородность и свойства песков характеризуются размерами остатка на верхних и нижних ситах и газопроницаемостью при оптимальной влажности. Для полужирных и более глинистых песков указывается допустимая прочность стандартных образцов на сжатие при оптимальной влажности.

При условии распределения основной массы зерен песка на трех смежных ситах его качество по зернистости считается удовлетворительным.

По величине зерен основной фракции песок относят к той или иной группе согласно табл. 5.

Таблица 5

Деление песков на группы по величине зерен основной фракции (ГОСТ 2138-56)

Песок		Номера сит смежных размеров, на которых остаются зерна основной фракции
Наименование	Группа	
Грубый	063	1; 063; 04
Очень крупный	04	063; 04; 0315
Крупный	0315	04; 0315; 02
Средний	02	0315; 02; 016
Мелкий	016	02; 016; 01
Очень мелкий	01	016; 01; 0063
Тонкий	0063	01; 0063; 005
Пылевидный	005	0063; 005; тазик

В зависимости от величины остатка на крайних ситах основной фракции пески делятся на категории А и Б. Если остаток основной фракции на верхнем крайнем сите больше, чем на нижнем крайнем сите, то пески относятся к категории А; наоборот, если остаток на нижнем крайнем сите больше, чем на верхнем, — то к категории Б. Кварцевые пески с рассредоточенной зерновой структурой разделяются на четыре группы:

1) крупный (КРК) — сита 04, 0315 и 02;

2) средний (КРС) — сита 0315, 02 и 016;

3) мелкий (КРМ) — сита 02, 016 и 01.

Суммарный остаток на ситах не менее 60% для каждой группы;

4) с общей рассредоточенностью (КРО) — в основной фракции на трех любых ситах менее 60%.

При маркировке песка на первом месте ставят обозначение класса, на втором — группы и на третьем — категории, например: для кварцевых песков средней зернистости — 1К02А, 2К02А, 3К02А или 1К02Б, 2К02Б, 3К02Б; для рассредоточенных песков — 2КРСА, 1КРСА или 2КРСБ, 1КРСБ; для глинистых песков — Т02А, П02А, Ж02А или Т02Б, П02Б, Ж02Б.

Для естественного пылевидного кварца Болотского месторождения «Главформоматериалом» разработаны временные технические условия. Для литейного производства считается пригодным

пылевидный кварц марок ФПК-1 и ФПК-2. Качество кварца должно соответствовать следующим показателям:

	ФПК-1	ФПК-2
Содержание кремнезема в %, не менее	96	94
Огнеупорность в °С, не менее	1720	1650
Зерновой состав частиц мельче 0,050 *мм* (проходящих через сито № 005) в %, не менее . . .	75	75

§ 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Объемный вес

Объемный вес песка зависит от минералогического состава, влажности и уплотнения. Следует различать объемный вес в неуплотненном и уплотненном состоянии.

Объемный вес неуплотненного песка определяют путем сравнения веса песка и воды одинакового объема и вычисляют по формуле

$$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_3 - Q_1} \; г/см^3, \qquad (14)$$

где Q_1 — вес сосуда;
Q_2 — вес сосуда с песком;
Q_3 — вес сосуда с водой.

Объемный вес неуплотненного песка колеблется от 1,60 до 1,75 $г/см^3$.

Объемный вес уплотненного песка определяют путем деления веса уплотненного песка на занимаемый им объем.

Пористость

Пористость песка зависит от его минералогического состава, формы и размера зерен. Пористость смеси из остроугольных зерен кварца всегда больше пористости смеси из округленных зерен как в неуплотненном, так и в уплотненном состоянии. Смеси из зерен мелких фракций песка более пористы, чем смеси из фракций крупного песка. Смесь из зерен полевого шпата обладает большей или меньшей пористостью в зависимости от формы и размера зерен, однако абсолютная величина ее выше абсолютной величины пористости соответствующей смеси из зерен кварца. Это обстоятельство объясняется тем, что зерна полевого шпата более остроугольны.

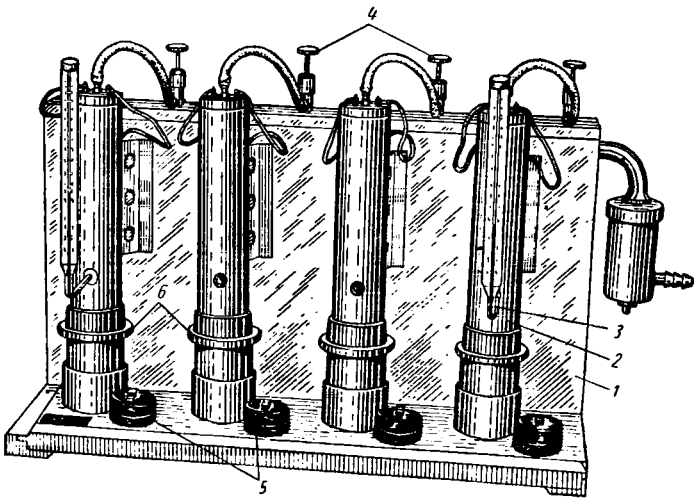
Пористость смеси из зерен слюды выше пористости смеси из кварца или полевого шпата в рыхлом и уплотненном состоянии и уменьшается с уменьшением размера зерен.

Влажность

Под влажностью формовочных песков и смесей понимается содержание в них свободной и гигроскопической воды, выраженное в процентах к весу влажного материала:

$$x = \frac{g - g_1}{g} \cdot 100, \qquad (15)$$

где g — вес навески песка или смеси до сушки в *г*;
g_1 — вес навески песка или смеси после сушки в *г*.



Фиг. 19. Прибор для ускоренного определения влажности:

1 — стойка; *2* — нагревательный прибор; *3* — отверстия для термопар; *4* — вентили *5* — выключатели тока; *6* — подставки для сетчатых чашечек с образцами.

Для определения влажности берут навеску песка 50 *г* с точностью 0,01 *г* и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—110° С до постоянного веса.

На фиг. 19 приведен прибор для ускоренного определения влажности с помощью нагретого до 200° С воздуха. Навеска 10 *г* высыхает через 5—6 мин.

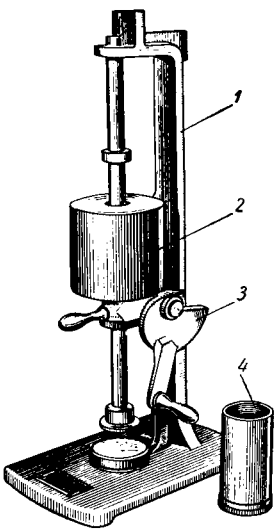
Усманский механический завод выпускает вентиляторный прибор для ускоренного определения влажности при температуре сушки 100—115° С в течение 5—8 мин. Вентиляторный прибор не требует сжатого воздуха, что дает некоторые преимущества. Точность определения влажности при ускоренной сушке — до 0,5%. Во избежание ошибок все стандартные испытания проводят на трех образцах и за результат принимают среднее значение показаний трех образцов.

Прочность

Сухой кварцевый песок не имеет механической прочности. Прочность влажного песка зависит от количества и свойств жидкости, величины и формы зерен кварца и содержания глины. При увеличении влажности прочность будет увеличиваться до максимума за счет сил поверхностного натяжения, а затем будет падать. Различные жидкости имеют разные значения поверхностного натяжения и оказывают разное влияние на прочность во влажном, сухом и нагретом состоянии.

Песок с остроугольными зернами уплотняется хуже, и во всех случаях прочность его будет меньше прочности песка с округлыми зернами одной и той же фракции. Мелкие зерна требуют больше влаги, чем крупные, вследствие чего и прочность их будет больше.

С увеличением количества глины для оптимальной прочности необходимо увеличивать содержание влажности. Прочность глинистых песков при оптимальной влажности возрастает от тощих до очень жирных. Прочность высушенной песчано-глинистой смеси выше прочности влажной, однако для лучшего распределения глинистой пленки на зернах песка необходимо большее количество влаги. Прочность глинистых песков в нагретом состоянии до 900° С возрастает в несколько раз по сравнению с прочностью образцов, высушенных при 190° С. Прочность образцов, нагретых, а затем охлажденных, падает в зависимости от температуры нагрева. Оптимальную прочность показывают образцы, высушенные при температуре 300—600° С.



Фиг. 20. Копер для изготовления проб:

1 — стойка; *2* — груз; *3* — улитка; *4* — гильза.

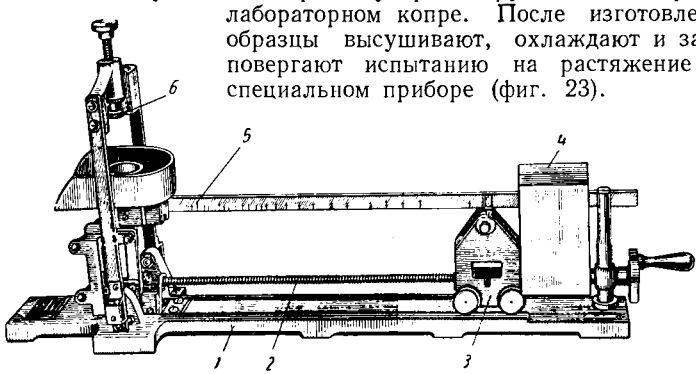
Определение прочности

Предел прочности на сжатие определяют на стандартном образце, уплотняемом на копре (фиг. 20).

Испытуемую смесь помещают в металлическую гильзу и уплотняют тремя ударами груза весом 6,35 *кг*, падающего с высоты 50 *мм*. Размер цилиндрического образца $D = 50 \pm 0{,}2$ *мм*, $l = 50 \pm 0{,}8$ *мм* (фиг. 20).

Предел прочности на сжатие сырых образцов $\left(\sigma_{сж} = \frac{P}{F}\right)$ определяют на рычажном приборе (фиг. 21) во влажном или сухом состоянии в зависимости от характера и назначения испытуемой смеси.

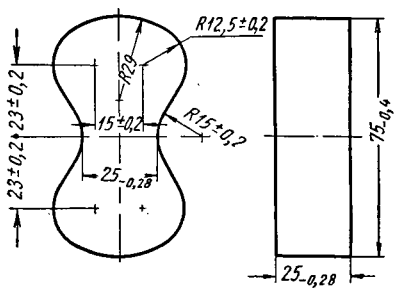
Предел прочности формовочного песка при растяжении определяют на сухих образцах в виде восьмерок. Размеры стандартного образца приведены на фиг. 22. Образец формуют в разъемно-стержневом ящике и уплотняют тремя ударами груза на стандартном лабораторном копре. После изготовления образцы высушивают, охлаждают и затем повергают испытанию на растяжение на специальном приборе (фиг. 23).



Фиг. 21. Прибор для определения прочности сырых образцов на сжатие:
1 — основание; *2* — ходовой винт; *3* — передвижная каретка; *4* — груз; *5* — градуированный рычаг; *6* — упор.

Усманский механический завод выпускает универсальный прибор для испытания образцов на сжатие, растяжение, срез и изгиб в сухом и влажном состоянии (фиг. 24).

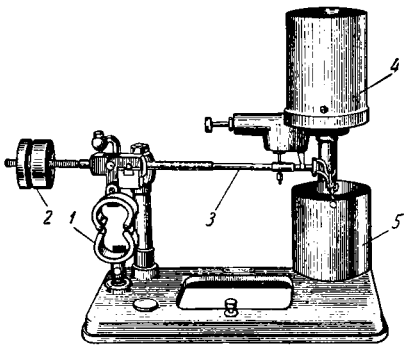
Большой практический интерес представляют данные поверхностной прочности. Поверхностная прочность характеризуется сопротивлением верхнего слоя формы истирающим усилиям; она определяется потерей в весе образца, который учитывается после испытания на приборе (фиг. 25). Потеря в весе выражается в процентах.



Фиг. 22. Форма сухих образцов на разрыв.

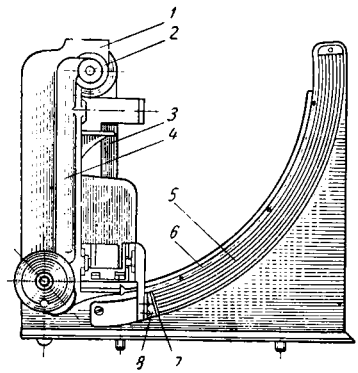
Осыпаемость сухих и сырых стандартных образцов, приготовленных на стандартном копре, определяют на специальном приборе, вращающемся со скоростью 60 об/мин. Испытуемый образец помещают внутри сетчатого барабана.

Поверхностную твердость стандартных образцов формы или стержня определяют твердомерами путем вдавливания от руки шарика (для сырой смеси) или острия ножа (для сухой смеси). Величину твердости показывает стрелка на циферблате.



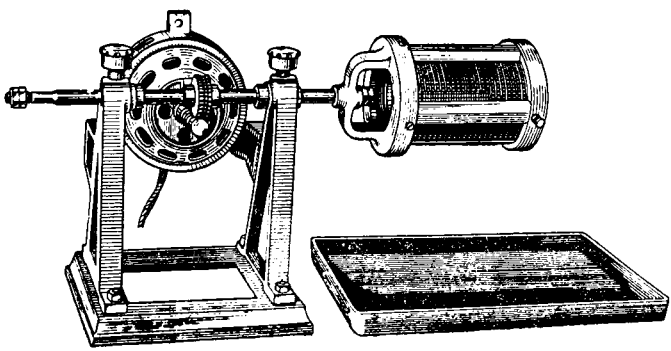
Фиг. 23. Прибор для испытания сухих образцов на разрыв:

1 — зажимное приспособление; *2* — передвижной груз; *3* — рычаг; *4* — бункер для дроби; *5* — приемник.



Фиг. 24. Универсальный прибор для определения механических свойств формовочных материалов:

1 — станина; *2* — валик; *3* — маятник; *4* — рычаг; *5* — рейка; *6* — шкала; *7* — поводок; *8* — магнитный указатель.



Фиг. 25. Прибор для определения поверхностной прочности на осыпаемость.

§ 7. ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПЕСКОВ И СМЕСЕЙ И ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Для испытания газопроницаемости изготовляют стандартные образцы, так же как и для определения сопротивления сжатию. Изготовленный образец вместе с гильзой переносят на прибор для испытания газопроницаемости смеси. Для определения газопроницаемости применяют прибор, приведенный на фиг. 26.

Газопроницаемость песка или смеси определяют по следующей формуле:

$$K = \frac{QL}{FPt}, \qquad (16)$$

где Q — количество воздуха, прошедшего через образец, в $см^3$;

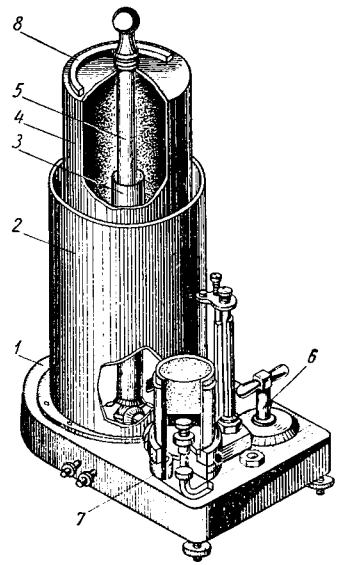
L — высота образца в $см$;

F — площадь поперечного сечения образца в $см^2$;

P — давление в $см$ вод. ст. перед испытанием образца;

t — время протекания воздуха через образец в мин.

В стандартных испытаниях на стандартных приборах принято $Q = 2000$ $см^3$; $L = 50$ $мм$; образец $D = 50$ $мм$.



Фиг. 26. Прибор для определения газопроницаемости:

1 — основание; *2* — бак; *3* — трубка; *4* — колокол с впаянной трубкой; *5* и *6* — трехходовой кран; *7* — затвор; *8* — груз.

При испытании определяют время истечения 2000 $см^3$ воздуха и давление. Для быстрого определения газопроницаемости между пространством под колоколом прибора и образцом включают диафрагмы с калиброванным отверстием диаметром 0,5 или 1,5 $мм$. Первая диафрагма применяется при испытании материалов с газопроницаемостью до 50 и вторая — свыше 50. При работе с диафрагмой давление под колоколом при закрытом трехходовом кране должно быть 10 $г/см^2$. При этом положении 2000 $см^3$ воздуха проходят через отверстие диаметром 0,5 $мм$ в течение 4,5 мин., а через отверстие 1,5 $мм$ в течение 0,5 мин. Расход воздуха через диафрагму определяют по следующей формуле:

$$\frac{Q}{t} = c\sqrt{\Delta P}, \qquad (17)$$

где ΔP — разность давлений перед диафрагмой и за ней в $г/см^2$.

Для отверстия 0,5 *мм*

$$\frac{Q}{t_1} = \frac{2000}{4{,}5} = 444{,}4 \ см^3/мин.$$

Для отверстия 1,5 *мм*

$$\frac{Q}{t_2} = \frac{2000}{0{,}5} = 4000 \ см^3/мин.$$

Принимая перепад давлений $\Delta P = 10$ *г/см*^{3}, можно определить коэффициент c:

для диафрагмы с отверстием 0,5 *мм*

$$c_1 = \frac{444{,}4}{\sqrt{10}} = 140{,}53$$

и для диафрагмы с отверстием 1,5 *мм*

$$c_2 = \frac{4000}{\sqrt{10}} = 1264{,}8,$$

следовательно,

$$K = \frac{L}{FP} \cdot \frac{Q}{t} = \frac{L}{FP} c \sqrt{\Delta P} = \frac{L}{F} c \frac{\sqrt{10-P}}{P}.$$

Для отверстия 0,5 *мм*

$$K_1 = \frac{5}{19{,}637} \cdot 140{,}53 \frac{\sqrt{10-P}}{P} = 35{,}2 \frac{\sqrt{10-P}}{P}.$$

Для отверстия 1,5 *мм*

$$K_2 = \frac{5}{19{,}637} \cdot 1264{,}8 \frac{\sqrt{10-P}}{P} = 317 \frac{\sqrt{10-P}}{P}.$$

Определяя давление, можно подсчитать газопроницаемость для данной диафрагмы. В справочниках или инструкциях к прибору даются таблицы определения газопроницаемости по давлению перед образцом, которыми и следует пользоваться при испытаниях.

Образец, испытанный на газопроницаемость, может быть использован для определения прочности на сжатие в сыром состоянии.

§ 8. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСКОВ

Формовочный песок состоит из зерен разного минералогического состава и зернистости, между которыми находятся вода и воздух; поэтому их теплофизические свойства непостоянны и зависят от ряда факторов. Теплоемкость песков в сухом состоянии составляет около 0,2 и увеличивается с увеличением температуры и влажности. Теплопроводность песка зависит от его минералогического состава, пористости, влажности, зернистости, глиносодержания и темпера-

туры. Теплоемкость составляющих песка различна (кварца 0,016, полевого шпата 0,008, воздуха 0,000047, воды 0,0014), и определить ее по правилам смешения не представляется возможным. Нельзя также определить расчетным путем изменение теплопроводности в зависимости от температуры.

Уменьшение пористости и увеличение влажности повышают теплопроводность. При увеличении глиносодержания теплопроводность смеси увеличивается.

§ 9. ВЫБОР ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ

Государственным стандартом 2138-56 предусмотрены технические условия на поставку формовочных песков.

Формовочные пески, поставляемые по техническим условиям, не должны содержать посторонних примесей, как-то: остатков растительных слоев, перегноя и корней, угля, торфа, известняка и других минералов.

В табл. 6 приведено примерное назначение различных формовочных песков, нашедших наибольшее применение в литейных цехах.

Таблица 6

Применяемые формовочные пески

Литье	Назначение песков	Марки песков
Чугунное	1. Для формовки всырую отливок из ковкого и серого чугуна весом до 20 *кг*	П016А, П01А, К016А
	2. Для формовки всырую чугунных отливок весом до 200 *кг*	П02А, П016А, К02А, К016А
	3. Для формовки всырую чугунных отливок весом до 2000 *кг*	П02А, Т04А, К016Б, К02А
Стальное	1. Для формовки всырую стальных отливок весом до 500 *кг*	К02А, К016Б
	2. Для формовки всухую стальных отливок весом до 5000 *кг*	К02А, К016А
	2. Для стержневых смесей стального литья	К02А, К016А
Цветное	1. Для формовки всырую и всухую бронзового и латунного литья	П016А, П01А
	2. Для формовки всырую и всухую алюминиевого литья	П016А, П01А
	3. Для стержневых смесей цветного литья (бронза, латунь, алюминий)	К02А
	4. Для формовки мелкого цветного и очень мелкого чугунного литья, требующего особо чистой поверхности	П0063А

ГЛАВА III

ФОРМОВОЧНЫЕ ГЛИНЫ

§ 1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГЛИН

Литейными формовочными глинами называются горные породы, состоящие в основном из тонкодисперсных частиц водных алюмосиликатов, обладающих связующей способностью и термохимической устойчивостью, достаточной для того, чтобы в определенных технологических условиях образовать прочные и не пригорающие к отливке формовочные смеси.

По своему происхождению глины разбиваются на три типа:

1) первичные — остаточные глины разложения, полученные в результате разложения кристаллических пород или выпадения из водных растворов, содержащих глинозем и кремнезем, и оставшиеся на месте образования;

2) вторичные — синтетические глины, образовавшиеся путем выпадения из водных растворов и перенесенные с места своего образования;

3) метаморфизованные (видоизмененные), полученные в результате изменения первичных или вторичных глин.

§ 2. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Глины состоят из одного или нескольких минералов, содержащих Al_2O_3, зерен кварца и небольшой примеси некоторых других минералов, не содержащих глинозема. По содержанию основных глинистых минералов формовочные глины делятся на три группы.

К первой группе относятся глины, содержащие в основном минерал каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$; его удельный вес 2,58—2,60, температура плавления 1750—1787° С. При нагреве каолинит претерпевает следующие изменения: при 100° С удаляется гигроскопическая вода; в интервале 350—580° С удаляется конституционная вода и каолинит переходит в метакаолинит $Al_2O_3\ 2SiO_2$; при 900—1050° С метакаолинит распадается на смесь аморфных Al_2O_3 и SiO_2; при 1200—1280° С из свободных глинозема и кремнезема образуется минерал мулит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. К этой же группе относятся глины, содержащие в основном минерал галлузит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ удельного веса 2,0—2,2, который при нагреве до 50° С превращается в минерал метагаллузит вследствие потери 2 молекул воды. При температуре 500—600° С теряется остальная конституционная вода, и при дальнейшем нагревании все превращения происходят так же, как и у каолинита.

Каолинитные глины находят широкое применение в литейном производстве и особенно для отливки стальных и чугунных деталей.

К второй группе относятся глины, содержащие минерал монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O$, где возможна замена

некоторой части Al . . . на Mg . . ., а Si . . . на Al . . . . По химическому составу монтмориллонит непостоянен. Общая химическая формула для минералов группы монтмориллонит имеет следующий вид:

$$m\,[Mg_3(Si_4O_{10})\cdot(OH)_2]\cdot p\,[Al\cdot Fe\ .\ .\ .)_2\cdot(Si_4O_4)\cdot(OH)_2]\cdot nH_2O].$$

Особенностью монтмориллонита является способность его кристаллической решетки расширяться в направлении оси *C*. Эти свойства позволяют проникать ионам H или OH внутрь кристаллической решетки, что и ведет к увеличению набухания глины. Этот минерал является основной составляющей бентонитовых глин. Монтмориллонит — очень мягкий минерал; удельный вес и твердость его неизвестны; температура плавления 1250—1300° С; способен отдавать или поглощать влагу из воздуха, в зависимости от барометрического давления. При нагревании до 100° С наблюдается выделение 18% адсорбционной воды; при 100—500° С теряет 4% конституционной воды, а при 735—850° С происходит разрушение кристаллической решетки или превращение минерала в аморфное вещество. К этой же группе относятся глины, содержащие минерал бейделит, имеющий такую же кристаллическую решетку, как и монтмориллонит.

К третьей группе относятся гидрослюдистые глины, представляющие собой промежуточные продукты разложения от слюд к каолину. По своему химическому составу и физическому состоянию эти минералы непостоянны.

В глинах обычно присутствуют минералы, которые оказывают большое влияние на их свойства. К ним относятся:

кварц SiO_2, от нескольких долей до 60% и больше; являясь инертным материалом, он снижает связующую способность, пластичность, усадку и увеличивает газопроницаемость глин;

полевые шпаты $(K_2\cdot Na)O\cdot Al_2O_3\cdot 6SiO_2$ или смеси калийных и натриевых полевых шпатов с минералом анортитом $(CaO\cdot Al_2O_3\times \times 2SiO_2)$; их температура плавления колеблется от 1250 до 1380° С;

слюды химического состава $K_2O\cdot 3Al_2O_3\cdot 6SiO_2\cdot 2H_2O$ или $K_2O\cdot 6\,(MgFe)\,O\cdot Al_2O_3\cdot 6SiO_2\cdot 2H_2O$ с температурой плавления 1150—1400° С.

В зависимости от содержания H_2O некоторые слюды относятся к гидрослюдам и очень часто составляют значительный процент (до 30%) каолинитовых глин и другие примеси, как-то: гидраты окислов железа $Fe_2O_3\cdot H_2O$ или $2Fe_2O_3\cdot 3H_2O$, пирит FeS, кальцит $CaCO_3$, магнезит $MgCO_3$, доломит $CaCO_3\cdot MgCO_3$, сидерит $FeCO_3$, гипс $CaSO_4\cdot 2H_2O$ и др.

§ 3. ЗЕРНОВОЕ СТРОЕНИЕ

Согласно ГОСТу 2138-56 на формовочные пески, к глинистой составляющей относятся частицы размером менее 0,022 *мм* в количестве, не превышающем 50%.

Большинство формовочных глин содержит более 70% частиц размером менее 0,02 *мм* и до 30% более крупных зерен кварца.

Зерновой состав оказывает решающее влияние на большинство физических и технологических свойств глин (связующую способность, пластичность, усадку и др.). Поэтому в формовочных глинах определяют частицы размером менее 0,022 *мм*, меньше и больше 0,001 *мм* и меньше и больше 0,005 *мм*. Такое определение зернистости глин достаточно хорошо характеризует их связующую способность.

По крупности зерна глины делятся на высокодисперсные, содержащие более 60% частиц величиной менее 0,001 *мм*, и среднедисперсные с содержанием таких частиц от 41 до 60%. К бентонитам относятся глины с размером частиц менее 0,001 *мм* из минерала монтмориллонит.

§ 4. ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ НА СВЯЗУЮЩИЕ СПОСОБНОСТИ ГЛИН

Из курса физики известно, что молекулы внутреннего слоя вещества испытывают в среднем одинаковое притяжение со стороны окружающих молекул. Молекулы поверхностного слоя находятся в неуравновешенном состоянии. Вследствие этого свойства молекул, расположенных на поверхности тела, отличаются от свойств молекул, расположенных в его внутренних частях. Свойства молекул поверхностного слоя оказывают влияние на свойства молекул внутреннего слоя. Свойства поверхностного слоя вещества особенно сильно проявляются на поверхности раздела между двумя фазами: жидкость — пар, твердое тело — пар, твердое тело — жидкость.

Чем больше поверхность вещества, тем больше будет и влияние поверхностного слоя на общие свойства вещества. Влияние пограничных сил особенно ясно обнаруживают жидкости; будучи предоставлены самим себе, они стремятся принять форму капли, т. е. возможно уменьшить свою поверхность; это явление приписывается влиянию поверхностных сил. Поверхностным натяжением называется сила (которая стремится уменьшить поверхность), отнесенная к единице длины, измеряется в *дин/см*.

Для увеличения поверхности требуется работа; свободной поверхностной энергией называют механическую работу, которая необходима для образования 1 $см^2$ поверхности.

Величина свободной поверхностной энергии F в данной системе определяется произведением поверхностного натяжения σ на поверхность системы S:

$$F = \sigma s. \tag{18}$$

Полную энергию системы можно представить уравнением

$$U = f_V V + \sigma s, \tag{19}$$

где произведение $f_V V$ — энергия всего объема V тела в предположении, что оно равномерно распределено между всеми частицами,

а произведение σs — избыток свободной энергии частиц, образующих поверхностный слой.

Отношение свободной энергии к единице объема можно выразить уравнением

$$\frac{U}{V} = f_V + \frac{\sigma_s}{V}. \qquad (20)$$

Из этого следует, что поверхностная энергия оказывает тем большее влияние на свойства системы, чем бо́льшая часть всего числа молекул лежит в поверхностном слое или чем больше отношение поверхности s к объему V. Чем меньше будут линейные размеры тела и больше степень дисперсности, тем больше будет поверхность в единице объема, а следовательно, и больше отношение свободной энергии к единице объема.

Величина поверхностного натяжения жидкостей изменяется при растворении в них различных веществ. Растворенное вещество распределяется неравномерно в поверхностном и внутреннем слоях жидкости. Количество растворенного вещества, содержащегося в поверхностном слое, бывает больше или меньше количества этого вещества, содержащегося в слое такой же величины внутри жидкости. Явление изменения содержания данного компонента в поверхностном слое по сравнению с содержанием его во внутренних слоях называется адсорбцией.

Адсорбция называется положительной, когда растворенного вещества находится больше в поверхностном слое фазы, и отрицательной — в обратном случае.

В приложении к системе глина — вода — воздух глина будет называться адсорбентом, а вода или пары воды — адсорбируемым веществом (адсорбтивом). Кристаллы мягких минералов, входящих в глины, имеют мелкодисперсное чешуйчатое строение, что позволяет им хорошо смачиваться водой. Различают три вида адсорбции на поверхности твердого тела.

Молекулярная адсорбция. При соприкосновении твердого тела с жидкостью может иметь место адсорбция молекул жидкости на поверхности твердого тела (смачивание). Этот процесс сопровождается выделением тепла, что называется теплотой смачивания. Количество выделяемого тепла при смачивании зависит от свойства жидкости и твердого вещества. Например, при смачивании водой силикагеля выделяется 19,4 *кал/г*, угля 11,6 *кал/г*, почвы — 9,5 *кал/г*, торфа — 14,8 *кал/г*.

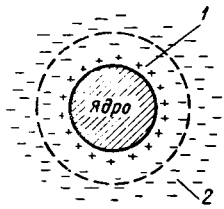
Обменная адсорбция, или адсорбция ионов твердым адсорбентом, наблюдается в то время, когда адсорбент поглощает из раствора ионы одного знака (катионы или анионы), причем это поглощение сопровождается переходом из адсорбента в раствор ионов того же знака.

Специфическая адсорбция возникает тогда, когда из содержащихся в растворе различных ионов на поверхности кри-

сталла адсорбируются те ионы, которые входят в состав кристалла и могут достраивать его кристаллическую решетку.

Связующая способность глины зависит и от ионогенного комплекса ее кристаллов.

Глинистая мицелла представляет собой кристаллическое образование, построенное из атомов, расположенных в определенном порядке (фиг. 27). Мицелла состоит из ядра, окруженного ионами, с зарядом, противоположным заряду ядра, в силу чего ионы прочно связаны с ядром. Кроме того, в кристаллах присутствуют так называемые свободные ионы, или обменные катионы, которые образуют диффузионный слой вокруг атомов.



Фиг. 27. Схема построения мицеллы:

1 — абсорбционный слой; *2* — диффузный слой

При увлажнении глины молекулы воды располагаются главным образом вокруг ионов диффузионного слоя и вместе с ионами диффузионного слоя образуют гидратную оболочку вокруг мицеллы. Это явление носит название гидратации.

Связующая способность глины зависит от величины гидратной оболочки и действующих сил, связывающих ионы диффузионного слоя с поверхностью гранулы (ядро + адсорбционный слой). Влияние величины частиц сказывается в том, что чем меньше размер частиц, тем больше поверхность одного и того же объема и, следовательно, больше величина гидратной оболочки вокруг мелких частиц по сравнению с более крупными. Что касается ионов в диффузионном слое, то природа их и валентность влияют на толщину диффузионного слоя. Чем больше валентность, тем сильнее электрическое притяжение между ионами диффузионного слоя и поверхностью гранулы. Катионы диффузионного слоя могут замещаться и изменять величину гидратации, а следовательно, и технологические свойства глины. По величине гидратации обменные катионы можно расположить в ряд в убывающем порядке: Li, Na, K, Mg, Ca, Al, Fe.

При дроблении и размоле обменная способность глин увеличивается, что вызывает увеличение диффузионного слоя и адсорбированных катионов.

Прочность и пластичность глинистых смесей зависят в большой степени от количества воды, введенной в массу. При очень малом содержании воды глина не обладает достаточной прочностью и пластичностью в связи с отсутствием достаточных сил сцепления отдельных зерен.

При излишней влажности эти силы нарушаются из-за отсутствия сопротивления. Если постепенно увеличивать влажность глины, то ее свойства — прочность и пластичность — будут возрастать, пройдут через максимум и затем будут убывать до полного их исчезновения.

В глине может находиться в составе минерала так называемая конституционная или кристаллизационная и цеолитная вода.

Конституционная вода находится в минерале в определенном количественном отношении с другими составляющими и выделяется при определенной температуре. После ее выделения минерал распадается.

Кристаллизационная вода отличается от конституционной менее тесной связью с другими составляющими кристаллической решетки, и ее выделение происходит при более низкой температуре. При определенных условиях минерал может не разрушаться, и свойства его могут быть восстановлены при увлажнении.

Из минералов, содержащих конституционную воду, можно назвать каолинит, кристаллизационную воду — гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$ при нагреве до 200° переходит в $CaSO_4$ и при увлажнении переходит обратно в гипс) и цеолитную воду — минерал монтмориллонит.

Вода может и не входить в состав минерала, а быть адсорбированной или капиллярной и свободной. Эта вода располагается на поверхности глинистых частиц и в промежутках между ними и может быть удалена частично или полностью, без изменения свойств минерала. Следовательно, высушивание песчано-глинистой смеси сводится к полному удалению капиллярной и свободной воды и частично адсорбционной.

Пластичность и клейкость, в свою очередь, зависят от природы минералов, составляющих глину, их количественного отношения, размеров зерен и влажности. Глины, состоящие из монтмориллонита с размером зерен 0,001 *мм* и меньше, обладают повышенной склеивающей способностью в сравнении с другими глинами. Рост склеивающей способности в данном случае имеет место в связи с образованием коллоидного раствора. Известно, что средний размер частиц дисперсной фазы коллоидов колеблется в пределах от 0,001 до 0,00001 *мм*. Системы с более мелкими частицами относятся к истинным растворам, с более крупными — к суспензиям или эмульсиям.

Из этого следует, что составляющие частицы глины размером выше 0,001 *мм* с водой дают суспензию, а частицы меньших размеров образуют коллоидные растворы. Основная масса бентонитов состоит из зерен размером 0,001 *мм* и меньше, которые с водой образуют коллоидный раствор, что делает особо пластичными и клейкими эти глины.

Следует различать связующую способность глин во влажном, в высушенном и нагретом состоянии.

Прочность песчано-глинистой смеси во влажном и высушенном состоянии зависит от суммарного действия следующих факторов: дисперсности глины, минералогического состава глины, величины и характера ионогенного комплекса глины, взаимного распределения между собой частиц глины различной величины и зерен песка.

Во влажном состоянии на прочность смеси преобладающее влияние оказывает дисперсность глины.

Что касается связующей способности глины в нагретом состоянии, то, по данным И. Б. Куманина, образцы на сжатие, нагретые до 900° С, обладают в 4—6 раз большей прочностью, чем образцы, высушенные при температуре 105—110° С. Связующая способность глины в нагретом состоянии практически используется при отливке деталей из металлов с высокой температурой плавления. По мере потери воды при высыхании глина уменьшает свой объем. Величина усадки зависит от природы глины, начального содержания воды, температуры, давления и относительной влажности воздуха и уплотнения образца.

Различные глины обладают различной усадкой, которая зависит главным образом от ее зернового состава. В зависимости от зернистости глин усадка колеблется от 2,6 до 10,7%.

§ 5. КЛАССИФИКАЦИЯ

Формовочные глины представляют собой горные породы, которые в основном состоят из тонкодисперсных частиц водных алюмосиликатов. Эти глины обладают связующей способностью во влажном или высушенном состоянии и термохимической устойчивостью, достаточными для того, чтобы образовать прочные и не пригорающие к отливкам формовочные смеси.

В зависимости от минералогического состава формовочные глины разделяются на два вида (табл. 7).

Таблица 7

Виды формовочных глин (по ГОСТу 3226-57)

Обозначение вида	Наименование глины	Минералогический состав
Ф	Обыкновенная	Каолинит, гидрослюдистые минералы или полиминералы
Б	Бентонитовая	Монтмориллонит, бейделлит, ферримонтмориллонит

В зависимости от связующих свойств, определяемых пределом прочности на сжатие технологической пробы, формовочные обыкновенные глины разделяются на группы (табл. 8).

В зависимости от термической устойчивости формовочные обыкновенные глины разделяются на три сорта (табл. 9).

Обозначение марки обыкновенной глины составляется из букв и цифр, например: ФС-1 — формовочная глина, среднесвязующей группы с высокой термохимической устойчивостью.

Таблица 8

Группы формовочных глин

Обозначение группы	Наименование группы
М	Малосвязующая
С	Среднесвязующая
	Прочносвязующая:
ПС	в сухом состоянии
ПВ	во влажном состоянии
В	Высокопрочная
О	Особопрочная

Таблица 9

Сорта формовочных глин

Обозначение сорта	Наименование сорта	Огнеупорность в °С, не менее	Вредные примеси в %, не более		
			Сера сульфидная	$CaO + MgO$	$K_2O + Na_2O$
1	С высокой термохимической устойчивостью	1580	0,2	2,0	3,0
2	Со средней термохимической устойчивостью	1350	0,3	3,0	Не нормируется
3	С низкой термохимической устойчивостью	Не нормируется	0,3	Не нормируется	

В технических условиях на поставку обыкновенных формовочных глин по ГОСТу 3226-57 предусматривается огнеупорность и наличие вредных примесей (табл. 9), а также предел прочности на сжатие (табл. 10).

Согласно ГОСТу 3226-57 бентонитовые глины характеризуются коллоидальностью и пределом прочности образца на сжатие во влажном состоянии и представлены тремя марками: Б1 — коллоидальность 100%, прочность 1 *кг/см*^{2}; Б2 — коллоидальность 90%, прочность 0,9—1,0 *кг/см*^{2}; Б3 — коллоидальность не нормируется, прочность 1,0 *кг/см*^{2}.

Классификация формовочных глин, предусмотренная ГОСТом 3226-57, позволяет выбирать качество глины применительно к практическим условиям получения качественных литых деталей из существующих литейных сплавов. Для легкоплавких сплавов (сплавы алюминия и магния) берут менее огнеупорную глину, чем для чугуна,

Таблица 10

Предел прочности на сжатие опытного образца в *кг/см²*

Марка глины	Прочность образца		Марка глины	Прочность образца	
	во влажном состоянии	в сухом состоянии		во влажном состоянии	в сухом состоянии
ФМ	0,15—0,3	>1,5	ФПВ-1	>0,5	1—2
ФС-1	0,3—0,5	1—2	ФПВ-2	>0,5	1,2
ФС-2	0,3—0,5	1—2	ФВ-1	>0,5	>2
ФС-3	0 31—0,5	1—2	ФВ-2	>0,5	>2
ФПС-1	0,3—0,5	>2	ФО-1	>0,75	>2
ФПС-2	0,3—0,5	>2	ФО-2	>0,75	>2

и более огнеупорная глина применяется для смесей при отливке стальных деталей.

В зависимости от веса и габарита отливок принимается и связующая способность глины.

§ 6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ

ГОСТом 3226-57 предусмотрены методы взятия средних проб и лабораторных испытаний формовочных глин.

Из средней пробы берется глина в количестве, необходимом для последующих испытаний, и подвергается обработке — высушиванию, измельчению и просеиванию.

Бентонитовые глины высушивают при температуре 105—110° С, а все остальные глины — при 180—200° С. После просушивания глину измельчают в ступе и просеивают через сито № 0315, а для определения коллоидальности — через сито № 02.

Для определения коллоидальности бентонита последний просеивают через сито № 0063. Высушенная глина для определения дисперсности глинистой составляющей и химического анализа может быть использована после тщательного измельчения без просеивания. Предел прочности глин определяется по технологической пробе следующего состава (в %):

	Для обыкновенной глины	Для бентонитовой глины
Песок К02	90	96
Глина	12	4
Вода	3,5	3,5

Для определения влажности (гигроскопической) берут навеску глины 20 *г*, отвешенную с точностью до 0,01 *г* из непросушенной пробы, и сушат при температуре 105—110° С в фарфоровой чашке

или стеклянном стакане до постоянного веса. Процент гигроскопической влаги определяется по следующей формуле:

$$a = \frac{q_1 - q}{q_1} \cdot 100, \qquad (21)$$

где q_1 — вес навески воздушно-сухой глины в *г*;

q — вес навески после высушивания.

Химический анализ глин проводят согласно ГОСТу 2642-53. Путем химического анализа определяют количество содержащихся в глине SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, SO_2, CO_2, а также потерю веса при прокаливании. Такой анализ позволяет судить о группе глины по отношению SiO_2 к Al_2O_3, а по количеству кристаллизационной воды можно судить о природе минералов.

После определения гигроскопической влаги навеску глины прокаливают в муфельной печи при температуре 950—1000° С в течение не менее 40 мин. Затем тигель с прокаленной глиной охлаждают в эксикаторе и взвешивают, после чего еще раз прокаливают в течение 10 мин. при той же температуре до постоянного веса.

Потерю веса при прокаливании определяют по следующей формуле:

$$b = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100, \qquad (22)$$

где q_2 — вес навески после прокаливания в *г*;

q_1 — вес навески после высушивания при 105—110° С.

К физическим методам анализа относятся определения зернового состава, дисперсности глинистой основы, коллоидальности и огнеупорности. Выделение количества глинистой составляющей и зернового состава песка осуществляется путем отмучивания, так же как и в песках.

Дисперсность глинистой основы определяется по содержанию количества частиц с поперечником $\leqslant 0{,}005$ и $\leqslant 0{,}001$ *мм*.

Определение коллоидальности глин (исключая бентонит) проводят следующим путем. В мерный стеклянный цилиндр вместимостью 100 *см*^{3} насыпают 15 *г* подготовленной глины и наливают дистиллированную воду до отметки 95. Содержимое взбалтывают в течение 6 мин., затем добавляют 1 *г* окиси магния и воды до отметки 100; опять взбалтывают в течение 1 мин. и затем оставляют в покое на 24 часа. По истечении этого срока отмечают объем осадка по делениям, нанесенным на цилиндре. Этот объем осадка и является мерой коллоидальности глины, выраженной в процентах.

Огнеупорность глины. Огнеупорность глин определяют путем сравнения температуры размягчения изготовленных трехгранных пирамид высотой 30 *мм* со стороной основания 8 и 2 *мм* вверху по стандартным пироскопам заранее известной огнеупорности. Большой интерес представляет термический анализ глины, который сводится к построению кривой, характеризующей изме-

нение температуры испытуемой глины, или по разности температур глины и специального эталона при равномерном их нагревании.

Полное представление о минералогическом составе глины дают химический и термический анализы в сочетании с микроскопическими исследованиями и рентгеновской диагностикой глин, обладающих внутрикристаллическим набуханием. Последний метод позволяет определять и отличать бентонит от любой другой разновидности формовочных глин. Что касается микроскопических исследований, то они дают возможность уточнить минералогический состав глины по фракциям зернистости.

§ 7. ВЫБОР ГЛИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЗНАЧЕНИЯ СМЕСИ

Рассмотренные выше свойства глин дают возможность их использовать для составления различных смесей. При выборе марки глины необходимо руководствоваться как техническими, так и экономическими соображениями.

Таблица 11

Рекомендуемые глины для различного вида литья

Вид литья	Характеристика литья	Применение глины для форм и стержней при формовке	Рекомендуемая марка глины
Стальное	Крупное	Всухую	ФВ-1
	Среднее, особо сложное	»	ФВ-1 *
	Среднее	»	ФВ-1
	Мелкое	Всырую	ФВ-1
	»	Всухую	ФС-1
	»	Всырую	ФС-1
Чугунное	Крупное	Всухую	ФВ-2
	Среднее	»	ФП-2
	»	Всырую	ФВ-2
	Мелкое	Всухую	ФС-2 **
	»	Всырую	ФС-2
Цветное	Крупное, сложное	Всухую	ФВ-3
	Среднее	»	ФП-3
	Мелкое	Всырую	ФП-3
	»	Всухую	ФС-3 **
	»	Всырую	ФС-3
Все виды литья	Различное литье	Всырую	Б1 и Б2

* Прочность в сухом состоянии не менее 2 *кг/см*^{2}.

** В данном случае могут применятся малосвязующие глины.

При этом следует учитывать стоимость доставки глины. Во всех практических случаях желательно использовать местные глины, не требующие дальних перевозок.

В табл. 11 приводятся рекомендуемые глины в зависимости от заливаемого металла, веса отливок и способа заливки, прочность которых в сухом состоянии не менее 2 *кг/см*^{2}.

ГЛАВА IV

НОВЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В современном литейном производстве предъявляют повышенные требования к огнеупорным материалам, обладающим физико-химическими свойствами, отличными от свойств кварцевого песка.

В процессе отливки стальных и чугунных деталей крупного веса в форму вносится очень большое количество тепла, что создает благоприятные условия для образования легкоплавких силикатов железа и увеличения пригара. За последние годы в качестве формовочных материалов взамен кварцевого песка и глины находят применение оливинит и дуниты, хромит, магнезит и циркон.

§ 1. ОЛИВИНИТОВЫЕ ПОРОДЫ

Оливинитовые породы химически не взаимодействуют с окислами железа; их температура плавления высокая, что устраняет образование пригара на отливках.

Оливиниты и дуниты являются магнезиальными силикатами, имеющие общую химическую формулу R_2SiO_4, где R может быть Mg, Fe, Mn, Ni, Co, Zn, Ca.

Для литейного производства представляют наибольший интерес магнезиальные силикаты. Из этих силикатов наиболее распространенным минералом в СССР является оливин $(MgFe)_2SiO_4$ или серпентин $3MgO \cdot 2SiO_2\ 2H_2O$, образовавшийся из оливина под действием кислорода, воздуха и воды.

Ортосиликат магния — форстерит Mg_2SiO_4 образует с фаялитом Fe_2SiO_4 ряд твердых растворов, температура плавления которых понижается с увеличением количества фаялита в составе. Огнеупорность некоторых минералов и горных пород, содержащих магнезиальные силикаты:

Минерал или горная порода	Огнеупорность в °С
Форстерит	1910
Хадозерский оливинит	1750—1830
Нижнетагильский дунит	1750—1800
Шабровский серпентино-дунит	1670—1710
Белореченский серпентин	1530—1560
Фаялит	1177

Оливиниты и дуниты дают хорошие результаты при применении для облицовки крупных форм при отливке чугуна и стали.

§ 2. ХРОМИТ

Хромит (хромистый железняк FeO, Cr_2O_3) применяют некоторые заводы для приготовления облицовочной смеси при отливке крупных стальных деталей. Температура плавления хромита (1450—1850° С) понижается с увеличением окислов железа (FeO, Fe_2O_3). Хромистый железняк применяют в молотом виде; зерновой состав берется в зависимости от величины отливок. При отсутствии окиси кремния хромистый железняк обладает хорошей огнеупорностью и химически не реагирует с окислами железа, что обеспечивает устранение пригара.

§ 3. МАГНЕЗИТ

Магнезит $MgCO_3$ содержит 47,82% Mg и 52,18% CO_2. Для получения огнеупорного магнезита природный магнезит подвергается обжигу при температуре 1500—1650° С. При обжиге удаляется CO_2 и остается MgO с температурой плавления 2800° С. Химический состав металлургического магнезита колеблется в зависимости от исходного материала в следующих пределах: 85—93,5% MgO; 1,3—8,5% Fe_2O_3; 1,2—6,5% SiO_2; 0,3—1,94% Al_2O_3; 1,3—5,6% CaO; 0,6—1,7% MnO. Температура плавления его изменяется в зависимости от количества примесей.

Металлургический магнезит находит применение для приготовления облицовочных смесей, при отливке деталей из специальных сталей. Магнезит не взаимодействует с окислами марганца и поэтому находит применение при отливке деталей из марганцовистой стали (сталь Гатфильда).

§ 4. ЦИРКОНОВЫЙ ПЕСОК

Цирконовый песок $ZrSiO_4$ отличается высокими физико-химическими свойствами. Температура плавления циркона 2000° С; коэффициент теплового линейного расширения 0,5%; теплопроводность хорошая, плотность высокая; он не смачивается окислами металлов, вследствие чего не дает пригара. Благодаря высокой плотности и теплопроводности смеси из цирконового песка способствуют быстрому охлаждению отливки. Цирконовый песок применяют для приготовления облицовочных и стержневых смесей и формовочных красок при отливке крупных или требующих особо чистой поверхности стальных деталей.

ГЛАВА V

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СВЯЗУЮЩИМ МАТЕРИАЛАМ

Специальные связующие добавки вводят в формовочные и стержневые смеси в количествах, обеспечивающих необходимые качества форм или стержней. К любому связующему материалу в зависимости от условий его применения предъявляют соответствующие требования. Связующие вещества должны обладать следующими свойствами:

1) равномерно распределяться по поверхности формовочных материалов в течение определенного времени, что обеспечивает постоянство свойств смеси;

2) предотвращать прилипаемость смеси к модели или стержневому ящику, так как прилипаемость затрудняет изготовление форм и стержней и снижает производительность труда;

3) придавать смеси текучесть, необходимую для выполнения всех контуров детали, что особенно важно, если эти контуры имеют сложную конфигурацию;

4) обеспечивать достаточную поверхностную и общую прочность как в сыром, так и в сухом состоянии;

5) обеспечивать быстрое высыхание формы и стержня при сушке и не обладать гигроскопичностью при хранении или сборке форм;

6) не выделять много газов при сушке и заливке, так как излишняя газотворная способность смеси способствует образованию газовых раковин в отливках;

7) обеспечивать податливость формы или стержня при остывании металла в ней, которая необходима ввиду усадки металла при остывании;

8) не снижать огнеупорность формовочного материала и не увеличивать его пригораемость, что особенно важно при отливке стальных деталей;

9) обеспечивать легкое удаление из отливки стержня;

10) связующий материал должен быть дешев, недефицитен и безвреден для окружающих.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Существует большое количество различных связующих материалов, применяемых в литейном производстве. Большинство из них различного происхождения и обладает различными химико-технологическими свойствами.

При классификации связующих по группам в соответствии с их определенными свойствами облегчается правильный выбор для

того или иного назначения, а также возможность замены одного связующего другим.

В настоящее время нет общепринятой классификации связующих материалов, пригодность которой была бы подтверждена практикой которая нашла бы широкое применение при составлении рецептуры смесей для различных классов стержней.

Различают три типа связующих материалов, применяемых в литейном производстве:

1. Материалы, связующее действие которых основано на том, что в процессе сушки форм или стержней они окисляются, полимеризуются или в них происходят более сложные химические процессы, образуя прочные пленки, обволакивающие и скрепляющие зерна песка (высыхающие масла и их заменители, искусственные смолы).

2. Материалы, связующее действие которых обусловлено расплавлением в процессе сушки форм или стержней. В расплавленном состоянии связующее обволакивает зерна песка, образуя пленку, которая при остывании твердеет и придает прочность стержню (канифоль, битум, пеки).

Таблица 12

Сокращенная классификация связующих добавок по ЦНИИТМАШу

Группа материалов	Удельная прочность в *кг/см²*	Класс А, неводные материалы		Класс Б, водные материалы	
		Характер затвердевания	Наименование материалов	Характер затвердевания	Наименование материалов
1	>5	Необратимый	Масло растительное Олифа натуральная Олифа оксоль Масло С Крепитель 4ГУ (в) Крепитель П Крепитель ГТФ Искусственные смолы	Необратимый	Крепитель МФ-17
2	3—5	Промежуточный	Крепитель 4ГУ (п) Крепитель БМ Бифталь	Промежуточный Обратимый	Крепитель КВ Декстрин Пектиновый клей
3	<3	Обратимый Промежуточный	Канифоль Древесный пек Крепители: КТ, КБ, 4ГВ, КП-1, КП-4, СП, СБ	Обратимый	Сульфитно-спиртовая барда

3. Материалы, образующие водные растворы и создающие прочность при высыхании форм и стержней (декстрин, пектиновый клей, патока, сульфитно-спиртовая барда).

Наибольшее признание в настоящее время получила классификация связующих материалов, предложенная ЦНИИТМАШем, которая учитывает связующие способности материала, выражаемые в удельной прочности или прочности, отнесенной к 1% связующего материала.

По классификации ЦНИИТМАШа все органические связующие материалы делятся на два класса (табл. 12): класс А — неводные материалы, или материалы, не растворяющиеся и не смешивающиеся с водой, и класс Б — водные материалы, или материалы, образующие истинные или коллоидные растворы в воде.

Материалы разделены на три группы по относительной прочности или связующей способности; кроме того, внутри группы материалы делятся на подгруппы.

§ 3. СОСТАВЫ РАЗЛИЧНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Растительное масло получается при переработке семян масленичных растений (льна, конопли, хлопка и др.). В литейном производстве в качестве связующего применяют льняное масло, обладающее высокой способностью к высыханию. Льняное масло поставляется по техническим условиям. Удельный вес его при 20° С 0,928—0,936; отстой в процентах по объему не более 1,0, иодное число не менее 170, содержание неомыляемых веществ не ниже 1,0% Относительная прочность в *кг/см*^{2} на 1% не менее 6,0.

Масло С — раствор препарированных или уплотненных технических растительных масел или олиф в уайт-спирите. Рекомендуется использовать масло С для сравнительных испытаний при исследовании других связующих. Масло С обладает следующими физико-механическими свойствами:

Вязкость по Энглеру при 20° С	2,3—1,0
Содержание высыхающего растительного масла, не менее	48
Иодное число, не менее	130
Отстой в % по объему, не более	1
Относительная прочность в *кг/см*^{2} на 1%, не менее	5

Крепитель 4ГУ (в) — раствор сплава растительного высыхающего масла с канифолью в уайт-спирите. Рекомендуется применять как заменитель льняного масла для изготовления стержней 1-го класса. Крепитель обладает следующими физико-механическими свойствами:

Вязкость по Энглеру при 50° С	1,5—3,5
Содержание растворителя в %, не более	47
Отстой	Отсутствие
Относительная прочность в *кг/см*^{2} на 1%, не менее:	
для крепителя 4ГУ(в)	6,1
» » 4ГУ(п)	4,2

Крепитель 4ГУ (п) представляет собой раствор сплава полувысыхающего растительного масла с канифолью в уайт-спирите. Рекомендуется при изготовлении стержней 2-го класса.

Олифа натуральная льняная — льняное масло, обработанное нагреванием при 250° С без доступа воздуха в течение 3—6 час. По характеру связующего действия не отличается от льняного масла.

Олифа оксол — раствор препарированного или уплотненного минерального масла и масляного сиккатива. Олифа оксоль имеет ограниченное применение в литейном производстве для изготовления стержней 1-го и 2-го классов.

Крепитель П представляет собой раствор окисленного бакинского петролатума в уайт-спирите. Однородная маслянистая жидкость от светло-коричневого до темно-коричневого цвета. Удельный вес при 20° С 0,82—0,88. Рекомендуется для изготовления стержней 1-го и 2-го классов.

Бифталь представляет собой коллоидный раствор, состоящий из сплава: этерифицированного растительного масла 8,0%; канифоли 16,5%; фталевого ангидрида 6,0%; битума нефтяного 24,5%; сиккатива 0,7%; уайт-спирита 44,3%. Однородная маслянистая жидкость от темно-коричневого до черного цвета. Рекомендуется для изготовления стержней 2-го класса.

Крепитель 4ГБ — раствор сплава битума и канифоли в уайт-спирите. Поставляется в жидком состоянии. Рекомендуется для изготовления стержней 3-го класса.

Безмасляный крепитель ЗИС-раствор нефтебитума и сланцевой смолы в уайт-спирите. Состав крепителя: нефтебитум 25%, сланцевая смола 55% и уайт-спирит 20%. Крепитель не придает прочности смеси в сыром состоянии, поэтому смесь составляется из песка К016 с 6—15% полужирного песка. При использовании крепителя необходим совершенно сухой и холодный песок, так как влажность песка снижает сухую прочность стержней. Крепитель ЗИС обладает высокими технологическими свойствами, низкой стоимостью и недефицитен; рекомендуется для приготовления стержней для чугунного и стального литья.

Крепитель ГТФ — тяжелая фракция генераторной сланцевой смолы. Жидкость при температуре 30° С обладает следующими физико-механическими свойствами:

Удельный вес при 20° С	1 01—1,03
Вязкость по Энглеру при 50° С	10—20
Содержание в %, не более:	
механических примесей	2,5
серы	1,5
воды	3,5

Крепитель ГТФ рекомендуется применять взамен масляных крепителей при изготовлении стержней для чугунного, стального и цветного литья.

Крепители КД, КП-4 и КТ представляют ссбой глинисто-сульфитную эмульсию ссответствующего пека (древесного, каменноугольного и торфяного). В табл. 13 приведен состав в весовых процентах.

Таблица 13

Техническая характеристика крепителей

Состав крепителя	Название крепителя			
	КД	КП-1	КП-4	КТ
Сульфитная барда удельного веса 1,30	30	30	30	30
Формовочная глина	20	20	20	20
Количество пека	50	50	50	50
Температура плавления соответствующего пека в °С	До 100	До 70	До 60	До 45—50

По техническим условиям эмульсии должны разводиться водой в любых соотношениях. Относительная прочность смеси на 1% связующего при введении 6% крепителя и 3% воды составляет: для КД 2,4 *кг/см*^{2}, для КП-1 2,5, для КП-4 2,2 и для КТ 2,4 *кг/см*^{2}.

Пековые крепители применяют при изготовлении стержней 3-го и 4-го классов для чугунного и стального литья.

Крепитель КБ — глинисто-сульфитная эмульсия нефтяного битума следующего состава: 50% битума, 20% сульфитной барды (удельного веса 1,27—1,30), 10% торфяного пека и 20% формовочной глины.

Эмульсия — темного цвета, с запахом сульфитной барды. Эмульсия должна разводиться водой в любых соотношениях. Относительная прочность смеси, приготовленной на крепителе КБ, 2,1 *кг/см*^{2} на 1% связующего.

Крепитель КБ применяется главным образом для изготовления стержней 3-го класса.

К а н и ф о л ь сосновая — смесь смоляных кислот, получается в виде крупной стекловидной массы после отгонки летучей части естественной сосновой смолы. Канифоль находит применение как связующее для изготовления стержней 3-го класса и как вспомогательный материал, входящий в различные крепители.

Физико-механические свойства применяемой канифоли и ее состав (в %):

Температура размягчения в °С, не ниже	52
Относительная прочность в *кг/см*^{2} на 1%, не менее . .	1
Влага, не более	0,5
Зола, не более	0,07
Механические примеси, не более	0,10

Декстрин — продукт, получаемый из картофельного или маисового крахмала путем нагревания с разбавленными кислотами. Декстрин может быть белого, палевого и желтого цвета. Он различается также по своим физико-механическим свойствам. В технологической пробе белый декстрин должен обладать прочностью не менее 3 *кг/см*^{2} на 1%, а палевый и желтый — 4 *кг/см*^{2} на 1%.

Патока кормовая (меласса) — жидкие отходы свеклосахарного производства, представляющие собой водные растворы сахарозы и несахаристых веществ, перешедших в раствор в процессе переработки свеклы. Патока должна соответствовать следующим техническим условиям:

Удельный вес при 20° С, не менее	1,3
Содержание золы в %, не более	10
Содержание сухих веществ в %, не менее	50
Относительная прочность в *кг/см*^{2} на 1%, не менее . .	3,0

Литейные концентраты сульфитно-спиртовой барды применяют в сочетании с глиной или полужирными и жирными песками для изготовления стержней 4-го и 5-го классов или совместно с другими связующими для изготовления стержней 2-го и 3-го классов. Связующее обеспечивает сравнительно высокую сухую прочность и низкую газотворную способность смеси; к недостаткам следует отнести повышенную гигроскопичность, что не дает возможности хранить долгое время на складе стержни и ставить их в сырую форму более чем за 3 часа до заливки.

Концентраты сульфитно-спиртовой барды поставляют в соответствии с техническими условиями в жидком и твердом виде.

Эмульсии сульфитной барды. В лаборатории НИИЛИТМАШа разработан новый способ облагораживания сульфитной барды путем составления эмульсии с окисленным петролатумом или связующим ГТФ.

В состав связующего СП входит сульфитная барда 95% по весу и 5% окисленного петролатума. Связующее СБ содержит 80—90% сульфитной барды и 10—20% связующего ГТФ. Связующие СП и СБ могут быть использованы как для изготовления стержней, так и формовочных смесей.

Время сушки стержней на эмульсионных крепителях сокращается в 2—4 раза. Газопроницаемость смеси — не менее 100; прочность во влажном состоянии 0,15—0,35 *кг/см*^{2}, в сухом состоянии — не менее 5 *кг/см*^{2}.

Порошкообразные крепители. В последнее время появились порошкообразные крепители на основе сланцевого битума. Битумный порошок ПЕС состоит из 25% глины и 75 % сланцевого битума. Крепитель отличается свойством давать высокую прочность смеси в сыром состоянии.

Из порошков этого типа представляет интерес сплав 25% сланцевого битума и 75% пылевидного кварца. Приведенные выше кре-

пители позволяют получить смеси с небольшой газотворной способностью.

Жидкое стекло — водный раствор силикатов натрия или калия ($Na_2O \cdot n\,SiO_2$ или $K_2O \cdot n\,SiO_2$). В качестве связующего применяют натриевое жидкое стекло (ГОСТ 962-41). В смеси с кварцевым песком при температуре 200—260° С смесь высыхает в 3—4 раза быстрее смесей с другими крепителями. Жидкое стекло применяют с модулем $\left(\frac{SiO_2}{Na_2O}\right)$ 2,7—3,0 и удельным весом 1,48—1,52. Для улучшения действия связующего в смесь добавляют щелочь.

Цемент. В литейном производстве применяют как связующее цемент марок 400 и 600 для приготовления песчано-цементных форм. Смесь составляется из песка К40/70 и цемента до 12% при влажности 6—8%. Отвердевшая смесь обладает прочностью на разрыв 6—8 *кг/см*^{2}. Песчано-цементные смеси не требуют специальных сушил и обеспечивают высокую прочность. Недостатком этих смесей является то, что затвердевание их происходит в течение длительного времени.

Глина применяется как связующее в песчано-глинистых смесях.

§ 4. ИСКУССТВЕННЫЕ СМОЛЫ

Для получения тонкостенных (оболочковых) форм и быстросохнущих смесей необходимы крепители с высокими связующими свойствами. Этим требованиям отвечают искусственные смолы.

В литейном производстве искусственные смолы находят различное применение — как связующие добавки и для других целей. Наибольшее применение получили следующие смолы.

Фенольно-альдегидные, получаемые в результате процессов конденсации фенола C_6H_5OH или его гомологов, как крезол C_7H_7OH, ксиленол C_8H_9OH, с альдегидами, например формальдегидом CH_2O или аналогичными продуктами в присутствии катализаторов.

Анилино-формальдегидные смолы, получаемые при конденсации анилина $C_6H_5NH_2$ с формальдегидом.

Карбамидные смолы, получаемые при конденсации мочевины $CO(NH_2)_2$, тиомочевины $CS(NH_2)_2$ или смеси этих продуктов с формальдегидом.

Меламино-формальдегидные смолы — продукт конденсации меламина $CN \cdot NH_2$ с формальдегидом.

Стирольные смолы, получаемые при полимеризации мономера стирол C_6H_5CH.

В зависимости от процесса производства, исходных материалов и применяемых катализаторов, конденсационные смолы получаются термореактивные или термопластичные.

Термореактивные фенол-формальдегидные смолы находят применение как связующие добавки в производстве оболочковых форм.

Карбамидные смолы хорошо растворяются в воде и находят широкое применение в изготовлении быстросохнущих и самовысыхающих связующих М и МФ-17. Связующие М и МФ-17 представляют собой раствор карбамидной смолы 45—55% в воде.

Стирольные смолы используют как модельный материал или как добавки к модельному составу в производстве литых деталей по выплавляемым моделям.

В СССР производят фенольные смолы № 15, 18, 109, 113 и пульвербакелит; крезольные смолы № 20, 220, 235; фенольно-ксиленольные № 17; фенольно-анилиновые № 211, 214 и др. Все смолы, за исключением пульвербакелита, поставляют в виде кусков. Широкое применение пульвербакелита для производства оболочковых форм объясняется тем, что его поставляют в виде порошка и он не требует дополнительной подготовки при введении в формовочную смесь.

Таблица 14

Схема классификации искусственных смол

Класс	Наименование и характеристика класса смолы	Марка смолы	Область применения в литейном производстве	Скорость полимеризации в сек., не более
I	Прочносвязующие и термостойкие смолы с пределом прочности на разрыв не менее 35 *кг/см²*	Фенольные смолы № 15, 18, 113, 115, П5, пульвербакелит и смола № 2	Для металлоемких стальных и чугунных отливок и крупногабаритных отливок и цветных сплавов	90
II	Среднесвязующие смолы с пониженной термостойкостью, с пределом прочности на разрыв не менее 25 *кг/см²*	Крезольно-ксиленольные смолы № 17, 235, КФС-27 и пекофенольные	Для стальных и чугунных отливок весом менее 5 *кг*	120
III	Малосвязующие и нетермостойкие смолы с пределом прочности на разрыв не менее 15 *кг/см²*	Мочевино-формальдегидные в комбинации с фенольными и ксиленольными смолами или крепителями М, МФФ и МФ-17	Для отливок из цветного сплава с температурой плавления ниже 750° С	240

В процессе нагрева термореактивные смолы проходят три стадии:
1-я стадия — резола; в этой форме смола находится при температуре цеха, плавится при нагреве и растворяется в различных растворителях;
2-я стадия — резитола; получается при нагреве, форма твердая и нерастворима в обычных растворителях;
3-я стадия — резита; законченная форма, твердая и нерастворима в обычных растворителях.

Другим видом фенольно-альдегидных смол являются новолачные или термопластичные. Термопластичные смолы становятся термореактивными при добавлении уротропина. Изыскание новых искусственных смол, получаемых из недефицитных исходных материалов и отвечающих требованиям литейного производства, позволит расширить их применение.

В табл. 14 приведена несколько измененная схема классификации промышленных искусственных смол, применяемых в литейном производстве для оболочковых форм, предложенная НИИЛИТМАШем.

§ 5. ВЫБОР СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В формовочных смесях для отливки деталей из чугуна, медных сплавов и сплавов алюминия в форму во влажном состоянии в качестве связующего применяют глину, которая в большинстве случаев обеспечивает необходимую прочность и пластичность смеси. Для этих же металлов в случае заливки в сухие или подсушенные формы часто одна глина не может обеспечить физико-механические свойства формовочной смеси, и тогда вводят дополнительные связующие, в большинстве случаев сульфитную барду. Сульфитную барду в сочетании с глиной вводят в формовочные смеси при получении крупных чугунных отливок или отливок сложной конфигурации из сплавов алюминия и меди. При отливке стальных фасонных деталей во влажные и сухие формы в состав формовочной смеси в сочетании с огнеупорной глиной добавляют сульфитную барду в количествах в зависимости от веса отливок. При заливке металла в сухие формы сульфитную барду добавляют в смесь для увеличения прочности и улучшения других качеств формы, что можно получить за счет применения и других водорастворимых связующих (СП, декстрин и др.).

Все стержневые смеси можно разделить на две группы в зависимости от требований, предъявляемых к стержням по сырой и сухой прочности.

К 1-й группе относятся смеси с низкой сырой прочностью (до 0,15 *кг/см*^{2}) и высокой сухой (свыше 3 *кг/см*^{2}). Из этих смесей готовят стержни 1-го и 2-го классов.

Ко 2-й группе относятся смеси с высокой сырой прочностью (более 0,15 *кг/см*^{2}) и низкой сухой прочностью (менее 3 *кг/см*^{2}).

Из этих смесей готовят стержни остальных классов. Стержневые смеси 1-й группы, как правило, готовят из свежих материалов и в большинстве случаев на органических связующих.

Для изготовления стержней 1-го класса смесь составляют с различными заменителями льняного масла из связующих 1-й группы, класса А, по классификации и в исключительных, ответственных случаях применяют льняное масло. Все масляные связующие и большинство их заменителей обеспечивают прочность смеси в сыром состоянии 0,03—0,06 *кг/см*^{2} и свыше 5 *кг/см*^{2} в сухом состоянии; смеси отличаются хорошей текучестью. Это обстоятельство позволяет применять смеси с масляными связующими или их заменителями для изготовления стержней с тонкими сечениями, где нет опасности деформации стержня под действием собственного веса.

Для стержней 2-го класса в смесь часто вводят до 3% глины, что повышает сырую прочность смеси до 0,10 *кг/см*^{2} при некотором снижении сухой прочности. Для стержней 2-го класса в качестве связующих материалов целесообразно применять безмасляные крепители 1-й и 2-й групп, класса А, в сочетании со связующими класса Б (сульфитной бардой и др.).

В смесях для стержней 3-го класса увеличивают количество глины для обеспечения сырой прочности, а потому для них следует предпочитать применение связующих 3-й группы, класса А, которые в меньшей степени подвергаются вредному воздействию глины. Для этого класса стержней наибольшее применение нашли комбинированные пековые крепители типа КТ или безмасляные крепители 1-й группы, класса А, вместе с сульфитной бардой. Смеси, изготовленные на пековых крепителях, менее текучи и податливы, чем на безмасляных крепителях 1-й и 2-й групп, поэтому их нельзя рекомендовать для стержней сложной конфигурации.

В состав смесей для изготовления стержней 4-го и 5-го классов в качестве связующего вводится глина, а для повышения общей и поверхностной прочности стержней при наименьшем содержании глины в смеси вводят сульфитную барду. Глинистые смеси отличаются большой сырой прочностью — до 0,35 *кг/см*^{2} и низкой сухой — до 1,5 *кг/см*^{2}. Добавка сульфитной барды до 3% позволяет увеличить сухую прочность до 3 *кг/см*^{2} при некотором снижении сырой прочности.

Основные методы испытания связующих материалов

Технические условия на поставку связующих материалов обусловливают государственными стандартами. На заводе-потребителе обычно проверяют свойства связующих, обусловленных в технических условиях на поставку.

Определение удельного веса

Удельный вес жидких связующих определяют при помощи ареометра при температуре 20° С. Для определения удельного веса связующее наливают в стеклянный цилиндр и ставят его в сосуд с водой, температуру которой (20° С) поддерживают до конца испытания. Тот или иной тип ареометра применяют в соответствии с удельным весом связующего. Удельный вес твердых связующих определяют при помощи весов Мора и Вестфаля.

Определение вязкости

Вязкость жидкого связующего характеризует его свойства; определение степени вязкости предусмотрено техническими условиями. Существуют два способа определения вязкости: 1) по Энглеру; 2) по воронке.

Вязкость по Энглеру определяют путем деления количества секунд (показание секундомера), затраченных на истечение 200 $см^3$ связующего, на коэффициент прибора, т. е. время истечения из аппарата 200 $см^3$ воды при 20° С, выраженное в секундах. В отдельных случаях связующее испытывают при 50° С, что оговаривается техническими условиями. Вязкость связующего по воронке НИИЛК определяется при температуре 20°.

Методы испытания связующих различны в зависимости от их свойств.

Общим испытанием всех связующих материалов является технологическая проба, дающая величину удельной прочности.

Смесь для технологической пробы приготовляют в лабораторных бегунах из навески кварцевого песка 3 *кг*. Время перемешивания сухих составляющих 2 мин.; в процессе перемешивания смеси добавляют воду и жидкое связующее. Общее время перемешивания обычно составляет 10 мин. Из смеси изготовляют стандартные образцы (восьмерки) для испытания их на разрыв в сухом состоянии. Количество связующего и воды, а также продолжительность и температура сушки определяются в соответствии с техническими условиями на поставку.

В табл. 15 приведены оптимальные составы и показатели проб, изготовленных при оптимальных режимах для различных связующих.

Удельная прочность определяется по формуле

$$\sigma_{уд} = \frac{\sigma}{p}, \qquad (23)$$

где $\sigma_{уд}$ — величина удельной прочности в $кг/см^2$ на 1 %;
σ — предел прочности сухого образца в $кг/см^2$;
p — число процентов связующего материала, введенного в состав смеси.

Таблица 15

Оптимальные составы и показатели технологических проб различных связующих

Наименование связующего	Состав пробы в вес. частях			Режим сушки		Прочность в *кг/см²*	
	Песок марки 1К02	Связующее	Вода	Продолжительность в час.	Температура в °С	Сухих образцов, не менее	Относительная на 1% связующего, не менее
Льняное масло	98,5	1,5	2,0	1,0	200—220	9,0	6,0
Олифа натуральная	98,5	1,5	3,0	1,0	200—220	8,0	5,3
Олифа оксоль	98,0	2,0	2,0	1,0	200—220	7,8	3,9
Масло С	98,5	1,5	2,0	1,0	200—220	6,0	4,0
Крепитель 4ГУ (в)	98,0	2,0	2,0	1,0	200—220	7,5	3,75
„ 4ГУ (п)	98,0	2,0	2,0	1,0	200—220	4,5	3,5
„ Союзформслитье	98,0	2,0	2,0	1,5	200—220	6,2	3,1
Крепитель БМ	98,0	2,0	2,5	1,5	200—220	5,0	3,5
„ П	100,0	2,0	2,5	1,5	220—240	9,0	4,5
„ ГТФ	98,0	2,0	2,0	1,0	190—200	8,0	4,0
Бифталь	98,0	2,0	2,0	1,0	220—240	7,6	3,8
Крепитель КТ	100,0	6,0	3,0	1,0	220—230	10,0	1,7
„ КВ	100,0	4,0	—	1,0	130—140	11,2	2,8
„ 4ГВ	96,0	4,0	2,0	1,0	220—240	2,0	0,5
„ М	100,0	3,0	—	1,0	170—180	10,0	3,3
Глина	5,0	4,5	—	20 мин.	200—220	5,0	—
Крепитель МФ-17 *	100,0	2,5	—	10 »	120—180	25	10
„ ЗИЛ	97,0	3,0	—	1,75	240—250	14	—
Патока с 6% глины	92,0	2,0	4,0	1,0	150—180	3,5	1,75
Пектиновый клей	98,0	2,5	4,0	1,0	160—180	8,0	3,0
Декстрин белый	100,0	1,25	2,5	1,0	160—180	3,7	3,5
Сульфитная барда	100,0	5,6	1,0	1,0	160—180	1,6	0,3
Декстрин палевый	98,0	2,0	2,5—4,0	1,0	160—180	9,5	4,75
Жидкое стекло	94,0	6,0	—	20 мин.	200—250	15 и выше	—

* С крепителем МФ-17 добавляется 0,6%-ный раствор щавелевой кислоты.

Для связующих, содержащих в своем составе растворитель рематол, бифталь и им подобные, удельную прочность определяют по формуле с учетом количества растворителя:

$$\sigma_{уд} = \frac{\sigma \cdot 100}{p\,(100 - v)}, \qquad (24)$$

где v — содержание в связующем материале растворителя в процентах по весу.

Для определения сухой прочности применяют стандартный образец.

Экономичность применения одного или другого связующего определяется не только его стоимостью, но и его физическими и особенно технологическими свойствами. Стоимость крепителя 4ГУ или пульвербакелита высока, однако первый позволяет получать качественные тонкие стержни, а применяя второй, можно обеспечить полнейшую механизацию производства. Смеси с жидким стеклом позволяют применить углекислоту для сушки форм и стержней или заменить тепловую сушку более экономичной химической. Часто более дешевые связующие необходимо вводить в смесь в большем количестве, что увеличивает расход связующего. При выборе связующего необходимо рассмотреть весь комплекс изготовления форм или стержней, а не только его стоимость или свойства.

ГЛАВА VI

ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ И ДРУГИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 1. ПОНЯТИЕ О ПРИГАРЕ

Прочное соединение формовочной или стержневой смеси и поверхности отливки называют пригаром.

Практически различают пригар термический, получаемый вследствие применения некачественных формовочных материалов; химический, получаемый в результате взаимодействия материала формы с составляющими сплава на поверхности отливки; механический, получаемый от проникновения металла в глубину формы или стержня вследствие их излишней пористости или излишней подвижности металла. Термический и химический пригары наблюдаются на отливках из чугуна, стали и бронзы; что касается механического пригара, то он может образоваться и на отливках из других цветных металлов. Очень редко встречается пригар в чистом виде — химический или механический; чаще имеет место смешанный вид пригара.

§ 2. МЕХАНИЧЕСКИЙ ПРИГАР

В зависимости от пористости формовочной смеси и подвижности металла последний может проникать в поры формы на глубину до 50 *мм*. В результате такого проникновения металла в поры формы образуется сетка из вязкого металла с содержанием весьма твердых и хрупких зерен кварца. Удаление пригара с поверхности отливки возможно только вместе с поверхностным слоем металла отливки. Глубина просачивания металла в поры зависит от зернистости песка.

Практика показывает, что наилучшие результаты достигаются при использовании песка, зернистость которого соответствует ситам 016 и 01. В случае применения более крупного песка пригар

увеличивается вследствие увеличения пористости; если применяют песок более мелких фракций, то образуется спекание слоя песка с отливкой. Механический пригар может увеличиться при увеличении температуры заливки металла или вследствие образования легкоплавких и более подвижных химических соединений. Например, при заливке стали могут идти реакции окисления железа, соприкасающегося с воздухом с образованием закиси железа FeO, которая в соприкосновении с формой образует силикаты железа с температурой плавления 1150—1200° С. Имея низкую температуру плавления, окислы и силикаты железа могут пропикать в стенку формы даже и после образования затвердевшей корки на поверхности отливки. Наконец, повышение давления в форме также снижает огнеупорность формовочной смеси.

§ 3. ХИМИЧЕСКИЙ ПРИГАР

При разливке жидкая сталь неизбежно соприкасается с кислородом воздуха. Воздух соприкасается со струей жидкого металла во время заливки формы из ковша, которую он заполняет, и в то время, когда он выходит из гор формы.

Следовательно, в системе металл — воздух — форма возможны реакции образования закиси железа FeO или образования окислов на поверхности отливки. Действуя на зерна кварцевого песка, закись железа образует силикаты железа: метасиликаты железа $2FeO \cdot SiO_4$, $FeO \cdot SiO_2$, $Fe_2(SiO_3)_3$; ортосиликат железа $Fe(SiO_4)_3$; силикаты марганца $MnO \cdot SiO_2$, $2MnO \cdot SiO_2$.

Известен также целый ряд летучих соединений железа с окисью углерода, как $Fe(CO)$, $Fe(CO)_4$, $Fe_2(CO)_6$, $Fe_3(CO)_9$ и др. Возможны реакции между Fe_3C и FeO, как $6Fe_3C + 6FeO \rightarrow 22Fe + Fe_2(CO)_6$. Металл не смачивает зерна кварца, и поэтому чистый кварцевый песок не вызывает химического пригара. Окислы железа способны смачивать зерна кварца, что создает условия их смачивания самим металлом. Смачиваемость зерен кварца в пористой стенке формы создает условие капиллярности. Отдельные физико-химические явления в форме после ее заливки могут протекать параллельно или последовательно; например, во время заливки и в первый момент образуется FeO и MnO, затем возникают химические реакции образования силикатов железа и марганца. Кроме того, на величину пригара оказывает влияние зернистость песка и ликвация С на поверхности отливки.

§ 4. ТЕРМИЧЕСКИЙ ПРИГАР

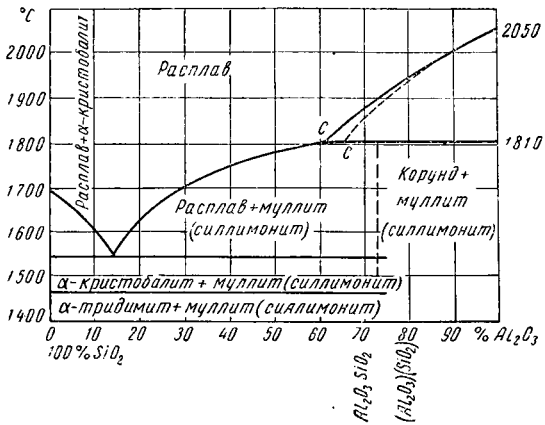
Термический пригар появляется вследствие расплавления или шлакования формовочного материала при его соприкосновении с горячим металлом и приваривании к отливке. Этот вид пригара может возникнуть в случае применения некачественных формовоч-

ных материалов, огнеупорность которых близка к температуре заливки металла или ниже.

Обычно под огнеупорностью формовочных материалов понимается их термическая стойкость в отношении шлакования или расплавления при высоких температурах.

§ 5. ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ФОРМЫ НА ПРИГАР

Температура плавления SiO_2 1760° С, Al_2O_3 2050° С. Следовательно, огнеупорность основных материалов формы вполне достаточная; однако эти материалы всегда содержат некоторое количество примесей.



Фиг. 28. Диаграмма состояния системы SiO_2 — Al_2O_3.

Из диаграммы состояния (фиг. 28) SiO_2 — Al_2O_3 видно, что при содержании 14,5—14,8% Al_2O_3 смесь имеет наиболее низкую огнеупорность. Температура плавления формовочного песка с содержанием 92—94% SiO_2 равна примерно 1770° С. Температура размягчения такого материала близка к температуре плавления. При содержании Al_2O_3 6% огнеупорность понижается, а при содержании 9,2% точка плавления снова поднимается до 1760° С.

Минимальное содержание глины и ее равномерное распределение в формовочной смеси обеспечивают достаточную огнеупорность при необходимой прочности смеси. Добавка пылевидного кварца в формовочную смесь снижает глубину просачивания металла в поры стенки формы, но вместе с этим снижает температуру спекания и газопроницаемость смеси. Следовательно, добавка пылевидного кварца в формовочную смесь будет снижать механический пригар.

Исследование влияния примесей на спекаемость и пригар формовочных смесей показывает, что увеличение окислов железа, пирита, слюды, полевого шпата, а также щелочи Na_2O, K_2O и щелочноземельных металлов MgO и CaO увеличивает пригар и является вредным в формовочных смесях. Поэтому содержание примесей $Na_2O + K_2O + MgO + CaO + Fe_2O_3 + CaO_2$ не должно превышать 1,5—2% в формовочных смесях для стального, 5% для крупного чугунного и 7% для мелкого чугунного литья. При этом содержание $Na_2O + K_2O$ допускается в пределах 0,5—1,0%, CaO 1—2% и Fe_2O_3 3—4% для всех видов литья.

Анализ причин образования пригара позволяет наметить следующие мероприятия, предупреждающие его образование:

1. Подбор песка и глины соответствующей огнеупорности в зависимости от вида литья с минимальным количеством глины в формовочной смеси. Это мероприятие является надежным средством против термического пригара.

2. Создание восстановительной атмосферы и подбор материала, входящего в смесь с минимальным содержанием примесей во избежание химического пригара в форме.

3. Введение пылевидного кварца в формовочные и стержневые смеси в допустимых количествах. Для устранения механического пригара применяют припылы, краски, натиры или уплотнение поверхности формы путем обрызгивания раствором патоки или сульфитного щелока.

§ 6. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ ДОБАВКИ В СМЕСИ

Противопригарные добавки вводят в формовочную смесь в зависимости от вида литья и толщины стенки отливки.

Каменный уголь вводится в облицовочные или единые формовочные смеси для отливки чугунных деталей. Рекомендуется применять каменный уголь следующего состава (в %):

летучие вещества, не менее	30
зола, не более	11
сера, не более	2
влажность, не более	12

Уголь вводят в виде пыли. В случае излишней влажности, препятствующей размолу, уголь подвергают сушке при температуре не более 120° С. Противопригарные свойства угольной пыли заключаются в том, что при нагревании формы жидким металлом частицы угольной пыли выделяют летучие вещества и сами сгорают с образованием CO и CO_2. Выделяемые газы образуют газовую прослойку между формовочным материалом и жидким металлом, что препятствует смачиванию зерен песка металлом, благодаря чему пригар не образуется. Кроме того, присутствие CO в форме способствует созданию восстановительной атмосферы.

При определении потребного количества каменноугольной пыли в смеси и тонкости ее помола в зависимости от толщины стенок отливок рекомендуется пользоваться данными табл. 16.

Таблица 16

Количество и тонкость помола каменноугольной пыли, рекомендуемые для отливок

Толщина стенок отливок в *мм*	Количество каменноугольной пыли в формовочной смеси в % (по весу)	№ сита (тонкость помола)
3—5	0	—
5—10	3	0063
10—25	3—4	016
25—50	4—5	02
Более 50	6—8	0315

Пек применяют взамен каменного угля. Пек способствует увеличению прочности смеси в сыром и сухом состоянии, содержит меньше золы и серы по сравнению с углем, поэтому при его использовании качество формовочной смеси будет выше. Для лучшего размола пека его часто смешивают с углем в следующей пропорции: 1 часть пека и 2—3 части каменного угля. Благодаря своим высоким качествам пек может заменить двойное количество каменноугольной пыли.

Мазут применяется только в облицовочных смесях для чугунного и бронзового литья в сырые формы. Благодаря малой зольности мазута формовочные смеси получаются более долговечными и более газопроницаемыми. Недостатком смеси с мазутом является выделение большого количества газов при заливке формы.

Пылевидный кварц прибавляется в формовочные и стержневые смеси. Пылевидный кварц заполняет поры между зернами песка, препятствует проникновению металла в стенку формы. Кроме того, отощая глину, он повышает огнеупорность смеси. Добавка в формовочную смесь некоторых связующих, например декстрина, сульфитной барды, патоки и др., также способствует получению чистой поверхности отливки.

Древесноугольная пыль. Древесноугольную пыль применяют для покрытия поверхности сырых форм при отливке тонких чугунных деталей. Для этой цели применяют уголь лиственных пород дерева; лучшим считается березовый и ольховый уголь. Куски древесного угля измельчают на бегунах или в ступе до пыли и просеивают через сито № 01. Древесноугольную пыль наносят на стенки формы путем припыливания из полотняного мешочка.

Графит — минерал, являющийся кристаллической разновидностью углерода. Существуют два вида литейного графита: графит кристаллический (серебристый) и графит скрытокристаллический в виде черного порошка.

Кристаллический графит применяют как основную часть противопригарных натирок и для припыливания поверхности сырых форм чугунного литья. Графит обладает высокой огнеупор-

ностью и плохо смачивается жидким чугуном, благодаря чему предохраняет отливку от пригара.

Черный литейный графит применяют как основной компонент в литейных противопригарных красках для чугунного литья.

Цемент. Для припыливания сырых форм при чугунном литье также применяют цемент, который при заливке формы способствует образованию корки, легко отделяемой от поверхности отливки.

Взамен графита и угля для чугунного литья можно применять эстонский сланец в виде порошка.

§ 7. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ КРАСКИ И НАТИРКИ

Противопригарные краски применяются для следующих целей: а) увеличения поверхностной прочности и предохранения от осыпаемости форм и стержней; б) обеспечения чистоты необрабатываемой поверхности отливки и в) предохранения поверхности отливки от пригара.

Повысить поверхностную прочность форм и стержней можно, применяя закрепляющие краски, обычно состоящие из водных растворов органических связующих: патоки, декстрина, сульфитного щелока, пектинового клея и других органических веществ, способных после сушки давать прочную пленку.

Закрепляющее действие этих красок заключается в том, что при нанесении их на поверхность формы или стержня они способны проникать в поры между зернами смеси и после высыхания прочно связывают их.

§ 8. СВОЙСТВА И СОСТАВЫ ФОРМОВОЧНЫХ КРАСОК

Литейные краски должны обладать следующими свойствами:

1) оставаться постоянными по своему составу в течение времени их приготовления, хранения, нанесения на форму или стержень и ожидания заливки формы;

2) хорошей кроющей способностью, без образования подтеков на окрашиваемой поверхности;

3) слой краски, нанесенный на поверхность формы или стержня, не должен трескаться при просушивании;

4) не расслаиваться при нанесении на форму или стержень и при просушивании;

5) не содержать вредных примесей и дефицитных составляющих.

Составы противопригарных красок выбираются в зависимости от вида металла, веса отливки и способа формовки.

Для крупного чугунного литья противопригарные краски обычно составляются из черного графита со связующими добавками бентонита и одного из органических крепителей. Для мелкого и среднего

чугунного литья графит заменяют углистыми материалами (каменный уголь, кокс) и пылевидным кварцем при тех же связующих, что и для крупных чугунных отливок. Для стального литья в качестве огнеупорной части краски чаще всего применяется пылевидный кварц с теми же связующими, что и для чугунного литья.

В табл. 17 и 18 приведены огнеупорные формовочные краски, нашедшие наибольшее применение в литейном производстве.

Таблица 17

Составы формовочных красок для чугунного литья (в % по весу)

Составляющие	Марка краски				
	ГБ	КПГ	КПГУ	ТБ	ТГ
Пылевидный кварц	—	34,0	34,0	—	—
Пектиновый клей	3,0	3,4	3,4	—	Патока 3,0
Мылонафт	0,2	0,2	0,2	—	—
Бентонит	3,4	3,7	3,7	4,0	3,0
Графит	53,4	17,0	9,0	—	30,0
Уголь кузнечный	—	—	9,0	—	—
Кокс	—	17,0	17,0	—	—
Тальк молотый	—	—	—	61,0	31,0
Вода	40,0	24,7	23,7	35,0	33,0
Уд. вес краски, готовой к употреблению	1,30—1,35	1,30—1,35	1,35—1,45	1,40—1,45	1,40—1,45

Примечания: 1. Состав для закрепляющих красок следующий: 25% сульфитной барды, 75% воды или 25% пектинового клея и 75% воды. Удельный вес краски 1,08—1,05.

2. Краску ТБ применяют при литье изделий из сплавов алюминия, краску ТК — при литье изделий из бронзы.

Таблица 18

Составы формовочных красок для стального литья (в % по весу)

Составляющие	Марка краски				
	СТ	СТ1	СТ2	СТ3	СТ4
Пылевидный кварц	72,0	72,0	78,0	76,0	76,0
Бентонит	1,65	3,0	3,0	3,0	3,0
Мылонафт	1,25	0,5	0,5	0,5	0,5
Вода	18,0	14,5	15,0	8,5	8,5
Связующие добавки	Пектиновый клей 7,1	Сульфитный щелок 10,0	Декстрин 3,5	Патока 12,0	Сульфитная барда 12,0
Уд. вес краски, готовой к употреблению	1,40—1,50	1,40—1,50	1,40—1,50	1,40—1,55	1,40—1,55

На заводах тяжелого машиностроения широко применяют краски для отливок из чугуна и сплавов меди состава, приведенного в табл. 19.

Таблица 19

Краски, применяемые на заводах тяжелого машиностроения

Материал	№ 1 для крупного чугунного литья	№ 2 для мелкого и среднего чугунного литья	Для отливок из сплавов меди	
			№ 1	№ 2
	% по объему			
Графит аморфный	42—46	38—39	35—40	66
Кокс молотый	30	39	29—37	—
Уголь древесный	6—7	—	13—15	—
Уголь каменный	—	12	—	—
Бентонит (или огнеупорная глина, группы В)	6—7	4—5	10	5
Тальк	—	—	—	27
Пек древесный	6—7	—	—	—
Сульфитный щелок (уд. вес 1,28—1,30)	6—7	—	5—6	—
Крепитель бифталь или 4ГУ	—	6	—	—
Декстрин	—	—	—	2

Для литья из марганцовистой стали НИИЛИТМАШ рекомендует краску следующего состава (в % по весу):

Металлургический магнезит	64,5
Бентонит	4,5
Патока (уд. веса 1,3)	10,0
Вода	21,0

Краску готовят в виде пасты, которую перед употреблением разводят водой до удельного веса 1,50—1,55. Для закрепления поверхности форм и стержней при отливке стальных деталей на некоторых заводах применяют эмульсионные краски, состоящие из 50% по весу крепителя ГТФ и 50% воды; в качестве эмульгатора добавляют 15%-ный раствор едкого натра в количестве 0,7—0,8% от веса смеси. Большой огнеупорностью отличаются краски, составленные на основе цирконового песка крупностью помола, соответствующего ситу менее 0,0063.

Когда внутренние полости литой детали или части отливки, выполненные в стержнях, требуют особой чистоты и точности размеров, то вместо краски применяют пасты. В этом случае пасту втирают в стержень ручным способом. Натирочные пасты безводные готовят из серебристого графита, 4 части которого смешивают с 1 частью растительного масла (по объему). В некоторых случаях масло заменяют сульфитным щелоком, а к графиту добавляют тальк.

После натирки стержни подвергают сушке при температуре 220—240°.

НИИЛИТМАШ рекомендует безмасляные пасты, которые можно с успехом применять в менее ответственных случаях вместо масляных; состав их следующий: тальк марки НТ — 50% (по весу); шамот — 35%; графит кристаллический (серебристый) марок КЛЗ-1 или КЛЗ-2 — 35%; глина кудиновская — 15%; полученный сухой порошок растворяется в 0,6—0,5 *л* воды на 1 *кг* сухой смеси.

После натирки стержни сушат при температуре 110—150° С в течение 15—20 мин. При нанесении пасты на горячие (после сушки) стержни дополнительной сушки их после натирки часто не требуется.

Пасты изготовляют следующим образом. Замачивают водой бентонит (в кусках) в определенном количестве в соотношении 1 : 2,5 и выдерживают в течение 1—2 суток. После замачивания смесь бентонита с водой загружают в лопастную мешалку, где она перемешивается до получения однородной массы. Затем в мешалку вводят связующую добавку. После непродолжительного перемешивания добавляют графит и другие твердые добавки, недостающее по расчету количество воды и формалин. Все компоненты, загруженные в мешалку, перемешивают до получения однородной по цвету и густоте массы.

Качество краски проверяют по отстою, для чего краску разводят до определенного удельного веса (1,40—1,45 для красок на углистых материалах и 1,60—1,65 на пылевидном кварце). Величину отстоя определяют в кубических сантиметрах за 7 час. в мерном цилиндре. Для красок на углистых материалах допускается отстой воды до 1 $см^3$, для красок на пылевидном кварце 0,5—1,5 $см^3$. Путем нанесения краски на сухой образец проверяют ее кроющую способность.

При изготовлении форм и стержней применяют модельные пудры, или припылы, которые предохраняют от прилипания смеси к модели или ящику. Для этой цели применяют тонкозернистые порошки или жидкости, не смешивающиеся с водой. Припылы должны образовывать сплошной тонкий слой на модели и хорошо приставать к стенке формы или модели.

Наилучшим припылом считается ликоподий; однако вследствие высокой стоимости ликоподий смешивают с другими более доступными материалами (пемзой) или чаще применяют заменители. НИИЛИТМАШ рекомендует искусственный ликоподий следующего состава: 100 весовых частей мраморной пудры и 3 весовые части стеарина. Употребляемую мраморную крошку сушат до влажности не более 0,5%, после чего размалывают на шаровых мельницах так, что весь помол должен проходить через сито № 01 и остаток на сите № 0063 допускается не более 10%. Мраморную пудру нагревают в смешивающем аппарате до температуры 90—100° С, затем добавляют соответствующее количество расплавленного стеарина. Путем перемешивания мраморной пудры со стеарином достигается обволаки-

вание мельчайших зерен мрамора пленкой стеарина, которая и предохраняет пудру от смачивания водой.

На некоторых заводах успешно применяли искусственный ликоподий состава: 74% сухого пылевидного кварца, проходящего через сито № 016, 23% бензина и 3% стеарина. Бензин и стеарин предварительно смешивают при температуре 45—50° С. Полученную смесь тщательно перемешивают с пылевидным кварцем, после чего просушивают при температуре 90—100° С.

Существует много припылов, изготовленных из тонкого порошка трепела, инфузорной земли, обработанных стеарином, парафином, воском или другим материалом, не смачивающимся водой. При формовке для чугунного литья рекомендуется применять древесноугольную пыль или графит.

Многие заводы применяют опрыскивание моделей или стержневых ящиков керосином или раствором парафина или стеарина в керосине. Смесь составляется из расчета на 1 *л* керосина 50 *г* стеарина или парафина, нагретых до кипения.

§ 9. ЗАМАЗКИ И КЛЕИ

Для склеивания отдельных частей стержня применяют стержневые клеи, составляемые обычно из водорастворимых крепителей и глины, бентонита или пылевидного кварца. Наибольшее применение нашли клеи следующих составов:

1) 50 частей (по весу) сульфитной барды (удельный вес 1,28—1,30), 50 частей формовочной глины и 20 частей воды; прочность этого клея на разрыв должна быть не менее 7 *кг/см*^{2};

2) 40% декстрина и 60% глины, размолотые и перемешанные в шаровой мельнице, смешивают с водой, беря 100 весовых частей полученного порошка на 65 частей воды; прочность такого клея не ниже 10 *кг/см*^{2};

3) 30—40% сульфитной барды (удельный вес 1,28—1,30), 30% порошка белого талька и 40—30% бентонита; на 100 частей такой смеси добавляют 30 частей воды (по весу).

Для склеивания сухих фигурных стержней часто применяют следующий состав клея: 1 *кг* декстрина, растворенного в 1 *л* воды при температуре 60—70° С. После склеивания стержни просушивают при температуре 160—180° С.

На Уралмашзаводе применяют клей следующего состава: 50% пылевидного кварца и 50% сульфитной барды (удельный вес 1,30). Клей обычно наносится кистью на обе половины стержня.

Для заделки швов, полученных при склеивании стержней, применяют замазки, которые способствуют хорошему заполнению тонких швов и не вызывают усадки при высушивании.

Наиболее широко применяют замазки следующего состава: 65% песка марки 2К0063, 25% серебристого графита и 15% формовочной глины, просеянной через сито № 016. После перемешивания на 1 *кг*

полученного порошка добавляют 0,3 *л* воды; для повышения пластичности часто добавляют 0,5% по весу мыльного порошка.

При заливке форм сталью находит применение замазка следующего состава: 40% огнеупорной глины, 30% пылевидного кварца и 30% кварцевого песка. Полученный порошок смешивают с 2% сульфитной барды (удельный вес 1,30) и 13% воды.

Для литья из алюминиевых сплавов находит применение замазка следующего состава: 63—70% белого талька; 36—38% песка марки П01; 1—2% декстрина и сверх 100% добавляют 1—2% сульфитной барды (удельный вес 1,30) и 30—40% воды.

Все замазки изготовляют на бегунах, а швы заделывают вручную. Кроме приведенных выше замазок, применяют декоративные замазки для заделки раковин и утяжин в неответственных местах чугунных отливок. К этим замазкам предъявляют требования прочности и хорошей прилипаемости к отливке.

В практике заводов сельскохозяйственного машиностроения находит применение декоративная замазка следующего состава: 48% желтой кристаллической серы (просеянной через сито с величиной ячеек 0,5 *мм*), 37% мелкой чугунной стружки, 15% серебристого графита.

Подогревая и перемешивая состав, получают однородную массу. Раковину или ужимину тщательно очищают железной щеткой от песка, шлака и ржавчины, затем заливают указанным составом замазки, разогретой до жидкого состояния.

Находит применение также асфальтовая мастика следующего состава (в % по весу): асфальт 14,6; битум 17,2; окись кальция 24,0; окисль магния 16,0; окись железа 2,2; глинозем 1,8; кремнекислота 5,0; углекислота 19,2.

Способ приготовления мастики следующий: 50% асфальта и битума расплавляют при температуре 180—230° С, затем в расплав при перемешивании его постепенно добавляют остальные составляющие. Способ употребления мастики такой же, как и сернистой замазки.

ГЛАВА VII

ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ, ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

В практике литейного производства существует большое разнообразие применяемых формовочных смесей; рецептура и способ приготовления их часто зависит от специфических условий данного предприятия. Однако существуют общие признаки, которые не зависят от узких специфических условий данной литейной, и это дает возможность разбить формовочные смеси на следующие группы.

1. В зависимости от класса применяемого песка смеси называются естественными или синтетическими.

Естественными называют смеси, приготовленные из песка, содержащего требуемое количество глины. Смеси, составленные из кварцевого песка с добавкой глины или из разных классов песка, относятся к синтетическим.

2. В зависимости от срока службы различают формовочные смеси для полупостоянных форм и смеси для разовых форм.

3. По способу использования форм различают смеси: для заливки по-сыроМу или во влажные формы, по-сухому или в просушенные формы, с поверхностным упрочнением, с подсушенной поверхностью и самовысыхающие.

4. В зависимости от металла, заливаемого в форму, различают смеси: для чугуна, для стали и для цветных металлов и сплавов.

Для различных марок чугуна, стали, а также цветных металлов необходимы соответствующие формовочные смеси, состав и свойства которых должны быть предусмотрены в каждом отдельном случае.

5. В зависимости от веса отливки, а также толщины ее стенки различают формовочные смеси для мелкого, среднего и крупного литья.

6. В зависимости от характера использования, смеси делятся на единые, облицовочные и наполнительные.

Полупостоянные формы имеют ограниченное применение; формовочные смеси для полупостоянных форм составляют из 70—85% шамота и 15—30% огнеупорной глины. Основную массу деталей машин и приборов отливают в песчано-глинистые формы во влажном состоянии. Вследствие большого разнообразия деталей по конструкции, весу, размерам и химическому составу заливаемого металла приготовляют разнообразные формовочные смеси, отвечающие требованиям заливаемого металла и обеспечивающие получение качественных отливок.

Формовку всырую можно с успехом применять для литья деталей мелкого и среднего веса из любого металла при условии, если приготовлена соответствующая формовочная смесь для данного вида литья из качественных и хорошо подготовленных материалов.

При формовке всырую значение имеют показатели прочности, газопроницаемости и влажности смеси. Известно, что эти показатели взаимно связаны и зависят от составляющих смеси.

При формовке всырую следует стремиться к получению нужной прочности смеси при минимальных количествах глины и влажности. Влажность зависит в основном от количества глинистых составляющих в смеси; следовательно, в первую очередь следует контролиро-

вать содержание глины. Учитывая, что при излишней влажности в процессе заливки могут возникать вскипы и образовываться газовые раковины, необходимо стремиться к минимальной влажности смеси (желательно 4—5%).

Литье в сухую или подсушенную форму применяют обычно при изготовлении деталей большого веса и размеров или в тех случаях, когда в сырых формах не удается получить качественную отливку. Крупные и сложной конфигурации отливки требуют большой прочности и газопроницаемости формы при минимальном выделении паров воды, чего не обеспечивает сырая форма.

Смеси для формовки всухую имеют бóльшую прочность и газопроницаемость в сухом состоянии, чем в сыром. Прочность таких смесей в сыром состоянии не отличается от прочности смесей для формовки всырую. Прочность сухой или подсушенной формы увеличивается за счет повышенного количества глины или введения водорастворимых связующих добавок (сульфитная барда, крепитель СП, СБ, КТ или жидкое стекло). Увеличенное количество глины в смеси может создавать затруднения для усадки отливки при остывании, что ведет к образованию в ней трещин.

Для обеспечения податливости формы при усадке металла в смесь вводят выгорающие добавки (опилки, навоз и др.). В смеси для заливки по-сухому нельзя вводить противопригарные газообразующие добавки (каменноугольную пыль и др.), так как выделяемые газы в этом случае будут увеличивать опасность получения газовых раковин.

В связи с необходимостью сушки или подсушивания форм возникают дополнительные средства на их изготовление, а также на вспомогательные устройства — сушила, транспорт и пр. Поэтому формовку по-сухому следует применять только в том случае, когда нет возможности получить качественные отливки во влажных формах. Следует также учитывать, что применение подсушенных форм обычно экономически выгоднее сухих.

В условиях машинной формовки массового и крупносерийного производства отливок применяют единые смеси, свойства которых близки к облицовочным. В условиях мелкосерийного и индивидуального литья из чугуна, стали и сплавов меди обычно применяются облицовочные смеси.

§ 2. ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЧУГУННОГО ЛИТЬЯ

Выбор формовочной смеси для чугунного литья определяется весом отливки, толщиной ее стенки, а также технологией изготовления формы. В зависимости от наличия исходных материалов, и особенно состава песков и глины вблизи расположенных карьеров, формовочные смеси часто имеют значительные отклонения от типовых смесей, приведенных в табл. 20. Особенно значительно может меняться количество отработавшей смеси, а следовательно, и свежих материалов в облицовочных смесях.

Таблица 20

Рекомендуемые типовые составы формовочных смесей для чугунного литья

Назначение смеси	Характеристика отливок			Характеристика смеси				Состав смеси в % (по весу)						
								Облицовочная смесь				Единая смесь		
	Вес в *кг*	Толщина стенки в *мм*	Зерновой состав	Содержание глинистой составляющей в %	Газопроницаемость в сыром состоянии	Прочность на сжатие в сыром состоянии	Влажность в %	Отработавшая смесь	Свежие материалы	Каменный уголь	Древесные опилки	Отработавшая смесь	Свежие материалы	Каменный уголь
Для отливки всырую	До 20	До 10	01А	8—10	25—35	0,30—0,50	4,0—5,5	78—59	20—38	2—3	—	96,5—94,5	3—5	0,5
		Больше 10	016А	8—10	30—50	0,30—0,50	4,0—5,5	78—59	20—38	2—3	—	96,5—94,5	3—5	0,5
	20—200	До 25	016А	7—10	40—60	0,30—0,50	4,0—5,5	75—45	22—51	3—4	—	94,3—92,3	5—7	0,7
		Больше 25	02Б	8—10	50—70	0,30—0,50	4,0—5,5	75—45	21—50	4—5	—	93,2—89,2	6—10	0,8
	200—1000	До 40	02Б	9—11	60—80	0,40—0,60	4,5—6,0	70—40	26—55	4—5	—	91,0—86,8	8—12	1,0—1,2
		Больше 40	02А 0315Б	10—12	70—100	0,45—0,70	4,5—6,5	70—40	25—52	5—8	—	88,8—83,5	10—15	1,2—1,5
	1000—5000	До 50	02А 0315А	11—13	100—200	0,50—0,80	5,0—7,0	60—40	34—52	6—8	—	—	—	—
		Больше 50	0315Б 04А	12—14	100—130	0,60—0,80	5,0—7,0	60—40	34—52	6—8	—	—	—	—
Для отливки всухую	До 100	—	02А 0315А	12—14	60—80	0,50—0,80	6,0—7,0	70—40	27—57	—	0,3	—	—	—
	Больше 100	—	0315Б 04А	12—16	80—100	0,50—0,80	6,0—8,0	60—35	37—62	—	0,3	—	—	—
	До 2000	До 30	0315Б 02А	12—14	70	0,50—0,65	7,0—8,0	60—50	28—40	—	10—12	—	—	—
	2000—15 000	До 50	04А 0315Б	14—16	70	0,65—0,80	7,0—8,0	50—40	38—50	—	10—12	—	—	—
Для формовки всухую крупного фасонного литья	10 000—30 000	До 60	04А 0315Б	—	—	На разрыв в сухом состоянии 1,5—2,5	12—16	20	Песок 47, глина 20	—	13	Смеси применяются для кирпичной кладки форм и стержней		
	10 000—50 000	Больше 60	04А 0315Б	—	—	На разрыв в сухом состоянии 1,5—2,5	12—16	20	Песок 43—42, глина 20	Кокс 4—5	13			

При отсутствии электромагнитной сепарации и излишней запыленности количество отработавшей смеси берется минимальным. В табл. 20 типовых составов смесей верхние пределы даны для хорошо подготовленной и нижние пределы — для не вполне подготовленной отработавшей смеси.

Большое содержание отработавшей смеси в единых смесях объясняется тем, что их обычно применяют в механизированных литейных при машинной формовке, в которых отработавшая смесь тщательно перерабатывается и поэтому имеет более высокое качество.

Чугунное литье в сырые формы ограничивается отливками весом примерно до 1000 *кг*. Детали большого веса отливают в сухие или подсушенные формы. Для формовки всырую рекомендуется применять жирные глины или бентонит, а для формовки всухую — отощенные глины. При литье чугуна в сырые формы целесообразно ограничивать газопроницаемость как в нижнем, так и в верхнем пределе. Недостаточная газопроницаемость смеси ведет к «кипению» металла и газовым раковинам. Излишняя газопроницаемость формы не позволяет использовать давление газов для получения более плотного чугунного литья.

Для особо тонкого литья часто необходима повышенная податливость смеси, что можно получить снижением количества глины при уменьшении прочности до 0,2 *кг/см*^{2}.

Смеси для формовки всухую обладают повышенной прочностью в сухих образцах и пониженной податливостью. Для увеличения податливости в смесь добавляют опилки.

Применяют опилки с влажностью около 20%, просеянные через сито с ячейками 4 *мм*, а если необходимо получить особо гладкую поверхность отливки, то применяют мелкие опилки или древесную муку. Слишком сухие опилки могут вызвать коробление формы и стержней.

Технология литья в подсушенные формы является более прогрессивной; она позволяет сократить время высушивания форм и расход топлива. В ряде случаев создаются условия для организации потока при изготовлении форм для индивидуального и мелкосерийного литья.

§ 3. ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Температура стали при заливке в формы свыше 1500° С, что значительно превышает температуру чугуна при заливке. Высокая температура заливаемого металла делает затруднительным получение чистой поверхности отливки.

Формовочные смеси для стального литья обычно составляют из песков класса 1К или 2К с содержанием SiO_2 не менее 95% и глины 1-го сорта; не допускаются углистые добавки. Очень редко встречаются глинистые пески с высокой огнеупорностью, пригодные для производства стальных отливок.

Таблица 21

Рекомендуемые типовые составы формовочных смесей для углеродистого стального литья

Наименование смеси	Толщина стенки в *мм*	Характеристика смеси				Влажность в %	Состав смеси в % (по весу)			
		Зерновой состав	Содержание глинистой составляющей в %	Газопроницаемость	Прочность на сжатие в сыром состоянии в *кг/см²*		Отработавшая смесь	Кварцевый песок	Глина	Сульфитная барда
Облицовочная для формовки всырую отливок весом до 100 *кг*	До 25	016А 02Б 02А	8—10	80—100	0,30—0,50	3,5—4,5	80—40	16,5—53,0	3—6,5	До 0,5
То же, для отливок весом 100—500 *кг*	До 25	02Б 02А	10—12	100—120	0,40—0,60	4,0—5,0	75—40	20,5—51,5	4—8	До 0,5
То же, для отливок весом более 500 *кг*	До 25	02А 0315Б	11—13	100—130	0,50—0,70	4,5—5,5	60—40	33,5—51,0	6—8,5	До 0,5
Облицовочная для формовки всухую отливок весом до 5000 *кг*	До 50	02А	12—14	70—100	0,50—0,70, на разрыв всухую 0,80—1,20	5,0—7,0	80—40	15,5—50,5	4—9	До 0,5
То же, весом больше 5000 *кг*	До 50	02А 0315Б	12—14	100—120	0,50—0,80, на разрыв всухую 1,00—1,50	5,0—8,0	60—40	33,0—49,5	6,5—9	До 0,5—1,5
То же, для среднего и крупного литья весом до 10 000 *кг*	До 50	0315Б 02А	12—15	Не менее 80	0,55—0,65	6,0—7,0	Песок и глина 100%			
То же, для крупного литья весом от 10 000 до 30 000 *кг*	До 80	0315Б 02А	12—15	Не менее 50	0,55—0,65	6,0—7,0	Пылевидный кварц 20%, песок и глина 80%			
Для отливок, склонных к горячим трещинам	До 80	02А 0315Б	12—14	70—100	0,35—0,60	5,0—7,0	Древесные опилки 80—40	12,5—45,5	4—9	2,4—1,5
Единая смесь для формовки всырую отливок весом до 100 *кг*	До 25	016 02Б 02А	8—10	80—100	0,30—0,50	3,4—4,5	92—90	6,5—8,0	—	1,5—2,0

Большое количество мелких фасонных стальных деталей отливают во влажные формы. Количество отливок, залитых во влажные формы, все время возрастает и очень часто за счет отказа от применения сухих форм.

При формовке всырую следует уделять особое внимание подбору исходных материалов, а также более тщательно контролировать влажность, газопроницаемость и прочность смеси.

Контроль следует вести примерно через каждые два замеса, до подачи на рабочее место.

При формовке всырую желательно вместо глины в смесь вводить бентонит, потребность в котором в 2—3 раза меньше, чем глины, при одинаковой прочности смеси. Следовательно, 4% бентонита могут заменить 12% глины. Снижение количества глины в смеси увеличивает ее газопроницаемость, текучесть и создает условия замедленного накопления пыли.

В смесях для формовки деталей малого и среднего веса следует отдавать предпочтение пескам зернистостью 016А и 02А. Применение более крупного песка дает более грубую поверхность отливки. Для получения гладкой поверхности отливки в смеси из крупных песков рекомендуется добавлять до 20% пылевидного кварца при условии обеспечения достаточной ее газопроницаемости. При формовке всухую можно употреблять песок класса 3К, но в этом случае следует обращать особое внимание на подбор и нанесение противопригарной краски на поверхность формы. В табл. 21 приведены наиболее распространенные формовочные смеси для стального фасонного литья.

§ 4. БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЧУГУННОГО И СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Применение быстротвердеющих облицовочных смесей позволяет сократить время сушки верхнего слоя формы. В последнем случае сушится не вся форма, а только слой толщиной 20—50 *мм*, прилегающий непосредственно к отливке.

Наибольшее распространение получили смеси, разработанные НИИЛИТМАШем, с быстротвердеющим связующим СП и СБ. Многие литейные применяют связующие КТ или МФ-17 в сочетании с сульфитной бардой и, наконец, в качестве быстротвердеющего связующего широко применяют жидкое стекло. Смеси с жидким стеклом позволяют применять химическую сушку при помощи обработки форм или стержней углекислотой. В этом случае подсушивание формы идет по схеме

$$Na_2SiO_3 + H_2O + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2SiO_3 — (n — 1)\,H_2O.$$

Образование соды и кремнекислоты происходит в течение десятых долей секунды, а общее время сушки сокращается.

В табл. 22 приведены рекомендуемые составы быстротвердеющих смесей для чугунного и стального литья. При формовке с быстротвердеющими смесями облицовочный слой равномерно распределяется по поверхности модели толщиной 20—50 *мм* в зависимости от толщины стенки и веса отливки.

Таблица 22

Рекомендуемые составы быстротвердеющих смесей

Наименование смеси	Характеристика смеси				Состав смеси в % (по весу)			
	Газопроницаемость	Прочность в *кг/см²*: на сжатие в сыром состоянии	Прочность в *кг/см²*: на разрыв в сухом состоянии	Влажность %	Отработавшая смесь	Кварцевый песок	Глина	Связующее
Облицовочная смесь для чугунного литья	100	0,25—0,35	3,0	4—5	48—45	3К02А 48—50	4—5	СП или СБ 2,5—3,0
Облицовочная смесь для чугунного литья	60	0,30—0,40	3,0	4—5	50—48	3К02А 48—50	1,5—2,0	Крепитель КТ 1,5—2,0 Сульфитная барда 1,0—1,5
Облицовочная смесь для чугунного и стального литья	150	0,15—0,30	7—12	2,4—3,0	—	2К02А 95—97	5—3	Жидкое стекло 5,0—5,5 Мазут 0,5
То же	100	0,20—0,35	4—15	3—5	40	55, пылевидный кварц 5%		Жидкое стекло 6,0, мазут 0,3

Примечания: 1. Для ускорения процесса высыхания в смеси с жидким стеклом добавляют 0,75—1,0% 10%-ного раствора NaOH.
2. Для стального литья употребляют песок марки 1К02А.

Остальная часть формы заполняется наполнительной смесью. После отделки формы окрашивают противопригарной краской и подсушивают в стационарных или переносных сушилах.

§ 5. ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЦВЕТНОГО ЛИТЬЯ

Температура заливки медных сплавов не превышает 1100° С, а сплавов алюминия 750° С; поэтому огнеупорность формовочной смеси не имеет такого значения, как для формовочных смесей чугуна

Таблица 23

Рекомендуемые типовые составы формовочных смесей для цветного литья

Название смеси	Состав смеси в % (по весу)			Характеристика смеси					
	Отработавшая смесь	Свежие материалы	Прочие добавки	Влажность в %	Зерновой состав	Содержание глинистой составляющей в %	Газопроницаемость, не менее	Прочность в кг/см²	
								сырых образцов на сжатие	сухих образцов на разрыв
Единая смесь для литья медных сплавов всырую	82—88,5	7—10	Мазут 1—1,5	4,5—5,5	016А, 01А	8—12	30	0,30—0,50	—
Облицовочная смесь для литья медных сплавов всырую	80—40	18,5—59	Мазут 1,5—1,0	4,5—5,5	016А, 01А	8—12	30	0,30—0,50	—
То же, всухую	80—60	20—40	—	5,5—7,0	016А	10—15	30	0,40—0,60	0,80—1,20
Единая смесь для литья алюминиевых сплавов всырую	92—90	8—10	—	4,5—5,5	01А	8—10	20	0,30—0,50	—
Облицовочная смесь для литья алюминиевых сплавов всырую	80—60	20—40	—	4—5	01А	8—12	20	0,30—0,50	—
То же, всухую	80—60	19,5—39	Сульфитная барда 0,5—1,0	5—6	01А	8—12	20	0,40—0,60	0,70—1,20
Формовочная смесь для отливок из сплавов магния	95—85	5—15	Фтористая присадка 5,0—9,0	5,0—6,5	01А, 0063А	—	20—40	0,60—1,15	—
То же	90—85	10—15	Фтористая присадка 4,0—8,0	4,5—6,0	01А, 0063А	—	30—70	0,40—0,80	—
	90—85	10—15	Фтористая присадка 4,0—8,0 Сульфитная барда 1,0—3,0	4,5—6,0	02Б,016А, 01А	—	30—70	0,40—0,80	—

и стали. В цветном литье обычно предъявляют повышенные требования к чистоте поверхности отливки. Поэтому целесообразно использовать формовочные смеси с большим содержанием отработавшей смеси или употреблять глинистые пески класса П (табл. 23). В смеси для отливки во влажную форму медных сплавов в виде противопригарной добавки вводится 1,0—1,5% мазута.

Формовочные смеси для сплавов алюминия обычно обновляются глинистым песком П01А или П0063А. Часто применяется смесь состава: 85,0—95,0% отработавшей смеси и 15—5,0% песка П01А или 0063А. При влажности 5,0—7,0% смесь обладает газопроницаемостью 20—40, прочностью на сжатие сырого образца 0,6—1,0 *кг/см*^{2}.

Отработавшую смесь можно заменить целиком полужирным песком. В более ответственных случаях применяют смесь: отработавшей смеси или песка П101А или П005А 85—90% и освежающей смеси 15—10%. Освежающая смесь состоит из 40—60% песка 1К02Б или 1К016А и 40—60% песка П01А. При влажности 4,0—6,0% смесь обладает газопроницаемостью 30—70 и прочностью сырого образца 0,4—0,8 *кг/см*^{2}.

Формовочные смеси для сплавов магния должны содержать оптимальное количество защитных присадок, защищающих от окисления сплав в процессе его заливки и во время затвердевания отливок в форме. Наряду с этим смесь должна быть инертной по отношению

Таблица 24

Рекомендуемые нормативы на наполнительные смеси

Наименование смеси	Состав смеси в % (по объему)			Характеристика смеси		
	Отработавшая смесь	Свежие материалы	Древесные опилки	Влажность в %	Газопроницаемость, не менее	Прочность на сжатие в *кг/см*^{2} во влажном состоянии
Для заливки чугунного литья всырую	100—97	0—3	—	5,0—5,5	60	0,25—0,35
То же, всухую	100—95	0—5	—	6,0—7,0	80	0,35—0,45
Для заливки стального литья всырую	100—97	0—3	—	5,0—5,5	90	0,30—0,40
То же, всухую	100—95	0—5	—	6,0—7,0	90	0,35—0,45
Опилочная для заливки стального литья всухую	80—75	0—5	20	6,0—7,0	—	0,25—0,35
То же, особо податливая	50—45	0—5	50	7,0—8,0	—	0,35—0,45
Для отливки бронзового и латунного литья всырую	100—97	0—3	—	5,0—5,5	30	0,30—0,45
То же, всухую	100—95	0—5	—	6,0—7,0	30	0,35—0,50
Для отливки силуминного литья всырую . .	100—97	0—3	—	4,5—5,0	50	0,30—0,40
То же, всухую	100—96	0—4	—	6,0—7,0	50	0,35—0,45

к магнию и не содержать посторонних включений в виде угля, сланцев, перегноя и пр., вызывающих газовые раковины и другие пороки отливок. В качестве защитных присадок для формовочных и стержневых смесей применяют фтористую присадку 5—8% или 4—5% борной кислоты, или серный цвет. Смеси для сплавов магния приготовляются из песка П01А (40—60%) и К02Б (60—40%). Количество добавляемой фтористой присадки зависит от толщины стенки и веса отливки, а также от влажности в помещении литейного цеха. При повышенной относительной влажности в цехе фтористую присадку вводят, придерживаясь верхнего допустимого предела ее содержания. При отливке крупных деталей с толщиной стенки более 30 *мм* в формовочную смесь дополнительно добавляют 2—3% серного цвета. Влажность смеси в зимнее время поддерживается на нижнем пределе, а в летнее — на верхнем.

Наиболее распространенные наполнительные смеси приведены в табл. 24.

§ 6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ

Песчано-цементные смеси. При литье деталей среднего и крупного веса в сухих формах находят применение песчано-цементные облицовочные смеси. Такие смеси способны твердеть на воздухе, и при их применении нет надобности в специальных сушильных устройствах. Время затвердевания форм составляет 24—72 часа в зависимости от размеров формы и температуры в помещении. Время затвердевания может быть снижено до 8—12 час. под воздействием углекислоты.

К недостаткам песчано-цементных смесей следует отнести:

1) потребность в средствах, необходимых для изоляции участка формовки с применением песчано-цементных смесей (во избежание перемешивания этой смеси с другими);

2) низкую сырую прочность смеси, что затрудняет формовку и отделку форм;

3) необходимость немедленного изготовления форм или стержней, так как при длительном хранении смеси цемент приходит во взаимодействие с водой и смесь затвердевает.

В табл. 25 приведены рекомендуемые составы песчано-цементных смесей.

При необходимости увеличения теплопроводности в формовочную или стержневую смесь может быть добавлена чугунная стружка до 25—30% (по объему). Теплопроводность песчано-глинистой смеси при этом повышается в 3—4 раза.

Для отливки крупных стальных фасонных деталей используют облицовочную формовочную смесь из хромистого железняка и воды (6—7%). Смесь приобретает прочность 0,50—0,55 *кг/см*^{2} без добавки связующих. Добавка кварцевого песка снижает прочность смеси.

Для этих же отливок в последнее время находит применение циркоковая смесь следующего состава: 100 частей (по весу) цирконового

Таблица 25

Рекомендуемые составы облицовочных песчано-цементных формовочных смесей

Вид литья	Характеристика смеси					Состав смеси в % (по весу)			Продолжительность затвердевания в час.
	Зерновой состав	Газопроницаемость	Прочность в *кг/см²*		Влажность в %	Отработавшая смесь	Кварцевый песок	Портланд цемент марки 400—600	
			на сжатие во влажном состоянии	на сжатие после затвердевания на воздухе в течение 24 час. при 15—20° С					
Особо тяжелое и сложное стальное	0315А	250	0,10—0,11	5—6	6,0—7,5	—	88—90	10—12	50—70
Тяжелое машинное стальное	0315А, 02А	200	0,12—0,13	3—4	5,0—6,0	30	61—62	8—9	До 48
Особо крупное цилиндровое и другое чугунное	02А	250	0,12—0,13	5—6	6,0—7,0	30	59—60	10—11	50—70
Чугунное (весом 1—3 *т*) . . .	0315А	150	0,12—0,13	3—4	5,0—6,0	50	41—42	8—9	До 36
Крупное бронзовое (весом более 1 *т*) . . .	02А	100	0,11—0,13	3—4	5,0—6,0	60	30—32	8—10	50—70
Разное бронзовое (арматура) . .	02А	80	0,10—0,12	3,0—3,5	4,0—5,0	60	32—33	7—8	До 30

песка; 2,25 части бентонита; 0,5 части кукурузной муки; 3 части воды. Прочность на сжатие смеси во влажном состоянии 0,39 0,45 *кг/см²*.

§ 7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Технологический процесс приготовления формовочных смесей складывается из следующих операций: а) предварительная подготовка свежих материалов и добавок; б) предварительная обработка отработавшей смеси; в) приготовление смеси из предварительно подготовленных исходных материалов.

Предварительная подготовка кварцевых и глинистых песков заключается в их сушке и просеивании. Для сушки при температуре 250° С могут применяться печи любой конструкции. Находят применение сушильные плиты, трубчатые, горизонтальные и вертикальные печи.

Для просеивания формовочных материалов применяются качающиеся шестигранные и ударно-вибрационные сита. Производительность качающихся сит невелика, и поэтому их применяют в неболь-

ших литейных цехах или при индивидуальной формовке для приготовления смеси на месте формовки.

Барабанные сита делятся на круглые и многогранные. В литейном производстве находят широкое применение шестигранные сита.

Вибрационные сита представляют собой плоские сита с колебаниями, главным образом перпендикулярными к плоскости сетки. Существуют ударные и инерционные вибрационные сита. Для литейного производства наиболее подходящими следует считать инерционные сита с колебанием сетки на раме, как наиболее надежные в работе.

Кроме просеивания, в целях удаления частиц металла, формовочных гвоздей и пр. отработавшую смесь подвергают электромагнитной сепарации.

Некоторые материалы (глина, уголь, глинистый песок и др.) поступают в литейную в виде кусков. Такие материалы подвергают дроблению и истиранию до порошка требуемой зернистости. Грубое измельчение или дробление осуществляют на щековых, вальцовых или молотковых дробилках. Для тонкого размельчения или размалывания применяют размалывающие бегуны или шаровые мельницы.

Отработавшую смесь подвергают обработке: дроблению, сепарации и просеиванию. Глину добавляют в смесь в виде тонкоразмолотого порошка или в виде суспензии. При наличии соответствующих дробилок, мельниц и сушил глину готовят для смеси в виде порошка. При отсутствии специальных сушил глину можно высушить в сушилах для форм и стержней. Глину в смесь добавляют в количестве, достаточном для обеспечения прочности; однако следует учитывать, что чем мельче размолота глина, тем меньше ее следует вводить в смесь.

Подготовка водной суспензии из глины заключается в том, что куски глины без предварительной подготовки замачивают небольшим количеством воды в специально установленном для этой цели баке, за несколько часов до ее употребления. Во время замачивания глина набухает, куски размягчаются, и получается глинистая паста. После замачивания глину в виде пасты загружают в лопастную мешалку, куда добавляют в определенном количестве воду, и все это тщательно перемешивают. В результате перемешивания получается глинистая суспензия с примерным содержанием глины 30—50 % (в пересчете на сухую глину) с удельным весом 1,2—1,8. Приготовленную жидкую глину добавляют в формовочную смесь вместо порошковой глины. Техника добавления жидкой глины в смесь не представляет каких-либо затруднений при любом количестве изготовления смеси. Глину в жидком виде (в пересчете на сухую) следует вводить в смесь примерно на 20% меньше, чем в виде порошка. Способ введения в смесь глины в жидком виде исключает операции по размельчению и сушке глины и улучшает условия труда, так как при изготовлении ее не образуется пыль, улучшается качество смеси,

потому что глина полностью набухает до введения в смесь, вследствие чего она быстрее и лучше обволакивает зерна песка.

Последний способ введения в смесь глины следует особенно рекомендовать в небольших и недостаточно механизированных литейных.

Каменный уголь и пеки вводят в смесь для чугунного литья в размолотом виде и просеянные через сито.

Пылевидный кварц и органические связующие не требуют какой-либо предварительной подготовки. Жидкая сульфитная барда, обычно с удельным весом 1,27—1,30, добавляется в формовочную смесь без предварительной подготовки. Твердые концентраты сульфитной барды должны быть предварительно растворены в воде до удельного веса 1,27—1,30.

Рабочую формовочную смесь составляют из ранее подготовленных исходных материалов. Перемешивание и увлажнение смеси — важные процессы при ее составлении. Хорошее перемешивание смеси необходимо для равномерного распределения ее составляющих. В процессе перемешивания связующие или глина обволакивают зерна песка, разрушаются комья отдельных материалов и равномерно распределяется влага. Хорошо перемешанная смесь обладает максимальной прочностью и газопроницаемостью. Для перемешивания смеси применяют лопаточные смесители или смешивающие бегуны.

Порядок загрузки исходных материалов смеси в смешивающие бегуны такой же, как и в лопаточные смесители; первыми загружают сухие материалы — отработавшую смесь, песок и глину в порошке. Затем сухую смесь перемешивают примерно 1—3 мин., после чего ее смачивают водой. Если добавляют глину не в порошке, а в жидком виде, то влажность смеси регулируют путем добавления раствора глины и воды. Затем смесь еще раз перемешивают в течение нескольких минут. Обычно последними загружают связующие. Время перемешивания формовочной смеси составляет для наполнительной смеси 3 мин., для единой смеси 3—5 мин. и для облицовочной 6—12 мин. На маятниковых смешивающих бегунах цикл перемешивания занимает 1—1,5 мин.

При изготовлении быстросохнущих облицовочных смесей порядок загрузки и время перемешивания имеют особое значение для их качества.

Перемешивание быстросохнущих смесей обычно происходит в смешивающих бегунах. Смеси со связующими СП и СБ готовят в следующем порядке. В бегуны загружают сухие материалы (отработавшую смесь, глину, песок и пр.), которые перемешивают в течение 5 мин., а затем загружают крепитель и воду и все это продолжают перемешивать еще 10 мин.

При изготовлении быстросохнущих смесей с жидким стеклом сначала загружают песок и глину и перемешивают 3 мин., затем добавляют едкий натр и смесь перемешивают еще 3 мин., после чего добавляют жидкое стекло и смесь опять перемешивают 15 мин.;

наконец, добавляют мазут и смесь опять перемешивают в течение 5 мин. После перемешивания смесь должна вылежаться в течение нескольких часов до употребления.

Полученная после перемешивания смесь неоднородна по плотности и частично состоит из плоских спрессованных комьев. Газопроницаемость такой смеси низкая, а прочность мала и неравномерна. Для получения качественной формы необходимо, чтобы формовочная смесь была рыхлой, однородной плотности. Такого состояния смеси достигают путем рыхления ее после выпуска из бегунов. Для рыхления смеси применяют дисковые, лопастные или ленточные разрыхлители.

При массовом и крупносерийном производстве для приготовления формовочных смесей применяют центральную смесеприготовительную установку, состоящую из смешивающих бегунов или смесителей и разрыхлителей, оборудованных транспортерами, бункерами и дозаторами для загрузки и передачи смеси в процессе ее обработки. Автоматизированные центральные землеприготовительные установки применяют для приготовления единой наполнительной и облицовочной смеси. Приготовленную смесь из центрального землеприготовительного отделения передают с помощью транспортеров в бункеры, где она вылеживается в течение 1—2 час. до ее употребления.

§ 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

П р о ч н о с т ь. Следует различать прочность стержней в сыром и сухом состоянии. Сырую прочность стержней проверяют на сжатие в *кг/см*^{2}. Прочность в сыром состоянии должна соответствовать классу стержня и составлять 0,03—0,06 *кг/см*^{2} для 1-го класса и и до 0,5 *кг/см*^{2} для стержней 5-го класса, причем для одного и того же класса требования к сырой прочности могут быть различными в зависимости от массы стержня.

Различают общую сухую прочность и поверхностную прочность стержня, которые не всегда находятся в зависимости друг от друга.

О б щ а я п р о ч н о с т ь с т е р ж н я должна быть такой, чтобы он мог выдержать давление металла при заливке формы. Поверхностная прочность стержня должна быть достаточна для сопротивления давлению струи металла, а также разрушениям при транспортировке и сборке форм.

Практика показывает, что добавление сульфитной барды до 3% в смесь с другими связующими повышает общую прочность стержня, а свыше 3% — на прочность особого влияния не оказывает.

Г л и н а оказывает влияние как на сухую, так и на сырую прочность стержней. Во всех случаях с увеличением количества глины в смеси увеличивается сырая прочность стержней. Что касается сухой прочности, то ее влияние зависит от применяемого связующего. При изготовлении стержней на водных связующих с увеличением глины в смеси прочность стержней увеличивается; если же стержни

изготовлены на неводных связующих, то с увеличением глины в смеси сухая прочность их во многих случаях падает. Опыт показывает, что безводные стержневые смеси с крепителями 1-й группы класса А, как правило, обладают большей сухой прочностью, чем в присутствии влаги; однако таким смесям присущи существенные недостатки, проявляющиеся при сушке.

Благодаря отсутствию влаги поверхность такого стержня не охлаждается парами воды, что имеет место в случае присутствия в стержне влаги. При сушке необходим тщательный контроль температуры, в противном случае возможен пережог стержня.

По условиям сушки стержней смеси должны содержать небольшое количество влаги. Для стержней 1-го, 2-го и 3-го классов они содержат от 2 до 4% влаги и для стержней 4-го и 5-го классов — до 6%.

Смеси, составленные на масляных связующих, обладают более высокой текучестью (заполняемостью стержневого ящика), чем смеси изготовленные на водорастворимых связующих. Увеличение содержания глины и влаги в стержневой смеси снижает их текучесть.

Прилипаемость стержневой смеси к ящику зависит от свойств связующего и содержания в смесях жидкостей, смачивающих поверхность ящика, что приводит к увеличению сил сцепления между поверхностью ящика и зернами песка. Для уменьшения прилипаемости следует ограничивать количество вводимой в смесь влаги. Присутствие глины в смеси способствует снижению ее прилипаемости, так как она легко адсорбирует воду. При содержании водорастворимых связующих в смеси ее полезно подвергать вылеживанию, что также снижает прилипаемость смеси. Прилипание смеси может зависеть и от связующего. Некоторые связующие материалы, вводимые в смесь в виде вязких растворов или полутвердых паст, трудно смешиваются с песком, образуют местные скопления в смеси и сильно прилипают к ящику. В этих случаях следует связующий материал готовить в виде раствора или эмульсии с большей текучестью, что улучшает распределение его в песке и уменьшает его поверхностное натяжение.

Податливость. Стержни должны обладать свойством податливости и не мешать усадке металла при его охлаждении. Свойства податливости стержней в основном зависят от свойств связующего, входящего в смесь. Большинство органических пленкообразующих связующих материалов теряют свою вязкость при температуре 250—300° С. Водорастворимые связующие материалы теряют свои связующие свойства при более низкой температуре, что дает возможность применять их для изготовления массивных стержней. Промежуточное положение занимают эмульсионные крепители ЦНИЛ Главформматериала, что объясняется наличием в них водорастворимых связующих и формовочных глин в количестве 30—40%. Для изготовления особо податливых смесей для крупных стержней добавляются древесные опилки.

Пригораемость стержней. Причины, вызывающие появление пригара стержней и формовочных смесей, одни и те же.

Образование силикатов может быть предотвращено путем создания восстановительной атмосферы на границе стержень — металл. Органические связующие, входящие в стержневую смесь, полностью или частично сгорают во время заливки металла, образуя восстановительную атмосферу, которая предохраняет металл от окисления. Медленно сгорающие и разлагающиеся связующие оказывают большее противопригарное действие, чем быстро разлагающиеся связующие.

Органические связующие добавки 1-й группы (пленкообразующие) выделяют газы в широком интервале температур и поэтому могут являться хорошими противопригарными средствами. Как мера борьбы с пригаром стержней может применяться покрытие их огнеупорной краской или натиркой.

Газопроницаемость и газовыделение. При заливке формы металлом выход газов из стержня возможен только через знаки, сечение которых всегда бывает ограничено, или через металл. При увеличении температуры стержня воздух, находящийся в порах стержневой массы, быстро увеличивает свой объем; кроме того, выделяются пары воды и газы от сгорания и разложения органических веществ. В результате образования большого количества газа происходит резкое увеличение газового давления в стенках стержней и особенно в частях, прилегающих непосредственно к отливке. При слишком быстром газообразовании и недостаточной газопроницаемости смеси давление газа может превышать металлостатическое давление залитого металла, и газ направится наружу через металл, вызывая так называемое кипение металла (или «вскип»).

Усиленное газообразование в стержнях в первый период остывания отливки или до образования твердой газонепроницаемой корки металла оказывает вредное влияние на качество отливки. Усиленное выделение газов и высокое их давление в период, когда сбразуется прочная газонепроницаемая корка на отливке, следует считать полезным, так как оно способствует получению отливки с более плотной структурой, что имеет особое значение при гидропробе. Образование газов в стержнях во время заливки и охлаждения формы зависит от газотворной способности самой стержневой смеси.

Газотворная способность смеси определяется количеством газов в кубических сантиметрах, выделяемых 1 *г* смеси. Это количество, отнесенное к 1% связующего, введенного в смесь, дает удельную газотворную способность $см^3 \cdot г/\%$. При сравнении газотворной способности крепителей необходимо учитывать их связующую способность, характеризующуюся коэффициентом замены по отношению к льняному маслу. Особое внимание следует обращать на газотворную способность связующего по времени в течение первых 0,25; 0,5 и 1,0 мин., что оказывает решающее влияние на образование пороков отливки, вызванных газотворностью и низкой газо-

проницаемостью смеси. Газопроницаемость стержневой смеси зависит от зернистости песка, свойств связующего, присутствия глины и влаги. Для изготовления стержневых смесей очень редко употребляют пески зернистостью ниже 02А, а более крупный песок имеет бо́льшую газопроницаемость. Количество воды и глины ограничивается применяемым связующим и классом изготовляемых стержней.

Гигроскопичность некоторых стержневых смесей требует соблюдения определенной технологии изготовления и хранения стержней, а также сборки и заливки формы.

Можно сделать вывод, что на практике высушенные стержни следует хранить в сухом помещении и сокращать время пребывания стержней в сырых формах перед заливкой.

§ 9. ТИПОВЫЕ СОСТАВЫ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Существующая классификация стержней упрощает подбор стержневых смесей, однако далеко не охватывает всех случаев практики, и поэтому существует большое количество рецептов различных стержневых смесей. Рекомендуемые типовые составы стержневых смесей для стального и чугунного литья приведены в табл. 26.

Таблица 26

Рекомендуемые типовые составы стержневых смесей для стального и чугунного литья

Класс стержней	Характеристика смеси					Состав смеси в весовых частях							
				Прочность в *кг/см²*		Основные материалы				Связующие добавки			
										Группа класса А			
	Содержание глинистой составляющей в %	Газопроницаемость вскрую, не менее	Влажность в %	на сжатие во влажном состоянии	на разрыв в сухом состоянии	Кварцевый песок	Глина	Отработавшая смесь	Древесные опилки	1-я	2-я	3-я	Сульфитная барда (уд. вес 1,27)
1	До 2,0	130	1—3	0,03—0,06	7,0—10,0	100	—	—	—	1,0—1,5	—	—	—
2	3—5	100	2—4	0,05—0,10	5,0—7,0	100—97	0—3	—	—	2—3	—	—	2—3
2	2—5	100	2—4	0,05—0,10	5,0—7,0	100—97	0—3	—	—	—	3—4	—	2—3
3	3—6	100	3—4	0,10—0,16	3,5—6,0	100—96	0—4	0—1,0	—	—	—	3—6	1—3
3	3—6	100	2—4	0,10—0,16	3,5—6,0	97—96	3—4	0—1,0	—	2—3	—	—	2—3
4	5—7	70	4,0—5,5	0,15—0,25	2,0—3,0	93—59	7—1	0—40	0,2	—	—	—	2—3
5	7—10	70	5,0—6,0	0,20—0,35	0,8—1,5	72—38	8—2	20—60	0,3	—	—	—	0—3

§ 10. БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЧУГУНА И СТАЛИ

Кроме стержневых смесей, приведенных в табл. 26, находят все более широкое применение быстросохнущие стержневые смеси, изготовляемые на быстросохнущих крепителях СП, СБ и жидком

стекле. Эти смеси обладают тем преимуществом, что время сушки стержней значительно сокращается; ввиду повышенной прочности стержней часто нет надобности применять каркасы, качество стержней улучшается, а производительность труда стерженщиков увеличивается.

На московском заводе «Серп и молот» с успехом применяют быстросохнущие стержневые смеси для отливки стальных фасонных деталей следующего состава (в весовых частях): песок 2К02А 95, глина 5, крепитель СБ 5; сухая прочность на разрыв такой смеси 5 *кг/см*^{2}. Высокопрочная стержневая смесь состава (в весовых частях): песок 2К02А 86, пылевидный кварц 10, глина 6 и крепитель СБ 5; сухая прочность этой смеси на разрыв составляет 12—15 *кг/см*^{2}.

На ряде заводов тяжелого машиностроения находит применение стержневая быстросохнущая смесь на жидком стекле следующего состава: 92—90% песка 2К02А, 8—10% глины огнеупорной; сверх 100% добавляется: 1% едкого натра (10%-ный раствор), 6% жидкого стекла, 0,5% мазута.

Смесь обладает следующими свойствами: прочность на сжатие в сыром состоянии 0,23—0,30 *кг/см*^{2}; прочность на разрыв в сухом состоянии 4—8 *кг/см*^{2}; газопроницаемость в сыром состоянии не ниже 120.

§ 11. СМЕСИ ДЛЯ СЫРЫХ СТЕРЖНЕЙ

Применение сырых стержней для литья деталей из чугуна и стали имеет особое практическое значение и должно всячески поощряться. При применении сырых стержней сокращается расход топлива, уменьшается потребность в рабочей площади, сокращается цикл изготовления отливки, отпадает надобность в сушильных устройствах и приспособлениях и упрощается работа формовщика и стерженщика. Применительно к стержням 3-го и 4-го классов инж. П. В. Сорокин рекомендует следующий состав смеси: 45% кварцевого песка, 45% отработанной смеси, 8% глины огнеупорной, 2% сульфитной барды (удельный вес 1,2).

Физико-химические свойства смеси следующие: газопроницаемость 150; прочность на сжатие сырых образцов 0,5—0,6 *кг/см*^{2}; влажность 4,5—5%.

При разработке технологии литья деталей с сырыми стержнями следует учесть, что сырые стержни требуют применения более надежного каркаса и хорошей вентиляции путем накалов душником. Изготовление сырых стержней делает необходимым: ведение строгого контроля свойств стержневых смесей и осуществление более строгой технологической дисциплины; применение каркасов более прочной и жесткой конструкции, которые во избежание смятия опорных поверхностей знаков должны быть достаточно массивными; крепление стержней с большими свисающими болванками для предупреждения их всплывания должно быть более надежным.

§ 12. СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ЦВЕТНОГО ЛИТЬЯ

Для литья деталей из бронзы и латуни можно применять те же стержневые смеси, что и для отливки чугунных деталей, но с применением более мелких марок песка. Для средних и крупных стержней, для литья изделий с толщиной стенки до 50 *мм* находит применение смесь следующего состава (в объемных единицах): отработавшая смесь 40—50; песок и глина 36—48 и опилки древесные 12—14; зерновая основа смеси 016А или 02А; содержание глинистой составляющей 13—15%; влажность 7—8%. Смесь обладает следующими свойствами: газопроницаемость 50; прочность на сжатие всырую 0,4—0,55 *кг/см*^{2} и на разрыв всухую 1,0—1,3 *кг/см*^{2}.

Таблица 27

Рекомендуемые типовые составы для стержней алюминиевого и магниевого литья

Класс стержней	Состав смеси в % (по весу)				Характеристика смеси			
	Марка песка	Количество песка в смеси	Связующие добавки		Влажность в %	Газопроницаемость в сыром состоянии	Прочность в *кг/см*^{2}	
			Наименование	Количество			на сжатие в сыром состоянии	на разрыв в сухом состоянии
1	1К02А	100	Крепитель М и пектиновый клей	0,9—1,50 0,2—0,5	—	—	—	—
					3,0—4,5	100	0,04—0,06	7,0—12
	П016А, П02А 1К02А, 1К016А	100	Рематол или растительное масло	0,8—1,5 0,6—1,2	—	—	—	—
					3,0—4,0	100	0,06—0,10	4,0—7,0
2	1К02А, 1К016А, П01А	95—97 5—3	Крепитель М пектиновый клей либо рематол, М, 4ГУ или бифталь и сульфитная барда	1,5—2,0 0,3—0,7 1,5—3,0 2,0—4,0 2,0—4,0	—	—	—	—
					3,0—5,0	80	0,06—0,01	7,0—15
					—	—	—	—
					—	—	—	—
					3,0—4,0	100	0,06—0,10	4,0—7,0
3	02А, 1К016А П01А, 1К02А, 1К016А, П01А	95—90 5,0—10 96—97 4—3	Крепитель М Пектиновый клей или крепитель БМ и сульфитная барда	1,0—2,0 2,0—3,0 1,5—3,0 2,5—3,5	—	—	—	—
					3,0—5,0	70	0,06—0,15	6,0—12,0
					—	—	—	—
					3,0—4,0	80	0,15—0,25	1,0—3,0
4	1К02А	50—100	Сульфитная барда	1,5—3,0	4,0	70	0,15—0,25	1,0—3,0

Примечание. Содержание глинистой составляющей должно быть не более: для стержней 1-го класса — 2,0%, для 2-го класса — 3,0%, для 3-го и 4-го классов — 6,0%

Стержневые смеси для сплавов алюминия готовят из материалов, значительно отличающихся от тех, которые предназначены для отливок чугуна и стали, а именно из мелкозернистых песков с вводом глинистых песков вместо глины. К смесям предъявляют особые требования податливости, так как крепители в них должны хорошо выгорать при сравнительно низкой температуре.

В стержневые смеси для литья изделий из магниевых сплавов, помимо компонентов, приведенных в табл. 27, вводят 0,3—1,0% серы (порошок) или до 0,5% борной кислоты. Из большого числа существующих безмасляных связующих добавок для сплавов алюминия и магния предпочтение следует отдавать крепителю М, который обеспечивает хорошие свойства стержневых смесей и получение качественной отливки. Применение крепителя М позволяет полностью заменить масляные крепители и на 50—60% снизить расходы топлива и электроэнергии на сушку стержней.

§ 13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Процесс приготовления песчано-глинистых стержневых смесей для стержней 4-го и 5-го классов не отличается от процесса приготовления единых и облицовочных смесей.

При добавке органических связующих в смеси для стержней 1-го, 2-го и 3-го классов создаются условия, отличные от способов приготовления формовочных смесей.

Вследствие того, что в стержневые смеси при изготовлении стержней 1-го, 2-го и 3-го классов вводят органические связующие, условия их приготовления отличаются от приготовления формовочных смесей. Процесс приготовления стержневых смесей следует разделить на два периода: а) подготовка исходных материалов и б) приготовление смеси.

Процесс подготовки песка и глины для стержней ничем не отличается от их подготовки для формовочных смесей. Жидкие связующие обычно не требуют особой подготовки. В случае применения твердых связующих, как декстрин, сульфитная барда марки БТ и им подобные, их предварительно растворяют в воде. Процесс составления смеси заключается в соблюдении точной загрузки по весу или объему вводимых в смесь материалов.

Перемешивание и увлажнение смеси для стержней 1-го, 2-го и 3-го классов лучше всего вести в смешивающих бегунах, в которых легче достигается равномерное перемешивание смеси, особенно если в состав ее входят глины. Для введения составных частей смеси при изготовлении стержней 1-го класса практически установлен следующий порядок: кварцевый песок + вода + жидкое связующее; продолжительность перемешивания 10—15 мин. Последовательность загрузки составляющих для стержней 2-го и 3-го классов: песок + глина + вода + сульфитная барда + жидкое связующее; продолжительность перемешивания 10—20 мин. Во всех случаях переме-

шивания стержневой смеси в смешивающий агрегат загружают сначала сухие материалы, которые перемешивают 2—3 мин., затем в процессе перемешивания вводят воду, сульфитную барду и жидкое связующее.

При перемешивании порошковых связующих все твердые составные части (включая и связующее) перемешивают в течение 2—3 мин., после чего добавляют воду и сульфитную барду и смесь перемешивают еще 16—18 мин.

Время перемешивания и порядок загрузки составляющих во многом зависит от составляющих смеси и их качества. Для каждой смеси существует свой оптимальный порядок загрузки составляющих и время их перемешивания, поэтому выше приведены порядок и время перемешивания для типовых смесей.

Стержневая смесь для стержней 1-го класса обычно обладает высокой текучестью после перемешивания, и поэтому отпадает надобность в вылеживании и разрыхлении. Стержневые смеси для стержней 2-го и 3-го классов, содержащие глину и сульфитную барду, должны обязательно вылеживаться до их употребления, и особенно при применении порошковых связующих. Время вылеживания зависит от количества глины и сульфитной барды в смеси; чем больше их будет в смеси, тем больше потребуется времени на вылеживание смеси для равномерного распределения и обволакивания зерен песка.

Для определения экономической целесообразности применения тех или иных формовочных материалов приводим сравнительную их стоимость за тонну (в ценах 1956 г.):

Пески кварцевые (франко карьер)	9.80
Пески глинистые (франко карьер)	12.90
Глина формовочная (франко карьер)	24.50
Пылевидный кварц (естественный)	85.00
Пылевидный кварц (искусственный)	400.00
Искусственный ликоподий марки МС	1410.00
Пек древесный	145.00
Масло С	9600.00
Крепитель 4ГР	7700.00
„ 4ГУ	7000.00
„ 4ГБ	2200.00
Бифталь	2990.00
Лак литейный	1650.00
Крепители М и МФ-17	1500.00
Крепитель древесно-пековый КД	1150.00
„ БК	600.00
Крепители СП и СБ	500.00
„ КТ, ГТФ, П, КВ (не обессмоленные)	650.00
Сульфитно-спиртовая барда (в жидком виде)	150.00
Сульфитно-спиртовая барда (в твердом виде)	250.00
Жидкое стекло	353.00
Пульвербакелит	9900.00
Краски для стального литья марки СТ	900,00
„ „ чугунного „ „ ГБ	1000.00
„ „ алюминиевого литья марки ТБ	710.00
Стоимость регенерации песка	6.00—12.00

ГЛАВА VIII

СУШКА ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

§ 1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Сушка является одной из важных операций при изготовлении форм и стержней и преследует цели повышения их общей и поверхностной прочности, а также улучшения газопроницаемости смеси. Высушенные формы и стержни обладают высокими прочностными свойствами, пониженной газотворностью и повышенной газопроницаемостью. Эти свойства сухих форм и стержней позволяют отливать детали высокого качества, крупного веса и сложной конфигурации. Процесс сушки длится сравнительно долго, требует наличия сушильных устройств и дополнительных затрат на топливо и электроэнергию.

Таблица 28

Режимы провяливания для стержней различного веса

Вес стержня в *кг*	Температура провяливания в °С	Продолжительность провяливания в мин.
0,02—0,15	40—50	5—10
0,15—0,35	50—70	14—15
0,35—2,0	70—80	20
2,0—5,0	80—90	25
5,0—14,0	90—100	30—40

Изыскания в области упрощения процесса сушки форм и стержней привели к различным видам их термической обработки.

З а м о р а ж и в а н и е. На Автомобильном заводе им. Лихачева вместо сушки было применено замораживание стержней для чугунного тонкостенного литья. Установлена возможность применения замораживания для стержней весом до 15 *кг*. Газопроницаемость и прочность замороженных стержней не ниже просушенных. Толщина замороженной корочки стержня зависит от времени и температуры замораживания. Неудобство этого способа производства форм и стержней заключается в том, что появляется необходимость быстрой заливки после установки замороженных стержней в форму: для мелких стержней через 10—20 мин., для средних через 20—30 мин. и для более крупных через 40—50 мин.

П р о в я л и в а н и е. Провяливание форм и стержней осуществляют при температуре до 100° С как с подогревом воздуха, так и без подогрева. Путем провяливания можно получать на поверхности форм и стержней достаточно прочную корочку. Процессу провяливания хорошо поддаются: песчано-цементные смеси, смеси с жидким стеклом с небольшими добавками к песчано-глинистым смесям патоки (0,5—0,8%) или сульфитной барды. Толщина прочного слоя при провяливании зависит от температуры, времени провяливания и веса стержней. Рекомендуемые режимы провяливания для стержней различного веса приведены в табл. 28.

Песчано-цементные смеси требуют более длительного времени затвердевания. Отвердевание смесей с жидким стеклом может быть ускорено химической обработкой форм и стержней при нормальной температуре. Процесс «химического высушивания» смеси происходит в результате выделения из жидкого стекла и гидратации кремнезема и последующей коагуляции образовавшегося коллоидного раствора зо́ля. Вода связывается не только окисью кремния, но и углекислыми солями в соответствии с общей формулой:

$$R_2O \cdot nSiO_2 + mH_2O + CO_2 = R_2CO_3 \cdot qH_2O + n(SiO_2 \cdot pH_2O).$$

Образование соды и кремнекислоты происходит в течение десятых долей секунды, чем и объясняется быстрое просушивание формы.

Лучшие результаты получаются при сушке форм и стержней, изготовленных из смеси с жидким стеклом, при использовании горячих газов (200—250° С) с содержанием 8—12% CO_2.

С у ш к а. Наибольшее значение при тепловой обработке форм и стержней имеет процесс сушки, температурный

Фиг. 29. Изменение влажности материала в процессе сушки.

интервал которой колеблется от 100 до 600° С. Процесс сушки можно разделить на два периода.

В начальный период сушки испарение влаги протекает равномерно по времени. Когда с поверхности формы испарится вся влага, наступает период более медленного испарения, так как поступление влаги из глубинных участков уменьшается с понижением влажности материала. Продолжительность каждого из периодов зависит от начальной влажности материала.

При влажности 4—8% продолжительность первого периода практически равна нулю. Скорость высушивания зависит от скорости диффузии влаги из внутренних слоев к поверхности. С уменьшением количества влаги скорость диффузии снижается, влага на поверхность будет поступать меньше и, наконец, прекратится, что видно из графика (фиг. 29) изменения влажности материала в процессе сушки. В формовочных материалах и смесях вода находится в составе минералов или в свободном состоянии. При высушивании форм и стержней удаляется свободная вода, так как для удаления воды,

входящей в состав минералов, обычно требуется более высокая температура.

Испарение влаги с поверхности форм зависит от следующих условий: 1) влажности газовой среды; 2) температуры газовой среды; 3) скорости движения газов над поверхностью испарения и 4) барометрического давления. Испарение влаги из толщи формы или стержня в значительной степени зависит от зернового состава смеси, массы и количества исходной влаги в высушенном материале.

При сушке стержней с органическими пленкообразующими связующими (масло и его заменители), помимо удаления влаги, происходит процесс окисления и полимеризации. Эти обстоятельства заставляют вести процесс сушки форм и стержней при определенном режиме.

Передача тепла в условиях литейных сушил может осуществляться путем конвекции или радиации от излучающих элементов. В большинстве случаев применяют сушила с передачей тепла путем конвекции. Процесс сушки форм и стержней обычно делится на три периода.

1. Период прогрева материала. Количество переданного тепла от горячих газов к поверхности тела на единицу площади в единицу времени путем конвекции будет равно

$$Q = \alpha\,(t_1 - t_2)\ \textit{ккал/м}^2\textit{час}, \qquad (25)$$

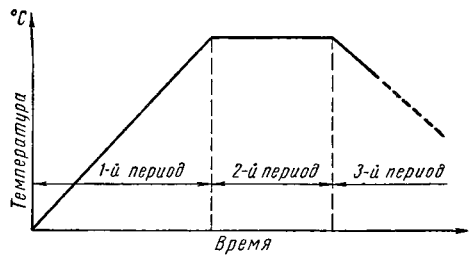
или количество переданного тепла будет прямо пропорционально разности температур горячих газов t_1 и поверхности нагреваемого материала t_2. Скорость передачи тепла зависит от скорости движения горячих газов. Что касается коэффициента α, то его величина зависит от свойств материала, его конфигурации, укладки изделий и многих других факторов.

2. Период постоянной скорости сушки при оптимальной температуре. В пористых телах с малой влажностью процесс удаления влаги протекает с начала прогрева одновременно двумя путями: а) путем испарения в окружающую среду за счет диффузии из нижележащих слоев материала к поверхности; б) путем образования паров воды в глубине тела и проникновения на поверхность по порам и капиллярам.

3. Период охлаждения. Из сказанного выше следует, что излишний перегрев поверхности форм или стержней может задержать удаление влаги, а следовательно, и удлинить процесс сушки. Это обстоятельство делает необходимым вести процесс сушки при следующем тепловом режиме: медленном и равномерном повышении температуры газов, постепенном прогреве материала, равномерном температурном режиме в процессе сушки и медленном охлаждении. Медленное охлаждение форм и стержней после сушки предохраняет от образования пороков на их поверхности.

При подсушивании форм и стержней ставится задача удаления влаги с поверхности, благодаря чему появляется возможность вести процесс при более высокой температуре или при форсированном

нагреве. Что касается продолжительности сушки форм и стержней, то она зависит не только от температуры сушки, но и от ряда других факторов, как-то: толщины просушиваемого слоя, конфигурации изделия, условий теплопередачи, физических свойств песка, свойств связующего и т. д. Время сушки в конкретном случае устанавливают экспериментально. Режим сушки обычно делится на три периода: 1) прогрев; 2) постоянная скорость сушки; 3) охлаждение, что в общем виде изображено на графике фиг. 30. Свойства связующего определяют температуру сушки; что касается времени сушки, то это в основном зависит от массы, влажности и других свойств. Примерная продолжительность сушки стержней с крепителями и глинистых колеблется в зависимости от веса, исчисляемого в килограммах, что видно из приведенного ниже:



Фиг. 30. График сушки форм и стержней в общем виде.

Вес в *кг*	Продолжительность сушки стержней (в час.)	
	с крепителями	глинистых
До 1	0,75—1,0	2
1—15	1,15—2,0	3
15—25	2,0—3,0	4
25—50	3,0—4,0	6
50—100	4,0—5,0	8
100—200	5,0—6,0	12

Продолжительность сушки форм зависит от их размеров. Ниже приведены данные этой зависимости:

Размер опок в *мм*	Продолжительность сушки в час. для литья	
	чугунного и цветного	стального
До 500×400×250	4—6	6—8
„ 1000×800×400	6—8	8—12
„ 3000×2000×500	8—12	12—16
„ 5000×3000×700	12—24	16—24
Более 5000×3000×700	24—36	24—36

В целях сокращения времени сушки форм для крупных и средних отливок все более широкое применение находит поверхностная подсушка с применением быстросохнущих смесей.

Необходимая глубина подсушенного слоя для форм из песчано-глинистых смесей составляет для автомобильного литья 3—8 *мм*, для станочного литья 12—25 *мм*, для крупных отливок 40—70 *мм*. Отливки с толщиной стенки до 120 *мм* необходимо просушить на глубину 40—60 *мм*, а более толстостенное литье — на глубину 60—80 *мм*. Толщина просушенного слоя также зависит и от времени выдержки формы после подсушки до момента заливки, так как при длительном выстаивании влага из непросушенной части формы может проникнуть в просушенную. Применение быстросохнущих облицовочных смесей сокращает время просушивания до нескольких минут.

В зависимости от металлоемкости формы можно ориентировочно принять толщину быстросохнущего облицовочного слоя и продолжительность подсушивания по табл. 29.

Таблица 29

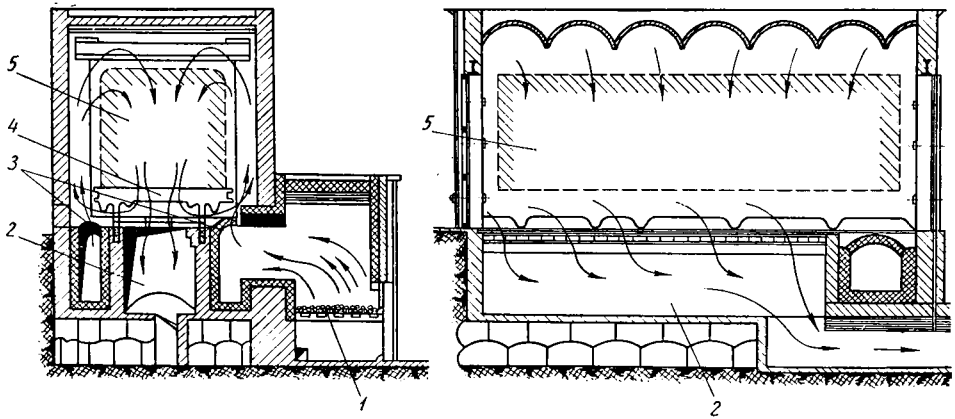
Толщина быстросохнущего слоя и продолжительность подсушивания в зависимости от металлоемкости формы

Металлоемкость формы в *кг*	Габариты опоки в *мм*	Толщина быстросохнущего слоя в *мм*	Продолжительность термической обработки в мин.
10—15	500×400	10—15	—
50—100	500×600	15—20	15
100—300	700×800	20—25	20—25
300—600	1000×1400	25—30	25—35
600—1000	1200×1500	30—35	—
1000—1500	1300×1800	35—40	—
1500—2000	1500×2000	40—45	120
2000—3000	1800×2500	45—50	180

§ 2. СУШИЛА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ СУШКИ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

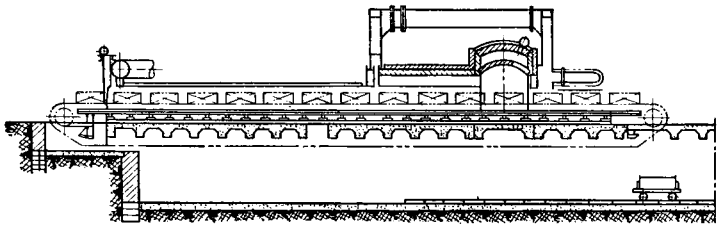
Для сушки форм и стержней широко применяют сушила как периодического действия — тупиковые, проходные и ямные, так и непрерывного действия (туннельные).

Для сушки форм чаще всего применяют сушила периодического действия. При осуществлении непрерывного потока производства следует применять туннельные сушила непрерывного действия. На фиг. 31 приведена схема тупикового сушила периодического действия, представляющего собой камеру с топкой и поднимающейся дверцей. Проходное сушило отличается от тупикового тем, что в проходном сушиле загрузка сырых форм на тележки осуществляется в одном пролете, а выгрузка высушенных форм — в другом. Такое сушило имеет две дверцы, расположенные в противоположных концах сушила. Ямные сушила представляют собой камеру в полу цеха, они находят применение для сушки крупных форм и стержней. Их загружают через снимающийся верх камеры.



Фиг. 31. Схема тупикового сушила периодического действия для сушки форм и крупных стержней с циркуляцией газов:

1 — топка; *2* — вытяжной боров; *3* — газовые боровы; *4* — тележка; *5* — габарит загрузки.



Фиг. 32. Методическая конвейерная печь для подсушки форм (схема).

На фиг. 32 приведена схема непрерывно действующего (туннельного) сушила, представляющего собой камеру с открытыми концами, отапливаемую мазутом или горючими газами. Такие печи делятся на три зоны: в первой зоне происходит предварительный подогрев, во второй — нагрев до максимальной температуры сушки (400—450° С), в третьей зоне — охлаждение. Существует большое разнообразие способов, применяемых для поверхностной подсушки форм:

а) с помощью загорающихся красок, состоящих из огнеупорного материала (графит, пылевидный кварц), связующей добавки и растворителя (бензин, спирт); форму, покрашенную противопригарной краской, поджигают и тепло, выделяющееся при сгорании горючей жидкости, обеспечивает просушивание формы на глубину 1—2 *мм*;

б) с помощью газовых, керосиновых или других горелок — так называемая факельная подсушка;

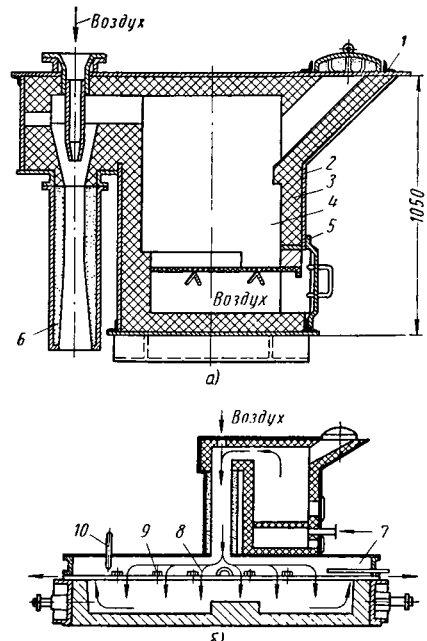
в) переносными сушилами, работающими на твердом топливе;

г) подсушка форм химическим способом (смеси с жидким стеклом) с помощью CO_2;

д) с помощью инфракрасных лучей;

е) в проходных сушилах камерного типа, установленных на поточной линии;

ж) в методических конвейерных сушилах.



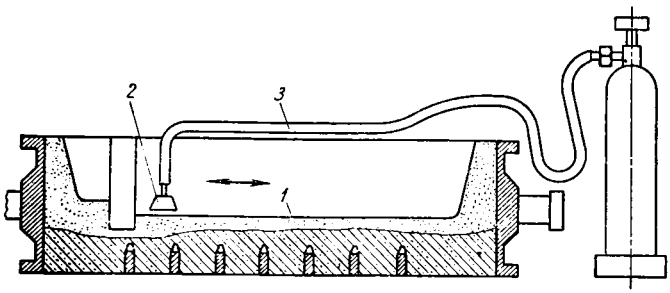
Фиг. 33. Схема переносной установки для подсушки форм (конструкция завода «Станколит»):

а — переносное сушило; *б* — установка сушила на форму; *1* — отверстие с крышкой для загрузки топлива; *2* — стальной кожух; *3* — футеровка; *4* — камера; *5* — колосниковая решетка; *6* — патрубок для подачи в форму горячих газов; *7* — распределительная камера; *8* — отверстия для прохода горячих газов; *9* — шиберы; *10* — термопара.

Переносные сушила для подсушки форм можно разделить на две группы: I — с подачей воздуха от вентилятора и II — с подачей воздуха от компрессора. На фиг. 33 приведена схема переносной установки для подсушки форм конструкции завода «Станколит». Установка состоит из топки и распределительной камеры, в которой продукты горения разбавляют вторичным воздухом до заданной

температуры и вводят в распределительную камеру, откуда через отверстие, снабженное шиберами, вдувают во внутреннюю полость формы. Температура газов в распределительной камере регистрируется пирометром.

На фиг. 34 приведена схема подвода CO_2 к поверхности формы (химическое подсушивание) с облицовочной смесью на жидком стекле. Углекислый газ подается из баллона через гибкий шланг и сопло на поверхность формы.



Фиг. 34. Схема подвода CO_2 к поверхности формы:
1 — поверхность формы; *2* — сопло; *3* — гибкий шланг.

Проникая в поры смесей, газ CO_2 дает химическое соединение с жидким стеклом. Существуют и другие приспособления для обдувки формы или стержня газом CO_2. Расход CO_2 определяется толщиной просушиваемого слоя.

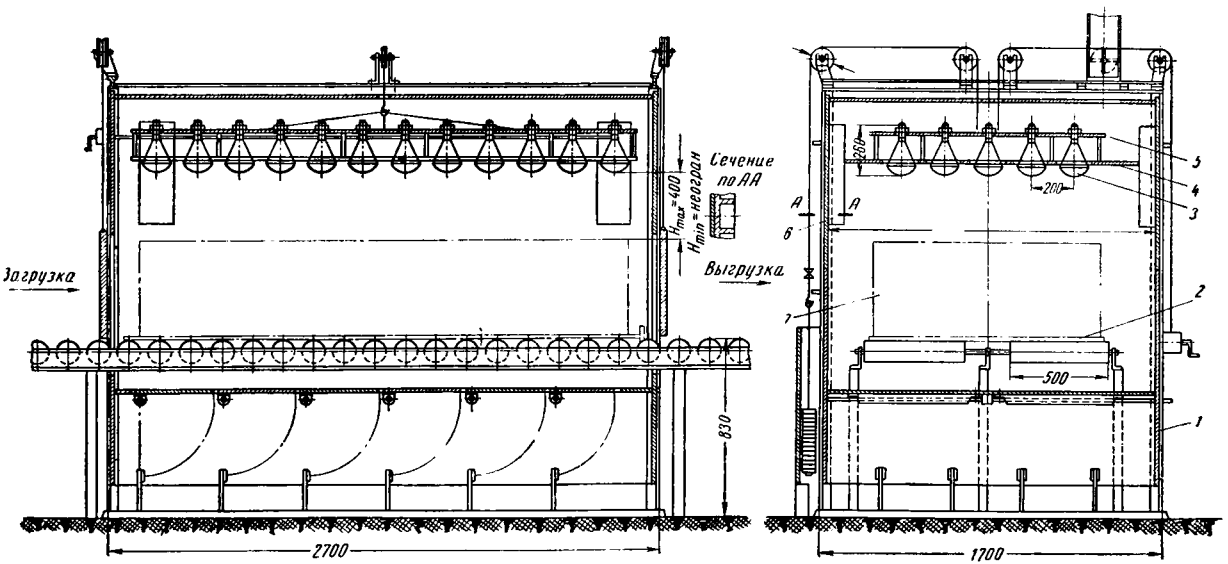
На фиг. 35 представлена схема камеры для подсушки форм инфракрасными лучами, получаемыми от специальных электроламп мощностью 250—500 *вт*. Лампы смонтированы на раме, перемещающейся в вертикальном направлении, что позволяет изменять высоту ламп над формами. Лампы могут включаться отдельными секциями, что дает возможность регулировать равномерность сушки по длине формы.

Из номограммы, приведенной на фиг. 36, можно определить затрату времени и необходимую мощность ламп для просушивания поверхности форм инфракрасными лучами.

Например, для просушивания формы при расстоянии от купола лампы до сушимой поверхности 15 *мм* и влажности смеси 6% находим необходимое время сушки примерно 39 мин. с затратой 8 *квт-ч* на 1 $м^2$ площади по разъему опоки.

Целесообразность применения этого метода подсушки форм зависит от наличия дешевой электроэнергии. Способ сушки очень прост и не требует больших затрат на сооружение сушил.

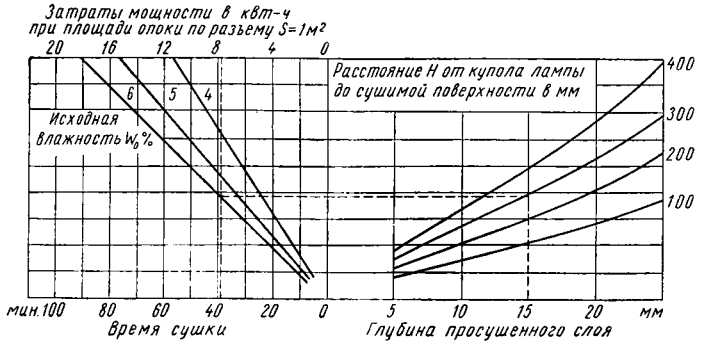
На фиг. 37 представлена установка стационарного типа для подсушки форм, применяемая на потоке при машинной формовке.



Фиг. 35. Схема камеры для подсушки форм инфракрасными лучами:

1 — стенка сушила; *2* — рольганг *3* — лампа *4* — отражатель *5* — рама, несущая лампы; *6* — направляющая рамы *7* — опока.

С машины форма передается на рольганг, перемещаясь по которому, последовательно подвергается отделке и подсушке, после чего краном устанавливается на площадку конвейера, где производится сборка форм. Опока транспортируется в камеру по рольгангу и при помощи фиксаторов устанавливается под распределительной плитой, после чего плита опускается на опоку, оставляя щель между камерой и опокой шириной 10 *мм* для выхода газов из формы. Топка работает

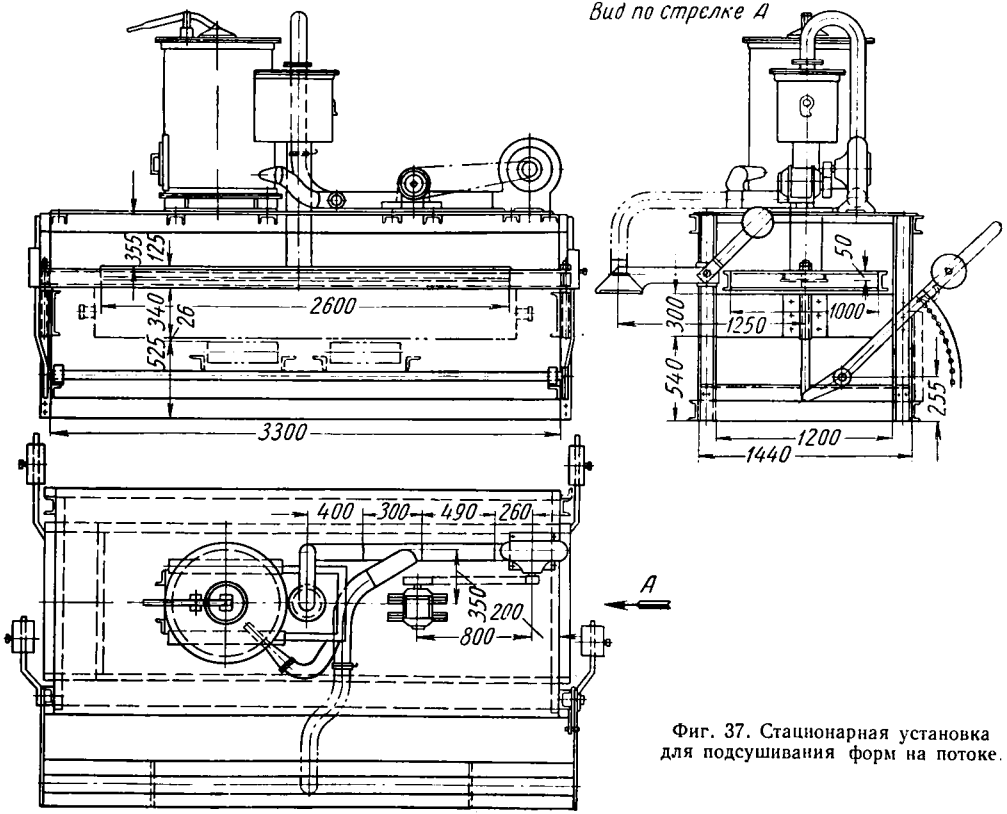


Фиг. 36. Номограмма для определения затрат времени и мощности при поверхностной сушке инфракрасными лучами (по М. И. Жебину). Расположение ламп по углам квадрата 200 × 200 *мм*. Лампы специальные сушильные, мощностью 500 *в*.

на коксовых отходах или на антраците и получает воздух от центробежного вентилятора. Более широкую номенклатуру сушил по конструкции и габаритам применяют для сушки стержней. Выбор конструкции и размеров сушильных установок для сушки стержней определяется классом стержней и масштабами производства. Для сушки крупных стержней 4-го и 5-го классов в большинстве случаев применяют те же сушила, что и для сушки форм, а именно камерные или туннельные.

Для сушки стержней 1-го, 2-го и 3-го классов находят применение сушильные шкафы, сушила с выдвижными полками, сушила с выкатными стеллажами, вертикальные сушила, методические сушила (туннельные) и сушка токами высокой частоты.

На фиг. 38, *а* и *б* представлен общий вид сушильного шкафа. Для свободной циркуляции газа полки шкафа сделаны в виде решеток. Горячие газы в сушило подводят снизу и выводят сверху в трубу. Производительность сушильных шкафов 120—300 *кг* сухих стержней в час. Сушила с выдвижными полками сделаны так, что каждую полку можно выдвинуть отдельно. Производительность сушила с выдвижными полками 250—300 *кг* сухих стержней в час. При применении сушил с выкатными стеллажами (этажерками) последние



Фиг. 37. Стационарная установка для подсушивания форм на потоке.

нагружают в стержневом отделении и после этого устанавливают в сушило при помощи электротележек. После окончания сушки стеллажи со стержнями перемещают в вентилируемую камеру или под зонт с вытяжкой. Техническая характеристика камерных сушил приведена в табл. 30 и 31.

Таблица 30

Технические характеристики камерных сушил конструкции НИИ «Теплопроект»

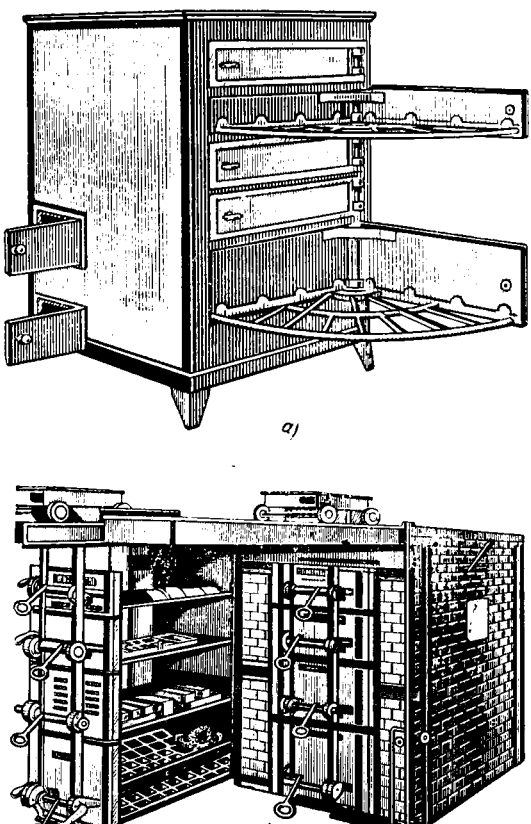
Техническая характеристика	Типоразмеры				
	1	2	3	4	5
Количество топок	1	1	2	2	2
Температура сушки в °С:					
форма для чугунного литья	400	400	400	400	400
„ „ стального „	500	500	500	500	500
Коэффициент заполнения объема камеры в %	18	18	20	22	25
Размеры камеры в *м*:					
ширина	1,75	2,0	2,62	3,62	3,62
длина	2,6	3,1	4,1	4.5	7,2
высота	2,5	2,5	2,8	2,8	3,2
Объем в $м^3$	11	16	30	46	82
Внешние габариты камеры по кладке в *мм*:					
ширина	2500	2750	3370	4370	4370
длина	4320	4805	5725	6255	8876
высота	3000	3000	3280	3300	3700
Размеры дверного проема в *мм*:					
ширина	1380	1630	1860	2860	2860
высота	2300	2300	2500	2500	2850
Размеры выкатной тележки в *мм*:					
длина	2200	2700	3700	4100	6700
ширина	1000	1200	1600	2600	2600
высота	520	565	660	765	900

Таблица 31

Основные размеры типовых камерных сушил конструкции „Гипромез»

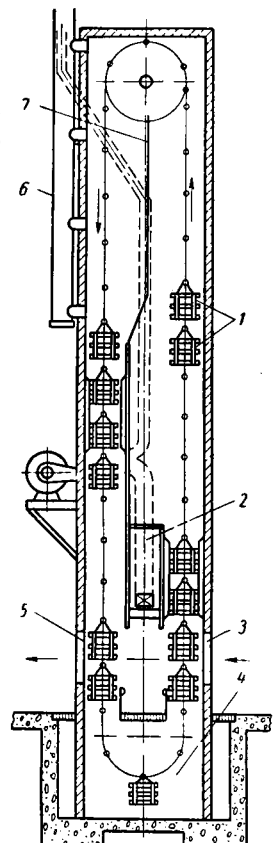
Объем рабочей камеры в $м^3$	Размеры камеры в *мм*			Размеры платформ тележек в *мм*		
	Ширина	Длина	Высота	Ширина	Длина	Высота
11	2040	2685	2220	1176	2400	1400
37	3450	4250	2500	2300	4150	1500
60	4200	5000	2800	3000	4900	1650
90	4230	5000	4170	3000	4900	3200

При массовом производстве стержней применяют туннельное или вертикальное сушило. Последнее обладает тем преимуществом, что занимает небольшую площадь по сравнению с туннельным.



Фиг. 38. Сушила для стержней:

а — шкаф с секторными полками; *б* — сушило с выдвижными полками.



Фиг. 39. Схема вертикального сушила непрерывного действия:

1 — подвесные этажерки; *2* — топка; *3* — загрузочное окно; *4* — натяжной механизм; *5* — окно для разгрузки; *6* — вытяжная труба; *7* — перегородка.

На фиг. 39 представлено вертикальное сушило производительностью 0,8—2,5 *т* сухих стержней в час. Вертикальное сушило представляет собой стальной каркас, снаружи покрытый панелями из железных листов с теплоизоляцией. Этажерки со стержнями под-

вешивают на вертикальный непрерывно движущийся конвейер. Сушило отапливается горючими газами или мазутом. Движение газа осуществляется принудительно, с помощью вентилятора. Техническая характеристика вертикальных сушил приведена в табл. 32.

Таблица 32

Техническая характеристика вертикальных конвейерных сушил (фиг. 39) конструкции НИИ «Теплопроект»

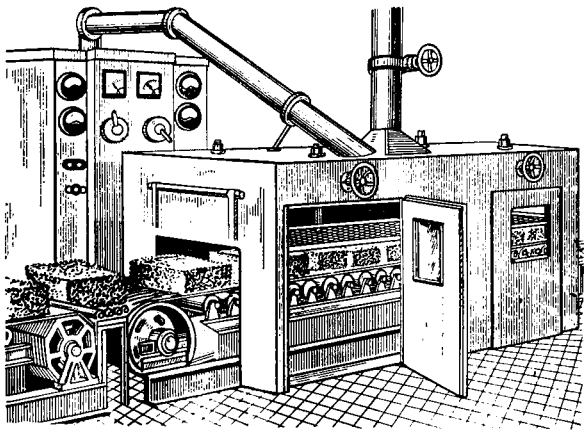
Техническая характеристика	Типоразмеры			
	СКВ-1	СКВ-2	СКВ-3	СКВ-4
Максимальная температура сушки в °С	300	300	300	300
Производительность в *т/час*	0,8	1,3	1,75	2,5
Часовой расход тепла в *ккал/кг*	300	300	250	250
Установленная мощность электродвигателей в *квт*	10	11	15	28
Габаритные размеры в *м*:				
длина	5,5	5,5	5,4	5,4
ширина	4,8	4,8	5,5	5,5
Общее количество этажерок	18	26	28	35
Количество этажерок в рабочей зоне	9	15	14	22
Максимальная нагрузка на одну этажерку в *кг*	400	350	350	300
Сушильная площадь при количестве полок на этажерке в $м^2$:				
одной	7,5	12,5	17,5	27,5
двух	15	25	35	55
трех	22,5	37,5	52,5	82
Продолжительность сушки в час	0,35—2,00	0,50—3,00	0,50—3,00	0,75—4,50

В горизонтальных (туннельных) сушилах, так же как и в вертикальных, стержни сушат на свободно висящих этажерках. В сушиле предусмотрены зоны прогрева, сушки и охлаждения. Конвейер приводится в движение электродвигателем через вариатор и редуктор, что позволяет менять скорость движения этажерок со стержнями или время сушки.

Сушку стержней осуществляют топочными и рециркуляционными газами. Производительнось сушил — до 10 *т* сухих стержней в час.

Сушка в высокочастотном поле находит широкое применение в деревообрабатывающей, пищевой и текстильной промышленности. Применительно к сушке форм и стержней формовочные и стержневые

смеси следует рассматривать как диэлектрики. Диэлектрик, помещенный между двумя пластинами конденсатора, питаемого током высокой частоты, будет нагреваться. Нагрев диэлектрика будет происходить по всему его сечению, следовательно, нагрев стержня или формы будет осуществляться не с поверхности, что происходит в сушилах, а по всему сечению, причем температура внутри стержня будет выше температуры внешнего слоя. Опыт показал, что высоко-



Фиг. 40. Высокочастотная установка для сушки форм.

частотную сушку успешно применяют для стержней, изготовленных на связующих, не требующих окислительного процесса.

На фиг. 40 приведен общий вид высокочастотной установки для сушки стержней, представляющей собой камеры проходного типа. Опыт показывает, что высокочастотную сушку рационально осуществлять в комбинированном виде, т. е. вместе с нагревом стержней токами высокой частоты необходимо подавать в камеру воздух, нагретый до 120—180° С.

Удаление газов из сушила осуществляется при помощи вентиляционного устройства. Этот способ сушки применим только при сквозной сушке стержней, без металлических каркасов. Скорость сушки токами высокой частоты увеличивается примерно в 8—12 раз при большей прочности.

§ 3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТРАБОТАВШИХ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ

Сокращение потребления количества свежих формовочных песков при современной технике литейного производства возможно путем восстановления отработавших смесей.

В зависимости от технологического процесса очистки отливок применяют мокрый или сухой способ восстановления отработавшего песка. Для всех способов восстановления песка необходима предварительная подготовка отработавшей смеси. Отработавшую формовочную или стержневую смесь подвергают следующей предварительной обработке: размельчают комья, для чего применяют дробильные установки или дисковые разрыхлители; отделяют корочки шамотизированной глины; удаляют металл и посторонние примеси. После соответствующей подготовки смесь подвергают обеспыливанию.

Совокупность всех операций, связанных с удалением вредных примесей и обеспыливанием, называется восстановлением, или регенерацией отработавшей смеси. Следует различать частичное и полное восстановление отработавшей смеси. К частичному восстановлению можно отнести процесс добавки или освежения формовочной смеси, когда нет полного удаления вредных примесей и пыли, которые постепенно накапливаются, и через некоторый период необходимо полностью заменять всю смесь.

Частичная переработка заключается в том, что вся отработавшая смесь от формовки всырую поступает на магнитный сепаратор, где от смеси отделяют металлические включения; отработавшая смесь от формовки всухую перед электромагнитным сепаратором подвергается обработке, состоящей в разминании комьев.

После магнитного сепаратора смесь просеивают через двойное сито с ячейками 10 и 4 *мм*. Установки по просеиванию оборудуют пылеотсасывающими устройствами. В результате такой переработке песок получается значительно обеспыленным, что позволяет его использовать более длительное время.

Этот способ восстановления формовочных песков часто применяют в литейных массового производства, где употребляется единая формовочная смесь. Обычно формовочная смесь в этом случае содержит до 90% и выше отработавшей смеси. При массовом и крупносерийном производстве возникает необходимость полного восстановления формовочного песка, т. е. проведение операции с обеспыливанием.

Гидравлический способ

Гидравлический способ восстановления песка из отработавшей смеси заключается в том, что после раздробления комьев и электромагнитной сепарации смесь подвергают промывке в струе воды и последующей классификации на ситах или гидравлических классификаторах. Классификация зерен песка по их величине основана на законах падения минеральных зерен в воде. Скорость падения в воде кварцевых зерен диаметром 1,5—10 *мм* можно рассчитать по формуле Трескотта:

$$v = 112\sqrt{D}. \qquad (26)$$

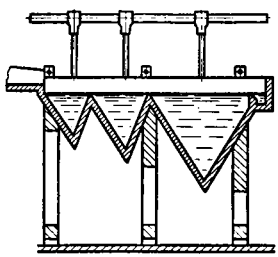
Скорость падения в воде более мелких зерен можно подсчитать по формуле Стокса:

$$v = 545\,(s - 1)\,D^2 \text{ мм/сек}, \qquad (27)$$

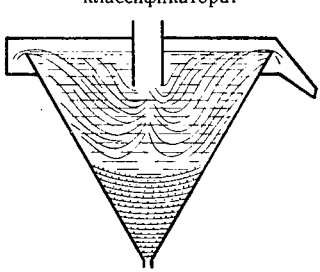
где s — удельный вес зерна;

D — диаметр зерна в *мм*.

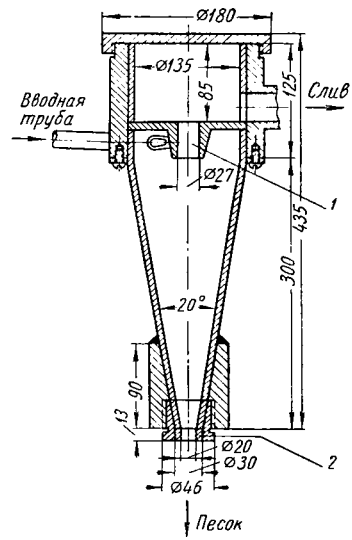
В зависимости от скорости движения воды будет изменяться и скорость падения зерен кварцевого песка. Существует достаточно



Фиг. 41. Схема гидравлического классификатора.



Фиг. 42. Схема работы конуса гидравлического классификатора.



Фиг. 43. Конструкция гидроциклона: *1* — диафрагма; *2* — насадка.

большое количество конструкций гидравлических классификаторов; на фиг. 41 приведена схема наиболее распространенного классификатора, а на фиг. 42 — схема работы конуса гидравлического классификатора. Гидравлическую классификацию можно вести при помощи установки гидроциклонов (фиг. 43). Производительность гидроциклонов — 6—10 *т/час* отработавшей смеси.

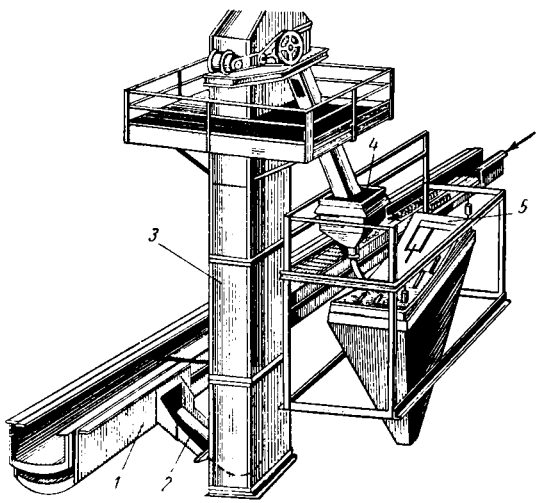
После классификации песок просушивают в сушилах или обезвоживают в фильтр-прессах. Для разбивки комьев отработавшей смеси можно применять гидромонитор. Гидравлический способ восстановления песка целесообразно использовать там, где применяют гидравлическую очистку литья.

К преимуществам гидравлического способа восстановления песка следует отнести отсутствие пыли, а к недостаткам — необходимость в специальной установке, потребляющей большое количество воды, и дополнительные средства для сушки песка.

Механический способ

Механический способ регенерации песка осуществляют при помощи вибрационной установки (фиг. 44).

Выбитую из опок формовочную смесь подвергают электромагнитной сепарации, после чего подают в размольно-просеивающий



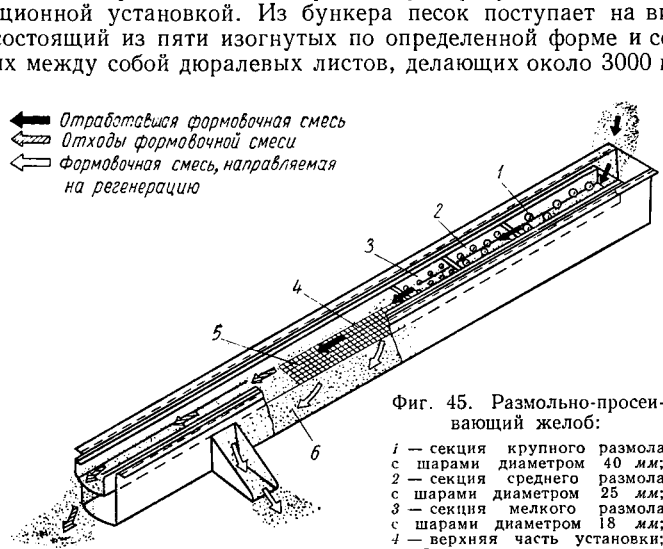
Фиг. 44. Общий вид вибрационной установки для регенерации формовочной смеси:

1 — размольно-просеивающий желоб; *2* — передаточный желоб к элеватору; *3* — элеватор; *4* — бункер; *5* — вибратор.

желоб. Желоб представляет собой вибрирующий двухъярусный транспортер, состоящий из размалывающего и просеивающего отделений. Размол комьев осуществляется стальными шарами диаметром 40, 25 и 18 *мм*, расположенными в трех секциях по длине желоба. Благодаря продольной вибрации желоба шары перемещаются в пределах секции, размалывают крупные куски, а также, перетирая смесь, удаляют с поверхности зерен песка глинистую пленку. Смесь в процессе просеивания перемещается от крупного размола до мелкого и затем поступает на просеивающие сита. Крупные куски и различные включения остаются на сите по верхнему ярусу желоба; отходы поступают на транспортер и направляются в отвал.

На фиг. 45 показана схема работы размольно-просеивающего желоба.

Просеянный песок поступает в нижнюю часть установки, откуда через желоб передается элеватором в бункер, установленный над вибрационной установкой. Из бункера песок поступает на вибратор, состоящий из пяти изогнутых по определенной форме и соединенных между собой дюралевых листов, делающих около 3000 коле-



Фиг. 45. Размольно-просеивающий желоб:

1 — секция крупного размола с шарами диаметром 40 *мм*;
2 — секция среднего размола с шарами диаметром 25 *мм*;
3 — секция мелкого размола с шарами диаметром 18 *мм*;
4 — верхняя часть установки;
5 — секция просеивания;
6 — нижняя часть установки.

баний в минуту при амплитуде колебаний 1 *мм*. Зерна песка неодинаковой величины поднимаются на различную высоту по вибрируемой плоскости, причем мелкие песчинки с наименьшим весом поднимаются выше крупных песчинок, обладающих бо́льшим весом. Устраивая в соответствующих местах вибратора отводы, можно направлять песок необходимой зернистости в различные бункеры.

К преимуществам установки следует отнести простоту устройства, возможность включения ее в общий поток смесеприготовительного отделения, малое выделение пыли в процессе работы, сравнительно высокую производительность и выход годного песка до 80%. На вибрационных установках можно обрабатывать песчано-цементные смеси и извлекать отходы цветных сплавов из смеси, получаемой в обрубной цеха цветного литья.

Недостатком вибрационных установок является то, что при восстановлении песков из стержневой отработавшей смеси, которая содержит органические связующие добавки, смеси предварительно должны подвергаться обжигу при температуре 600° С для удаления связующей добавки. Кроме того, при влажности обрабатываемой смеси свыше 1,5—2,0% ее необходимо подвергать сушке.

Воздушный способ

Принцип действия воздушной сепарации заключается в том, что предварительно подготовленная смесь поступает в воздушный сепаратор, где зерна песка классифицируются по величине потоком воздуха.

Так же как и вода, воздух оказывает сопротивление падающему телу. Сила этого сопротивления выражается уравнением

$$R = \frac{G}{g}(g - j) \text{ кг}, \tag{28}$$

где G — вес тела в *кг*;

g — абсолютное ускорение силы тяжести;

j — ускорение движущегося тела в воздушной среде.

Сопротивление воздушной среды также зависит от формы, величины и скорости падения тела, что выражается формулой

$$R = k\rho S v^2 = 2kS\gamma\frac{v^2}{2g}, \tag{29}$$

где $\rho = \frac{\gamma}{g}$ — массовая плотность воздуха в *кг/сек*^{2}/*м*^{4};

k — коэффициент, учитывающий аэродинамические свойства тела;

S — площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную к направлению движения (миделево сечение тела), в *м*^{2};

v — скоростной напор.

При падении тела в восходящей струе воздуха сопротивление воздушного потока будет возрастать вместе с увеличением его скорости.

При какой-то определенной скорости сопротивление воздушного потока будет равно весу тела, которое останется во взвешенном состоянии до тех пор, пока силы будут уравновешены. Такая скорость воздушной струи называется критической и выражается уравнением

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{g}{K_1\rho S}}, \tag{30}$$

где g — ускорение силы тяжести;

K_1 — числовой коэффициент;

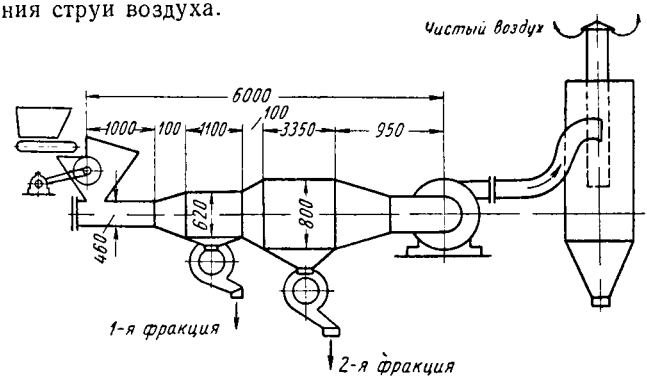
S — миделево сечение;

ρ — плотность воздуха.

Отработавшая смесь, поступая в воздушный сепаратор, подвергается воздействию воздушного потока, в котором зерна различной величины будут иметь различные критические скорости движения, что позволяет разделить песок по зернистости.

Воздушные сепараторы делятся на два основных типа: камерные и центробежные.

В сепараторах камерного типа (фиг. 46) разделение по крупности происходит под действием силы тяжести и силы динамического давления струи воздуха.



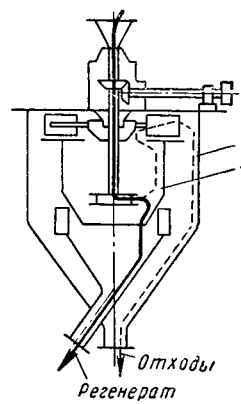
Фиг. 46. Воздушный сепаратор камерного типа.

Сепараторы центробежного типа (фиг. 47) отличаются от камерных тем, что в них перерабатываемая отработавшая смесь разбрасывается центробежной силой с горизонтального диска в проходящую струю воздуха, уносящую пылевидные частицы.

Воздушный сепаратор, состоящий из внутреннего и наружного кожухов, обрабатывает смесь, которая поступает через полый вал на разбрасывающую тарелку, приводимую в движение коническими шестернями. На валу закреплен вентилятор, создающий поток воздуха в сепараторе.

Производительность воздушных сепараторов — до 10 *т/час* смеси. Выход годного песка составляет 70—75%. Сепаратор отличается простотой конструкции и для его установки требуется сравнительно небольшая площадь.

К недостаткам воздушных центробежно-циркуляционных сепараторов следует отнести то, что с помощью их нельзя классифицировать пески по зернистости. Лучшие результаты может дать комбинированная установка воздушного сепаратора с вибрационным столом.



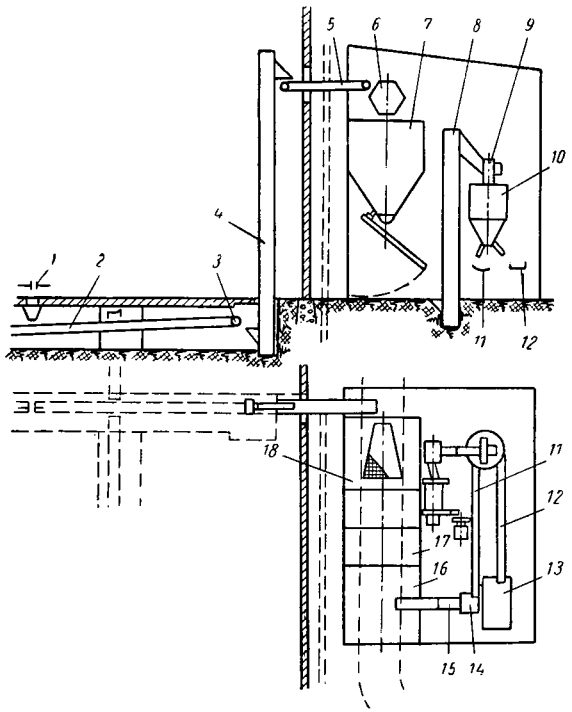
Фиг. 47. Схема центробежно-циркуляционного сепаратора:

1 — внешний кожух;
2 — внутренний кожух

Технологическая схема такой установки представлена на фиг. 48.

Отработавшая смесь после выбивки опок поступает на поперечные транспортеры, подающие ее на ленту *2*. Крупные куски смеси

и стержни размельчаются на дробилке *1*. С ленты *2* смесь поступает на электромагнитный сепартор *3*, затем через элеватор *4* на транспортер *5* с электромагнитом, откуда через сито *6* смесь поступает в бункер *7*. Крупные куски смеси из шестигранного сита передаются по желобу в бункер *18*, из которого периодически подаются на бе-



Фиг. 48. Технологическая схема комбинированной установки.

гуны. Из бункера *7* по желобу через элеватор *8* смесь поступает в дезинтегратор *9* для отделения глинистой корочки; затем смесь поступает в воздушный центробежный сепаратор *10*. Отходы поступают из сепаратора на вибрационный желоб *12* и вибрационный стол *13*. С вибрационного стола восстановленный песок поступает в воронку *14* элеватора *15* и передается в бункер *16*.

Отходы с вибрационного стола поступают в бункер *17*. Другой восстановительный поток песка из сепаратора поступает на транспортер *11*, передается в воронку элеватора *15* и направляется в бункер *16*. Установка может быть использована и для улучшения зернового состава свежего или некондиционного песка.

Восстановление песка с помощью электрокоронного разряда

При электрокоронной сепарации частицы песка заряжаются непрерывным потоком ионов, исходящих от коронирующего электрода.

Величина заряда отдельных частиц зависит от физических констант самой частицы и от электрических параметров коронного разряда, что выражается формулой

$$Q = \left(1 + 2\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}\right) E\rho^2 \frac{\pi knet}{1 + \pi knet}, \quad (31)$$

где ε — диэлектрическая постоянная вещества частицы;

ρ — радиус частицы;

E — напряжение поля;

n — концентрация ионов (число ионов в 1 $см^3$ газа);

k — подвижность ионов (скорость иона при напряженности поля, равной единице);

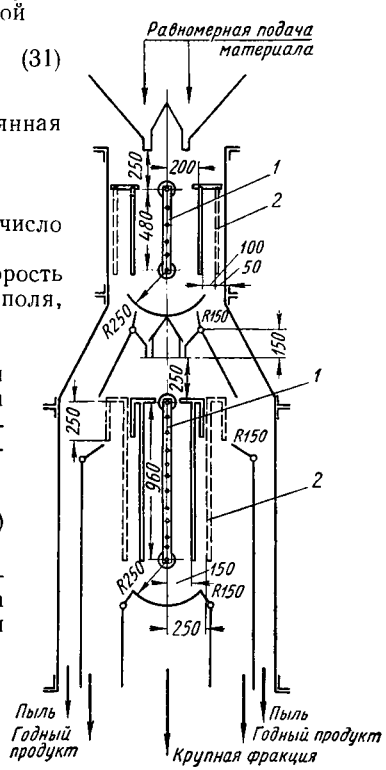
e — элементарный заряд.

При коронном разряде средней интенсивности частицы за весьма короткое время (0,01 сек.) приобретают заряд, близкий максимальному:

$$Q_{max} = \left(1 + 2\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1}\right) E\rho^2. \quad (32)$$

Следовательно, величина заряда будет прямо пропорциональна квадрату радиуса или поверхности частицы. На частицу, попавшую в поле действия коронного разряда, будут действовать две силы: сила тяжести, направленная вертикально, и электрическая, действующая горизонтально.

Основной силой, действующей на заряженную частицу в электрическом поле, будет



Фиг. 49. Принципиальная схема электрокоронного сепаратора (камерного типа):

1 — коронирующие электроды; *2* — соединительные электроды.

$$F = QE. \quad (33)$$

Отсюда следует, что электрические силы, действующие на частицу в поле камерного сепаратора, пропорциональны ее поверхности.

На фиг. 49 показана принципиальная схема электрокоронного сепаратора камерного типа. В верхней части сепаратора устанавли-

вают загрузочный бункер с рифлеными валиками внутри бункера. Вращаясь, валики размалывают смесь и постепенно подают ее в сепаратор. В центре сепаратора расположены коронирующие электроды представляющие собой тонкую нихромовую проволоку, натянутую между двумя вертикальными шинами, укрепленными на изоляторах. По обе стороны коронного электрода расположены осадительные электроды. Верхние осадительные электроды предназначены для удаления пыли; их изготовляют в виде сплошной металлической плоскости; нижние осадительные электроды предназначены для классификации песка и представляют собой заземленные сетки.

Корпус сепаратора представляет собой сварную раму, обшитую металлическими листами. Для очистки от пыли, оседающей на стенки сепаратора, последний снабжается вибраторами. Питание электросепаратора осуществляется постоянным током высокого напряжения.

Электрокоронные сепараторы конструируют производительностью 5 и 10 *т/час* смеси; они позволяют получать восстановленный песок трех фракций.

Малые габариты и простота конструкции позволяют осуществлять электрокоронную сепарацию отработавших формовочных смесей во многих литейных как массового, так и индивидуального производства литых деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтман М. Б. и др., Плавка и литье легких сплавов, Металлургиздат, 1956.
2. Балабанов Е. М. и др., Электрическая сепарация формовочных песков, Машгиз, 1951.
3. Берг П. П., Основы учения о формовочных материалах, Машгиз, 1948.
4. ВНИТОЛ, Формовочные материалы, Машгиз, 1954.
5. ВПТИ, Опыт внедрения безмасляных крепителей и быстросохнущих смесей, Машгиз, 1954.
6. Бродский А. Н., Физическая химия, Госхимиздат, 1944.
7. Головин С. Я., Краткий технологический справочник литейщика, Машгиз, 1956.
8. ГОСТ 3594-47 «Глины формовочные, методы лабораторных испытаний».
9. ГОСТ 2138-56 «Пески формовочные».
10. ГОСТ 3226-57 «Глины формовочные».
11. Кузовлев М. А. и др., Справочник мастера-литейщика, Машгиз, 1952.
12. Михеев М. А., Основы теплопередачи, Госэнергоиздат, 1949.
13. НИИЛИТМАШ, Взаимозаменяемость формовочных песков и глин различных марок, ЦБТИ, 1953.
14. НИИЛИТМАШ, Обогащение формовочных песков, ЦБТИ, 1953.
15. НИИЛИТМАШ, Безмасляные литейные крепители и их применение в литейном производстве, ЦБТИ, 1953.
16. НИИЛИТМАШ, Противопригарные литейные краски и натирки и разделительные припылы, ЦБТИ, 1952.
17. НИИЛИТМАШ, Методы испытаний формовочных материалов для заводских земельных лабораторий, ЦБТИ, 1952.
18. НИИЛИТМАШ, Формовочные глины, ЦБТИ, 1956.
19. Попов А. Д. и Кузин Д. П., Пригары и засоры на стальных отливках, Машгиз, 1947.

20. Рыжиков А. А., Улучшение качества отливок, Машгиз, 1952.
21. Спасский А. Г., Основы литейного производства, Металлургиздат, 1950.
22. Ткаченко К. М. и Богданов А. И., Термореактивные смолы для оболочковых форм, «Литейное производство» № 3, 1956.
23. Туманский А. Л., Формовочные пески, Машгиз, 1956.
24. Туманский А. Л., Формовочные глины, НИИЛИТМАШ, Машгиз, 1953.
25. Шацких М. И. и Куткин С. Ф., Приготовление формовочных материалов и стержневых смесей в литейном производстве, Машгиз, 1953.
26. Шорин С. Н., Теплопередача, Госстройиздат, 1952.
27. Шипилин В. И., Изготовление стержней в литейном производстве, Машгиз, 1953.
28. ЦНИЛ Главформоматериала, Справочник по стержневым связующим материалам в литейном производстве, Оборонгиз, 1950.
29. Соколова В. А., Опыт применения быстротвердеющих связующих материалов для скоростного изготовления литейных форм и стержней, «Литейное производство» № 9, 1957.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ПРОИЗВОДСТВО МОДЕЛИ

ГЛАВА I

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА

§ 1. ОСНОВНОЕ ПОНЯТИЕ О МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТАХ

Наряду с быстрым ростом литейного производства в СССР значительное развитие получило и модельное производство. Почти все машиностроительные заводы при наличии литейных цехов имеют и модельные цехи, в которых изготовляются литейные модели.

При изготовлении отливок основными приспособлениями являются литейные модели и стержневые ящики. Литейные модели являются приспособлениями, при помощи которых получают полости (оттиски) в литейных формах, изготовленных из формовочных материалов.

В стержневых ящиках изготовляют песчаные стержни из формовочной смеси для образования как внутренних, так и наружных отверстий и полостей в литой детали.

При формовке в стержнях (без модели) стержневые ящики служат приспособлением для изготовления частей литейной формы, образующих внутреннюю и наружную полости.

Модель и стержневые ящики, модельные и подмодельные плиты, модели литниковой системы и другие детали принято называть модельным комплектом.

Изготовление моделей требует больших знаний, умения и с древних времен считается большим искусством. Модели вначале изготовлялись из глины, воска, мягкого камня и дерева, а позднее их стали изготовлять из затвердевающих масс (гипс, цемент и др.) и металлических сплавов. До 1917 г. в нашей стране почти все литые детали изготовлялись при помощи деревянных моделей. Около 100% моделей изготовлялось из дерева, и только на некоторых заводах небольшое количество моделей изготовлялось из металлических сплавов.

В нашей стране количество литых деталей, полученных при помощи деревянных моделей, составляет около 60% общего количества литья. Остальное литье изготовляют по металлическим моделям [1].

Но металлические модели рентабельно применять при производстве литых деталей главным образом малых и средних габаритов.

---

[1] Из доклада И. П. Егоренкова на научно-технической сессии по модельному производству в 1953 г. в Москве.

При крупносерийном производстве литых деталей больших размеров модели изготовляются из первосортной древесины наиболее прочных пород дерева, нередко в комбинации со вставными металлическими частями модели, а иногда всю поверхность модели обивают металлом.

Основной задачей работников модельных цехов в современных условиях является дальнейшая механизация модельного производства, совершенствование технологического процесса изготовления модельных комплектов. Это будет способствовать более быстрому изготовлению качественных и дешевых моделей и стержневых ящиков, а следовательно, и снижению стоимости литья.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

На ряде наших заводов деревянные модели и стержневые ящики изготовляются по рабочим чертежам моделей.

Технологию изготовления сложных отливок в большинстве случаев устанавливает технолог-литейщик непосредственно на чертеже (синьке), делая соответствующие обозначения цветными карандашами. Так, косой штриховкой красного цвета он отмечает места и размеры припусков на механическую обработку, а перекрестной штриховкой синего цвета — контуры стержневых знаков модели, а также количество и границы стержней, с указанием поверхности разъема модели.

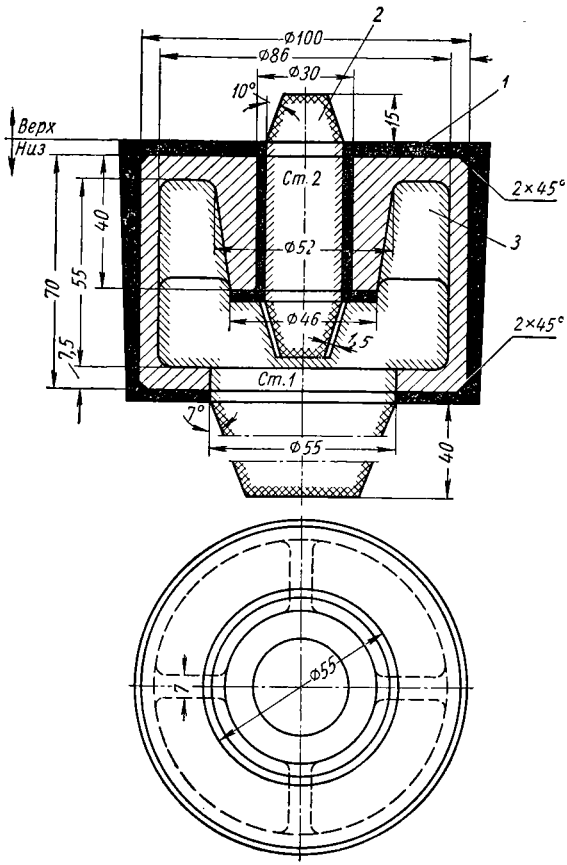
Положение отливки в форме указывают на чертеже стрелками с надписями «Верх» и «Низ».

На фиг. 50 приведен пример нанесения технологических указаний для изготовления модельного комплекта по упрощенному способу: контуры стержня *3* заштрихованы синим цветом.

Технологию изготовления отливок средней сложности и простых модельных комплектов очень часто устанавливают сами модельщики по согласованию с мастером цеха. Для определения технологии изготовления моделей и ящиков как технолог-литейщик, так и модельщик должны ясно представить себе конфигурацию литой детали, которую нужно будет изобразить на чертеже. При этом необходимо обратить внимание на габарит детали, на ее поверхность, подлежащую механической обработке, на форму и размеры отверстий. Кроме того, необходимо также определить положение модели в форме в соответствии с поверхностью разъема формы, показав условно на чертеже линию разъема формы («Верх» и «Низ»).

Для облегчения процесса изготовления моделей модельщик вычерчивает модельный чертеж на деревянном щитке, склеенном из досок, или на фанере, а иногда на алюминиевом листе, изображая при этом один или несколько размеров детали, которые являются профилирующими или основными для разработки технологии изготовления модели. На модельном чертеже деталь изображают только в натуральную величину, по усадочному метру или усадочной линейке, не показывая цифровых размеров и пунктирных линий.

Модельный чертеж вычерчивают в натуральную величину модели потому, что по нему определяют величину заготовок, размечают и изготовляют шаблоны и контролируют размеры моделей и ящиков

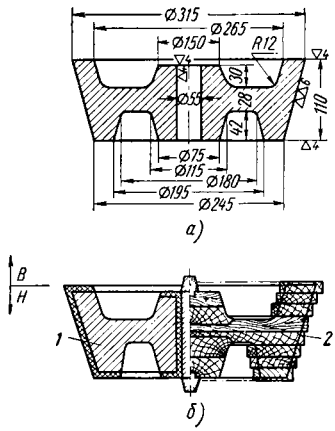


Фиг. 50. Рабочий чертеж детали поршня (синька) с технологическими указаниями:

1 — припуски на механическую обработку (штрихуются красным карандашом); *2* — знаки модели (обводятся синим карандашом); *3* — общий стержень полости поршня (штрихуется синим карандашом).

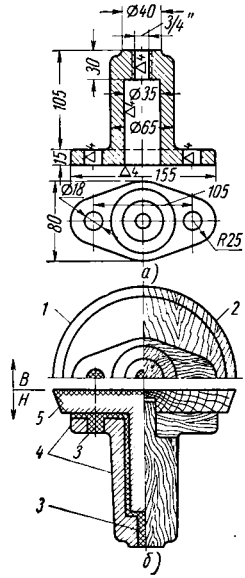
как в период их изготовления, так и в период их приемки отделом технического контроля модельного цеха. Модельный чертеж вычерчивают на щитке острой чертилкой. На щитке прежде всего наносят осевые линии (сплошные), от которых отмечают все остальные раз-

меры с чертежа, определяющие контур детали. Затем на тех поверхностях, на которых на чертеже детали указаны условные значки механической обработки (в виде треугольников), откладывают величины припусков, и вся толщина слоя припуска (фиг. 51) на теле в разрезе штрихуется (желательно красным карандашом отлично от штриховки сечения детали). Отверстия, не выполняемые отливкой, штрихуются так же, как и припуск на механическую обработку (фиг. 52). На модельном чертеже вычерчивают и формо-



Фиг. 51. Чертеж конического катка:

а — чертеж детали; *б* — модель: *1* — модельный чертеж, вычерченный на деревянном щитке; *2* — чертеж технологии модели.



Фиг. 52. Чертеж колпачка:

а — чертеж детали; *б* — модель: *1* — модельный чертеж, вычерченный на деревянном щитке; *2* — чертеж технологии модели; *3* — припуск на механическую обработку; *4* — припуск на формовочный уклон; *5* — стержневой подвесной знак.

вочные уклоны в зависимости от положения модели по отношению к поверхности разъема формы (фиг. 52).

Зная положение модели в форме и поверхность разъема формы, можно установить размеры и форму стержневых знаков.

Дополнительно к модельному чертежу модельщик определяет технологию изготовления модели — намечает заготовки частей модели и метод соединения их между собой (фиг. 51—52). Затем, после выполнения модельного чертежа, модельщик приступает к изготовлению модельного комплекта.

Такой способ изготовления модельного комплекта непроизводителен, особенно при серийном производстве, так как модельщик —

работник высокой квалификации — нерационально тратит время на разработку технологии изготовления модели по рабочему чертежу детали, а также на другие второстепенные работы (заготовку материала, выстрагивание и выпиливание заготовок, склеивание, обработку заготовок на токарном или других станках и т. д.).

Наиболее рационально изготовлять модельный комплект в том случае, когда модели и стержневые ящики выполняются по специальным технологическим чертежам (на которых дается технология их изготовления, указаны и размеры и метод соединения отдельных частей, направление продольных волокон заготовок и т. д.).

При изготовлении моделей и стержневых ящиков по технологическим чертежам затрачивается на 25% меньше времени, чем при изготовлении их по рабочим чертежам деталей, и работа эта может выполняться модельщиками, квалификация которых на 1—2 разряда ниже. Следовательно, при заранее разработанной технологии изготовления модельных комплектов, представленной в виде технологических чертежей с технологической картой, уменьшается трудоемкость, снижается стоимость и повышается производительность труда. Поэтому все повторяющиеся в условиях производства модельные комплекты, особенно при серийном производстве отливок, следует в конструкторско-технологических бюро разрабатывать технологические чертежи. Однако этот способ не нашел еще широкого применения на заводах ввиду длительности процесса разработки и составления технологических чертежей. Например, на заводе «Станколит» успешно применяют другой способ разработки технологии изготовления модельных комплектов. Все необходимые технологические указания даются на самом чертеже литой детали, как сказано выше, и кроме этого дополнительные данные из литейной технологии пишутся на оборотной стороне чертежа (синьки), на которой ставится специальный штамп определенной формы (табл. 33). Все технологические сведения для заполнения граф такой таблицы берутся из заранее составленных заводских нормалей.

При наличии разработанной технологии изготовления модельного комплекта модельщик после длительного ознакомления с чертежом сразу приступает к вычерчиванию модельного чертежа на щитке, а затем к изготовлению модельного комплекта. Выполнение заготовительных работ, а также изготовление более простых стержневых ящиков может быть поручено модельщикам невысоких разрядов, но ответственность за всю работу возлагается на того модельщика, который вычерчивал на щитке модельный чертеж.

Метод разработки технологии изготовления модельного комплекта непосредственно на синьках является наиболее рациональным. В пределах возможности надо создавать типовую технологию изготовления модельных комплектов, так как при такой технологии значительно проще разработать нормативы времени на их изготовление.

Таблица 33

Эскиз _____ Материал _____

Технологические условия на модель и стандартный ящик

Завод	„Станколит"				Метод формовки			Опоки						Цех					
								Длина			Ширина		Низ	Средний съем	Верх	Количество ящиков			
	Количество моделей в опоке	Материал модели	Класс прочности	Категория сложности	Количество съемов		Количество объемных частей	Минус по разъему в мм	% усадки			Количество шаблонов		Шихта		№ стержней	№ стержневых ящиков	№ коробок	Материал стержневых ящиков
					Общее	До 1-го ремонта			по длине	по ширине	по высоте	для сборки	для формы						

Продолжение

Цех																	
Количество стержней				Усадку стержневых ящиков по всем направлениям делать соответственно модели								Количество шаблонов для проверки на сторону	Разработал				
Категория сложности	Класс прочности	Конструкция ящиков (вытяжные или разъемные)	Количество гнезд в ящике	Сторона набивки	Количество съемов		Метод набивки (машинный или ручной)	Минус на сторону					Согласовал				
					Общее	До 1-го ремонта		по длине	по ширине	по высоте			Утвердил				

§ 3. НОРМАЛИЗАЦИЯ ОДНОТИПНЫХ МОДЕЛЕЙ И СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ

При изготовлении однотипных деревянных моделей и стержневых ящиков для повышения производительности труда снижения себестоимости целесообразно создавать нормализованные типовые таблицы на отдельные узлы и элементы (части модели). В таблицах для определенного узла или элемента, изображенного в виде эскиза или рисунка, должны указываться размеры, условия и нормы времени на изготовление, материал, количество моделей и стержневых ящиков. Примером может служить табл. 34, в которой даны технологические условия на изготовление модели или стержневого ящика из двух половин. Подобные таблицы можно составлять для изготовления таких деталей, как спицы для шкивов, ящики для опок кольца (барабаны) для шкивов, шпонки, скобы, рамки, подмодельные доски, а также прибыли, литники, выпоры, стержневые знаки и прочие элементы и заготовки моделей.

На Горьковском заводе фрезерных станков было нормализовано около 200 моделей, и это позволило заводу поручать изготовление их рабочим более низкой квалификации.

При наличии нормалей на ряд узлов и элементов, повторяющихся в процессе производства модельных комплектов, можно с успехом создавать на заводах бригады из менее квалифицированных модельщиков и столяров (3—4-го разряда), что дает возможность высвобождать высококвалифицированных модельщиков от несложных работ (работа на станках, склеивание заготовок и др.).

Для каждой модели любой сложности следует намечать ряд операций, необходимых при ее производстве, к которым будут относиться примерно следующие:

1) заготовка материала, разметка, вырезка отдельных частей и т.д.;

2) подгонка и склейка заготовленных чертежей;

3) обработка подготовленных заготовок модели вручную или на станках;

4) пригонка, сборка отдельных узлов или полностью всей модели и стержневых ящиков;

5) изготовление галтелей, отделка, проверка;

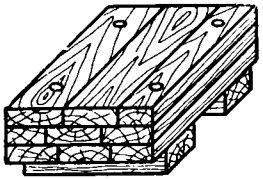
6) шпаклевка, грунтовка, окраска и т. д.

Из приведенных для примера в табл. 35 норм времени на изготовление моделей тройника видно, что при изготовлении моделей тройника на долю модельщиков приходится всего 40—50% времени работы, а остальное время распределяется между токарями, фрезеровщиками, малярами и др. Если точнее определить операции изготовления и нормирование их, а также усилить механизацию ручных работ, то время на модельные работы может быть значительно снижено.

При такой организации работы в модельном цехе высококвалифицированные модельщики 6—8-го разряда могут быть заняты на более ответственных работах — сборке моделей и на других операциях изготовления сложных моделей и стержневых ящиков.

Таблица 34

Типовая таблица норм времени

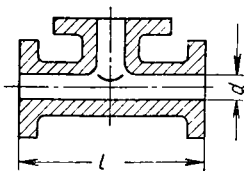


Материал — сосна	Нормы времени на заготовку разъемного стержневого ящика из двух половин в часах и минутах								Виды работы
Толщина материала в *мм*	Длина ящика в *мм*								
Количество слоев в одной половине	41—50 31—40 До 30	— — 200	— 200 250	200 250 325	250 325 400	325 400 500	400 500 600	500 600 —	600 — —	
10 8 5 3 2	Ширина ящика в *мм*									
— — — —	200	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	2.00	2.15	1. Заказ материала 2. Разметка 3. Фуговка, склейка и торцевание 4. Пригонка плоскостей разъема и установка на шипы 5. Установки шпонок на клею с шурупами. Изготовление фасок на шпонах
— — — —	250	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	2.00	2.15	2.30	
— — — —	325	1.20	1.30	1.40	1.50	2.00	2.15	2.30	2.50	
— — — 200	400	1.30	1.40	1.50	2.00	2.15	2.30	2.50	3.10	
— — — 250	500	1.40	1.50	2.00	2.15	2.30	2.50	3.10	3.30	
— — — 325	600	1.50	2.00	2.15	2.30	2.50	3.10	3.30	4.00	
— — 200 400	—	2.00	2.15	2.30	2.50	3.10	3.30	4.00	4.30	
— — 250 500	—	2.15	2.30	2.50	3.10	3.30	4.00	4.30	5.00	
— 200 325 600	—	3.10	3.50	3.00	4.30	4.00	5.30	5.00	5.30	
— 250 400 —	—	2.50	3.10	3.30	4.00	4.30	5.00	5.30	6.15	
200 325 500 —	—	3.10	3.30	4.00	4.30	5.00	5.30	6.15	7.00	
250 400 600 —	—	3.30	4.00	4.30	5.00	5.30	6.15	7.00	8.00	
325 500 — —	—	4.00	4.30	5.00	5.30	6.15	7.00	8.00	9.00	
400 600 — —	—	4.30	5.00	5.30	6.15	7.00	8.00	9.00	10.00	
500 — — —	—	5.00	5.30	6.15	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	
600 — — —	—	5.30	6.15	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	

Примечание. При составлении таблицы учтено основное, вспомогательное и прибавочное время.

Таблица 35

Примерные нормы времени на изготовление моделей тройников по 2-му классу прочности



Размеры в *мм*		Модельные работы		Токарные работы		Фрезерные работы		Отделочные и малярные работы	
d	*l*	Разряд	Часы и минуты	Разряд	Часы и минуты	Разряд	Часы и минуты	Разряд	Часы и минуты
15	150	3	5.00	4	2.00	4	1.00	3	3.30
25	175	3	6.00	4	2.30	4	1.30	3	3.30
50	200	3	7.00	4	3.00	4	1.30	3	5.30
75	250	3	8.30	4	3.30	4	1.40	3	7.40
100	275	4	9.30	5	3.45	4	1.50	3	8.20
125	300	4	11.00	5	4.00	4	2.00	3	9.00
150	350	4	14.00	5	4.30	4	2.20	3	10.30
175	400	4	17.00	5	5.00	4	2.45	3	12.00
200	450	4	19.30	5	5.30	4	3.00	3	15.00
250	550	5	28.00	5	6.00	5	3.25	4	21.00

На ряде заводов, например на Коломенском, Московском «Станколит», Горьковском фрезерных станков и др., введение нормалей на ряд узлов и элементов позволяет сократить цикл изготовления модельных комплектов и повысить производительность труда. Процесс изготовления металлических комплектов значительно отличается от процесса изготовления деревянных. Металлические модели и стержневые ящики, а также и сушильные плиты выполняют по разработанным чертежам в конструкторско-технологическом бюро модельного цеха.

Вначале разрабатывают литейную технологию, т. е. выбирают тип формовки, поверхность разъема модели и формы, расположение модели на плите, припуски на механическую обработку, формовочные уклоны и т. д., а затем проектируют модель, стержневые ящики, сушильные плиты. При проектировании модельного комплекта учитывают все технологические процессы изготовления его не только в литейном цехе, но и в металломодельном (механическом); при этом проектируют и технологическую оснастку в виде шаблонов для фигурных поверхностей, стержни-калибры и пр. Металлические

модели обрабатывают по заранее разработанным технологическим картам.

При проектировании металлических модельных комплектов также необходимо разрабатывать нормали на модели, плиты, стержневые ящики, опоки и пр. При наличии модельных чертежей и нормалей можно более рационально использовать квалифицированных рабочих (токарей, фрезеровщиков, слесарей и др.) по разрядам.

Разделение труда, разработка типовых технологических процессов, нормалей и т. д. как при изготовлении деревянных, так и металлических моделей остаются основными факторами, оказывающими влияние на повышение производительности труда.

§ 4. РАЦИОНАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ МОДЕЛЕЙ

Модельное производство является достаточно сложным процессом в производстве литых деталей. В модельном цехе по чертежам изготовляют модели как самые простые, так и сложные. При изготовлении сложных отливок технологу и модельщику приходится очень много времени затрачивать на разбор чертежа детали, чтобы представить себе модель в пространстве в трех измерениях. После тщательного ознакомления с чертежом намечают наиболее правильный и выгодный способ изготовления модели. При ее изготовлении необходимо предусматривать прочность, точность, удобство формовки и минимальное количество затраты труда. Следовательно, надо избирать такой способ изготовления модели и стержневых ящиков, который был бы самым рациональным.

Рациональным же способом можно считать такой, в котором при правильно выбранной литейной технологии ручная обработка модельного комплекта может быть заменена механической.

§ 5. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ

Чертеж является для модельщика основным документом, по которому он осуществляет изготовление модели для будущей литой детали, сконструированной конструктором. Обычно чертежи создаются в конструкторском бюро завода, чертежи металлических моделей и другой литейной оснастки — в бюро при литейном или модельном цехе. Но при всех условиях следует стремиться к тому, чтобы каждый конструктор хорошо изучил модельное и литейное производство или в крайнем случае при проектировании сложных литых деталей предварительно консультировался бы с работниками модельного и литейного цехов. Это особенно важно в период освоения каких-либо опытных машин или новых конструкций деталей. Также очень важно, чтобы чертежи перед отправкой их в модельный цех тщательно проверяли квалифицированные работники. Все это можно осуществить только при тесном содружестве конструкторского бюро с модельным цехом. Бывают случаи, когда конструктор, разрабатывающий

конструкцию литой детали изолированно от модельного и литейного цехов, допускает серьезные ошибки и в технологии и в размерах. Обычно выявляют это при вычерчивании модельного щитка модельщиком.

Иногда на чертеже не приводят необходимых размеров, сечений и разрезов, которые нужны для изготовления модели, или же оказывается, что в чертеже не сходится общий размер с суммой размеров, составляющих его. В этих случаях конструктору приходится вносить в свой чертеж соответствующие исправления.

Чертежи должны быть выполнены так, чтобы не приходилось вносить дополнительных пояснений к ним или исправлений их. Грамотно выполненный чертеж обеспечивает успешное выполнение модели. В случае отсутствия какого-нибудь размера на чертеже модельщик никогда не должен определять его по масштабу чертежа, так как всякий размер, измеренный по чертежу, на синьке всегда будет неточным, поскольку синька (светочувствительная бумага) после светокопирования промывается в воде, а затем сушится и, естественно, дает усадку. Поэтому исчисленные таким путем размеры на чертеже (синьке) будут всегда уменьшены, и при масштабе 1 : 5 или любом другом возникнет большая неточность. Ошибки и неточности чертежей, обнаруженные модельщиком (отсутствие размеров, несоответствие проекций или размеров и др.), должны быть исправлены конструктором.

Следовательно, чертежи литых деталей должны быть тщательно отрабстаны и только после этого направлены для использования в производство. Технолог-литейщик намечает технологию изготовления модели и после этого по чертежу изготовляется комплект деревянной модели.

Если деревянные модели можно изготовлять непосредственно по чертежу литой детали, то для изготовления металлических моделей необходимы чертежи для всего комплекта. Модельный комплект проектируют в конструкторско-технологическом бюро при наличии чертежа отливки, эскиза расположения моделей на плите и схемы формовки. Требования к выполнению чертежей для металлических моделей такие же, как и при выполнении чертежей литых деталей. Отличие их от обычных чертежей состоит лишь в том, что размеры проставляют в соответствии с технологией изготовления самих моделей, а не деталей. Величину формовочных уклонов указывают в градусах. Размеры в чертежах на большинстве заводов ставят с учетом усадки металла по обычному (простому) метру. Это способствует значительному ускорению разметки и обработки на станках. Однако на некоторых заводах на чертежах делают примечание: «Модель изготовить по усадочному метру 1 или 1,5%». То же относится и к стержневым ящикам. Такая система создает некоторые неудобства, так как модель или ящик изготовляют по усадочному метру, а плиту, штыри, контрольные шпильки и прочие детали — по простому. Поэтому целесообразнее пользоваться первым способом.

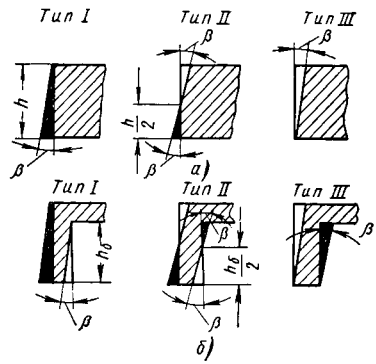
§ 6. ЛИТЕЙНЫЕ УКЛОНЫ, ГАЛТЕЛИ, ПРИПУСКИ НА УСАДКУ СПЛАВОВ И НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Литейные уклоны в моделях и ящиках

Для удобства формовки вертикальные стенки моделей делают с уклоном с целью извлечения их из формы. На внутренних поверхностях стенок, образующих сырой болван, делают по сравнению с наружными увеличенный уклон для облегчения снятия модели с сырого болвана или извлечения болвана верхней полуформы из полости модели. По этой же причине делают и уклоны на перпендикулярно направленных стенках стержневых ящиков к плоскости разъема. Уклоны бывают конструктивные и формовочные.

Уклоны на самих литых деталях, предусмотренные при конструировании с целью облегчения изготовления литейных форм и стержней, удаления без затруднений моделей из форм и освобождения стержневых ящиков от стержней, называются конструктивными.

При таких уклонах размеры отливок, указанные на чертеже, не подвергаются изменению.



Фиг. 53. Литейные уклоны в моделях:
а — наружные поверхности;
б — внутренние поверхности.

Формовочными уклонами называются такие уклоны, которые придаются рабочим поверхностям моделей непосредственно при их изготовлении, если на литых деталях отсутствуют конструктивные уклоны. Формовочные уклоны делаются за счет изменения размеров отливки.

В зависимости от того, должны ли отливки в дальнейшем подвергаться механической обработке или нет, а также от требований, предъявляемых к поверхностям отливки, формовочные уклоны можно выполнять путем увеличения размеров отливки, а также увеличения и уменьшения одновременно. При выполнении формовочных уклонов следует руководствоваться ГОСТом 3212-57.

На фиг. 53 показаны три типа уклонов для наружных и внутренних поверхностей. В чертежах настоящего стандарта формовочные уклоны указываются в градусах (угол β).—

На обрабатываемых поверхностях формовочный уклон выполняется сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (фиг. 53, *а*, тип *I*).

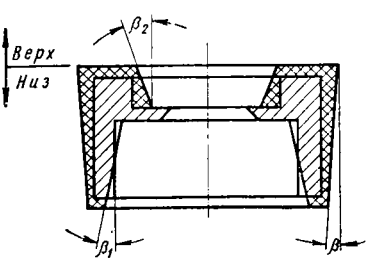
На необрабатываемых поверхностях, которые не сопрягаются с другими деталями, уклон выполняется за счет одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки (фиг. 53, *а*, тип *II*).

На необрабатываемых поверхностях, которые сопрягаются с другими, уклон выполняется за счет уменьшения (фиг. 53, *а*, тип *III*), увеличения или одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки (фиг. 53, *а*, типы *I* и *II*).

Величины формовочных уклонов наружных поверхностей моделей или стержневых ящиков зависят от высоты поверхности модели h, которая в процессе формовки будет располагаться вертикально или под углом по отношению к плоскости разъема формы. В табл. 36 указаны величины формовочных уклонов, наружных поверхностей моделей и стержневых ящиков.

Таблица 36

Измеряемая высота по поверхности модели в *мм*	Уклоны угла			
	Моделей			
	выплавляемых	оболочковых форм	металлических	деревянных
	Не более			
До 20	0°20′	0°45′	1°30′	3°
20— 50	0°15′	0°30′	1°	1°30′
50— 100	0°10′	0°30′	0°45′	1°
100— 200	—	0°20′	0°30′	0°45′
200— 300	—	0°20′	0°30′	0°30′
300— 800	—	—	0°20′	0°30′
800—2000	—	—	—	0°20′
Св. 2000	—	—	—	0°15′



Фиг. 54. Схема литейных уклонов на теле отливки.

Для стержневых ящиков формовочные уклоны рекомендуется выполнять равнозначными наружным уклонам моделей.

Типы формовочных уклонов на внутренних поверхностях (литейных болванов) показаны на фиг. 53, *б*. Величины формовочных уклонов литейных болванов в зависимости от высоты измеряемой поверхности модели $h_б$ и соотношения $\frac{d}{h_б}$ (где d — диаметр или наименьшая ширина болвана) приводятся в табл. 36б.

При соотношении $\frac{d}{h_б} \leqslant 1$ внутренние поверхности отливки следует выполнять посредством стержней.

Для болванов, снимаемых вместе с верхней опокой, величину формовочного уклона разрешается увеличить до двух раз в целях облегчения извлечения болвана из полости формы (см. фиг. 54).

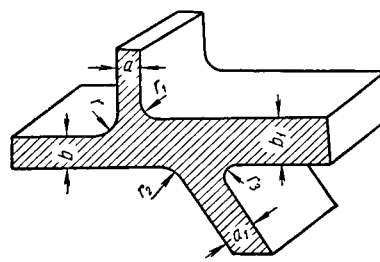
Таблица 36а

Измеряемая высота поверхности модели в *мм*	Модели	
	Металлические	Деревянные
	Уклоны при $\frac{d}{h_б} > 1$	
	не более	
До 20	3°	3°
20— 50	2°	2°30′
50—100	1°	1°30′
100—300	0°45′	1°
300—800	0°30′	0°45′
Св. 800	—	0°30′

Галтели

Галтелью называется закругление внутреннего угла модели с целью получения в отливке плавного перехода от одной ее поверхности к другой (фиг. 55). Галтели улучшают качество отливок, предотвращают осыпание формовочной массы в углах при вынимании модели. Устанавливаются следующие размеры радиусов галтелей для литых деталей: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30 и 40 *мм*. Радиус галтели следует принимать в пределах от $^1/_5$ до $^1/_3$ среднего арифметического толщин двух стенок, образующих угол. Например, при толщине одной стенки $a = 26$ *мм* и другой $b = 16$ *мм* радиус галтели r будет

$$r = \frac{a+b}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{26+16}{2} \cdot \frac{1}{3} = 7;$$



Фиг. 55. Сопряжение стенок отливки при помощи галтелей.

но так как по стандарту такой размер не рекомендуется, то принимают $r = 8$ *мм*. В случае необходимости по конструктивным соображениям можно брать другой размер галтели в отличие от стандартных. Радиусы галтелей 1, 2 и 3 *мм* применяют в основном для металлических моделей, которые выполняют главным образом на фрезерных станках.

Галтели в деревянных моделях и стержневых ящиках выполняют несколькими способами:

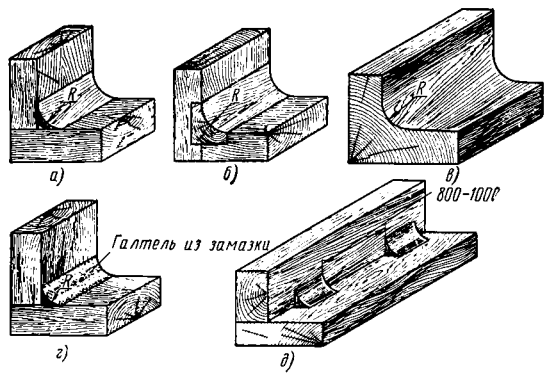
1) путем вклеивания в углы моделей готовых деревянных галтелей в том случае, когда изготовляют модели 1-го класса прочности при всех радиусах закругления и когда изготовляют модели 2-го и 3-го классов при радиусе галтелей более 8—10 *мм* (фиг. 56, *а*);

2) применяя способ врезки деревянных планок с выполнением галтелей в моделях и стержневых ящиках 1-го и 2-го классов проч-

ности (фиг. 56, *б*); при этом планки должны быть квадратной формы со стороной на 3—5 *мм* больше радиуса галтели;

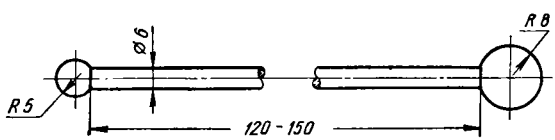
3) выполнением галтелей непосредственно в теле модели (фиг. 56, *в*);

4) подмазкой углов масляной замазкой при помощи галтельника (фиг. 57), или полукруглой стамески в моделях 2-го и 3-го классов прочности, или радиусе галтелей менее 8—10 *мм* (фиг. 56, *г*);



Фиг. 56. Выполнение галтелей в моделях и стержневых ящиках.

5) на крупных моделях допускается выполнение галтелей радиусом более 15 *мм* при помощи «маяков», устанавливаемых друг от друга на расстоянии 800—1000 *мм* (фиг. 56, *д*).



Фиг. 57. Галтельник.

На заводах США и Германии, помимо деревянных, делают галтели из кожи, которые вклеивают в углы в соответствии с требуемым размером радиуса.

Припуски в литейных моделях на усадку сплавов

Так как залитый в литейную форму металл при затвердевании уменьшается в объеме, т. е. дает усадку, то вследствие этого модель нужно изготовлять больше по сравнению с литой деталью на величину усадки. Соответственно при изготовлении моделей к размерам, указанным на чертеже детали, прибавляют соответствующий припуск на усадку металла или сплава. Этот припуск выполняют при помощи модельных усадочных метров (линеек), увеличенных против основного нормального метра (единицы длины метрической системы мер) на 1 или 1,25; 1,5; 1,75% и т. д. Например, усадочный метр

1%-ный отличается от обычного метра тем, что он берется равным 1010 *мм* и затем тарируется на 1000 *мм*. Таким образом, оказывается, что каждое деление усадочного метра (миллиметр, сантиметр, дециметр) больше деления нормального метра на величину усадки металла, т. е. на 1% (см. фиг. 83).

В простых по конфигурации деталях небольшой длины происходит полная усадка. В отливках более сложных и особенно у моделей, имеющих стенки разной толщины, усадка получается неполной вследствие неравномерного затвердевания и остывания, так как более толстые части затвердевают позднее, чем тонкие. На этом основании, а также благодаря возникновению сопротивления формы и стержней усадка может быть затрудненной, неполной. Вследствие неравномерной усадки отливка может покоробиться, а иногда в ней могут возникнуть трещины. В практике наблюдается, что отливки с ребрами, перегородками и особенно те, которые отливают со стержнями, дают усадку на 20—50% меньше нормальной.

Таблица 37

Линейная усадка литейных сплавов

Сплавы	Линейная усадка в %
Чугун:	
серый	0,5—1,2
белый	1,5—2,0
ковкий перлитный	1,2—2,0
ковкий ферритный	1,0—1,5
аустенитный (немагнитный)	1,3—2,0
Чугаль (чугун с 18—25% алюминия)	2,4—2,7
Сталь:	
углеродистая (0,14—0,75% углерода)	2,5—2,0
марганцевая (10—14% марганца)	2,5—3,8
жароупорная (25% хрома, 20% никеля)	1,8—2,2
Бронза:	
оловянистая	1,0—1,5
алюминиевая	1,2—1,8
Латунь цинковая	1,0—1,5
Алюминиевые сплавы	1,0—2,0
Дюралюминий (алюминий с 3,5—5,5% меди)	0,8—1,0
Магниевые сплавы	0,8—1,6
Силумин (алюминий с 5—14% кремния)	1,0—1,2
Цинковые сплавы	1,0—1,5

Примечание. Наибольшую усадку дают отливки простой конфигурации, не испытывающие сопротивления формы при затвердевании сплава; наименьшую — отливки сложной конфигурации, имеющие ребра, стержни и т. д., сопротивляющиеся усадке.

По данным И. П. Егоренкова, такие отливки, как цилиндры втулки, поршни, крышки, тонкостенные шкивы и др., дают усадку по диаметру наполовину меньше нормальной. Для отливок из ковкого чугуна в зависимости от толщины их стенок усадку следует брать в пределах 1—1,5% (при толщине стенки более 15 *мм* — 1%, при толщине до 100 *мм* — 1,5%). Поэтому при освоении литья новых изделий требуется тщательно измерить первые отлитые детали, определить в них отклонения от размеров модели и после этого установить усадку опытным путем. В случае резких расхождений в размерах с моделью последнюю придется переделывать. Величины усадки для различных сплавов приведены в табл. 37.

Припуски на механическую обработку

Припуском на механическую обработку называется толщина слоя металла (на сторону), которую удаляют с отливки в процессе ее механической обработки. Поверхности, подлежащие механической обработке, обозначаются на чертежах деталей условными знаками — треугольниками с цифровым индексом: ▽ 1; ▽▽ 3; ▽▽▽ 4; ▽▽▽▽ 10, которые характеризуют степень чистоты обработки детали. Величины средних отклонений неровностей поверхностей от средней линии их профиля соответственно будут находиться в следующих пределах:

Обозначение	Класс чистоты	Отклонения в *мк*
▽ 1	1	100—500
▽▽ 4	4	12,5—6,3
▽ ▽ 7	7	1,6—0,8
▽▽▽▽ 10	10	0,1—0,2

При наличии указанных знаков непосредственно на поверхности детали или на линии, продолжающей данную поверхность, к указанным на чертеже размерам следует прибавить величину соответствующего припуска для механической обработки. Если же на чертеже детали указан знак ∞, то припуск на механическую обработку, как правило, не предусматривается, так как это обозначение указывает на то, что деталь подвергается только зачистке неровностей на поверхности драчевой пилой, наждачным кругом или другим инструментом. Величина припуска на механическую обработку определяется разностью размеров отливки и зависит от следующих факторов: 1) материала отливки (чугун, сталь и др.); 2) наибольшего размера отлвики; 3) характера производства (массовое, серийное, индивидуальное); 4) степени сложности отливки, а также способа формовки.

На модели для машинной формовки припуски дают меньше, чем для ручной, ввиду бо́льшей точности размеров на моделях, изготовленных машиной. На те части отливки, которые в литейной форме при заливке обращены вверх, припуск дается несколько

Таблица 38

Припуски на механическую обработку для отливок из серого чугуна
(по ГОСТу 1855-55)

Наибольший размер отливки в *мм*	Группа припусков					
	1 (массовое производство)		2 (серийное производство)		3 (индивидуальное производство)	
	Наибольший припуск на обработку в *мм*					
	Простые отливки	Сложные отливки	Простые отливки	Сложные отливки	Простые отливки	Сложные отливки
До 100 вкл.	2	2	3	3	3	4
101—200	2	3	3	4	4	5
201—300	2	3	3	5	5	6
301—500	3	4	4	6	6	8
501—800	3	5	5	7	7	9
801—1200	4	6	6	8	8	10
1200—1800	5	7	7	9	9	11
1801—2600	6	8	8	10	10	12
2601—3800	—	—	9	11	11	14
3801—5400	—	—	10	12	12	16
5401 и выше	—	—	12	14	14	18

Таблица 39

Припуски на механическую обработку для отливок из стали
(по ГОСТу 2009-55)

Наибольший размер отливки в *мм*	Группа припусков					
	Массовое производство		Серийное производство		Индивидуальное производство	
	Наибольший припуск на обработку в *мм*					
	Простые отливки	Сложные отливки	Простые отливки	Сложные отливки	Простые отливки	Сложные отливки
До 200 вкл.	3	4	4	6	6	7
201—300	3	4	4	7	7	9
301—500	4	5	5	9	9	12
501—800	4	7	7	10	10	13
801—1200	6	9	9	12	12	15
1201—1800	7	10	10	13	13	16
1801—2600	9	12	12	15	15	18
2601—3800	—	—	13	16	16	21
3801—5400	—	—	15	18	18	24
Свыше 5400	—	—	18	24	24	30

больше обычного (2—6 *мм* в зависимости от величины отливки), так как на этих частях чаще всего образуются неметаллические включения (шлак, песок). Однако при назначении припусков надо стремиться не к увеличению, а к уменьшению их размеров, так как лишний припуск вызывает лишний съем металла, нерационально расходуемого на стружку, и, кроме того, ухудшает качество изделий, особенно у деталей, изготовленных из серого чугуна (снижается твердость на поверхности).

Размеры припусков на механическую обработку приведены в табл. 38 для отливок из серого чугуна, в табл. 39 — для отливок из стали и в табл. 40 — для отливок из цветных металлов.

Таблица 40

Припуски на механическую обработку для отливок из сплавов цветных металлов

Наибольший размер отливки в *мм*	Группа припусков					
	Массовое производство		Серийное производство		Индивидуальное производство	
	Наибольший припуск на обработку в *мм*					
	Простые отливки	Сложные отливки	Простые отливки	Сложные отливки	Простые отливки	Сложные отливки
До 200	2	2	2	3	3	4
201—300	2	2	2	4	4	5
301—500	3	3	3	5	5	6
501—800	3	4	4	5	5	7
801—1200	4	5	5	6	6	8
1201—1800	4	5	5	7	7	9
1801—2600	5	6	6	8	8	10
2601—3800	—	—	7	9	9	11
3801—5400	—	—	8	10	10	13
Свыше 5400	—	—	9	12	12	16

Отверстий в отливках из серого чугуна можно не делать, а высверливать их в процессе механической обработки, если диаметр отверстий отливки не превышает при массовом производстве 20 *мм*, при серийном — 30 *мм*, при индивидуальном — 50 *мм*.

В табл. 39 и 40 приводятся припуски на механическую обработку отливок из стали в соответствии с ГОСТом 2009-55.

Отрицательные припуски на модели

Для того чтобы обеспечить получение более точных размеров и веса отливки, рекомендуется при изготовлении моделей и стержневых ящиков пользоваться отрицательными припусками. Под отрицательным припуском понимается уменьшение размера модели против того размера, который указан на чертеже, на величину возможной неточности изготовления формы или стержней. Эта неточность

образуется главным образом в процессе индивидуальной формовки вследствие расталкивания модели перед извлечением ее из формы, при отделке формы и стержней гладилками, неравномерной набивке форм (раздутие формы, если она слабо набита) и др.

Стенки отливки, не подвергающиеся механической обработке, надо изготовлять тоньше на величину, указанную в табл. 41. Умень-

Таблица 41

Отрицательные припуски на модели

Вес отливки в *кг*	Толщина стенок отливки в *мм*									
	До 7	8—10	11—15	16—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—80	81—100
	Величина припуска в *мм*									
До 50	—0,5	—0,5	—0,5	—1,0	—1,5	—1,5	—2,0	—2,5	—3,0	—3,5
51—100	—0,1	—1,0	—1,0	—1,0	—1,5	—2,0	—2,0	—2,5	—3,0	—3,5
101—250	—	—1,0	—1,0	—1,5	—2,0	—2,0	—2,5	—3,0	—3,5	—4,0
251—500	—	—	—1,5	—1,5	—2,0	—2,5	—2,5	—3,0	—3,5	—4,0
501—1000	—	—	—	—2,0	—2,5	—2,5	—3,0	—3,5	—4,0	—4 5
1001—3000	—	—	—	—2,0	—2,5	—3,0	—3,5	—4,0	—4 5	—4,5
3001—5000	—	—	—	—	—3,0	—3,0	—3,5	—4,0	—4,5	—5,0
5001—10 000	—	—	—	—	—3,0	—3,5	—4,0	—4,5	—5,0	—5,5
Свыше 10 000	—	—	—	—	—	—4,0	—4,5	—5,0	—5,5	—6,0

шение толщины стенок, т. е. отрицательный припуск, устанавливается за счет наружных размеров отливки, потому что при изготовлении и отделке формы и стержней практически всегда получается некоторое увеличение их.

ГЛАВА II

ДЕРЕВО, ПИЛОМАТЕРИАЛЫ И МЕТОД ПОДСЧЕТА ПОТРЕБНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

§ 1. ДЕРЕВО КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ

Для производства моделей наиболее распространенным материалом до настоящего времени является дерево. Дерево обладает рядом преимуществ перед другими материалами, как-то: малым удельным весом, хорошей обрабатываемостью режущими инструментами, сравнительно невысокой стоимостью его и доступностью.

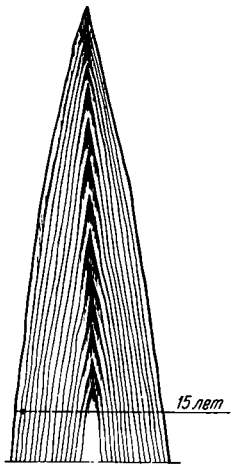
Модели, изготовленные из качественной древесины, являются прочными и при соответствующем уходе за ними обеспечивают большое количество съемов форм. Общий расход высококачественной древесины на производство моделей на всех заводах Советского Союза достигает более 100 000 $м^3$ в год.

Древесине присущи и недостатки, из которых главными являются гигроскопичность, коробление, неоднородность строения и относительно невысокая прочность. Однако применение соответствующих мер как при обработке дерева (распиловке, сушке, хранении, отбраковке), так и при изготовлении модели (вязке, окраске) способствует устранению или уменьшению этих недостатков.

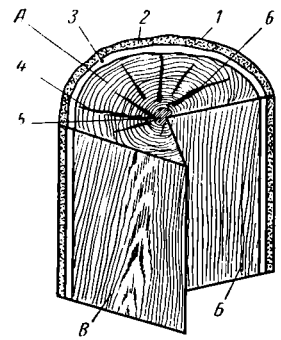
§ 2. СТРОЕНИЕ ДЕРЕВА

Дерево состоит из клеток различной формы и размера. Каждая клетка состоит из оболочки, представляющей собой одеревеневшую ткань, и жидкого вещества (содержимого клетки).

При рассмотрении ствола дерева в продольном разрезе (фиг. 58) видно, что он состоит из конусообразных годичных наростов древесины. В поперечном разрезе (фиг. 59) видно, что он состоит из коры *1*,



Фиг. 58. Продольный разрез ствола дерева.



Фиг. 59. Разрезы ствола дерева:

А — поперечный; *Б* — радиальный; *В* — тангенциальный (по хорде); *1* — кора; *2* — луб; *3* — камбий; *4* — древесина; *5* — сердцевина; *6* — сердцевинный луч.

луба *2*, камбия *3*, древесины *4* (заболони и ядра) и сердцевины *5*. При радиальном разрезе годичные слои на древесине видны в виде параллельных линий. При тангенциальном разрезе слои представляют извилистые линии с красивой текстурой.

К о р а состоит из двух слоев: а) наружного — предохранительного слоя, защищающего дерево от высыхания, механических повреждений и от влияния на него атмосферных явлений; б) внутреннего слоя, называемого лубом, способствующего проведению питательных веществ от листьев к корням.

К а м б и й, или так называемый камбиальный слой, представляет собой нежную и сочную ткань в виде тонкого слоя (пленки), распо-

ложенного на поверхности древесины под лубом. Камбий способствует росту новых клеток, которые откладываются на наружной стороне ствола и образуют волокно нового слоя древесины.

При поперечном разрезе ствола дерева заметны годичные наслоения древесины, по числу которых в нижней части ствола определяют возраст дерева. Чем тоньше годичные слои древесины, тем выше ее качество. Древесина у целого ряда пород деревьев (сосны, лиственницы, дуба и др.) состоит из заболони и ядра.

З а б о л о н ь представляет собой годичные слои древесины, примыкающие к коре, жизнедеятельность которых и обеспечивает рост дерева. Заболонь является более светлой частью древесины по сравнению с ядром.

Я д р о состоит из слоев древесины, расположенных возле сердцевины дерева. По своим свойствам ядровая часть древесины обладает большей прочностью, плотностью и меньшей влажностью по сравнению с древесиной заболони. Некоторые деревья, как, например, береза, клен, ольха, имеют только заболонь, древесина которой более однородна по плотности и влажности. У всех пород деревьев в середине ствола расположена сердцевина, состоящая из наиболее рыхлой, легко поддающейся загниванию древесины.

В радиальном направлении вдоль ствола расположены сердцевинные лучи, состоящие из тонких тканей дерева, служащие основными проводниками питательных веществ дерева.

§ 3. РАСПИЛОВКА И СУШКА ДРЕВЕСИНЫ

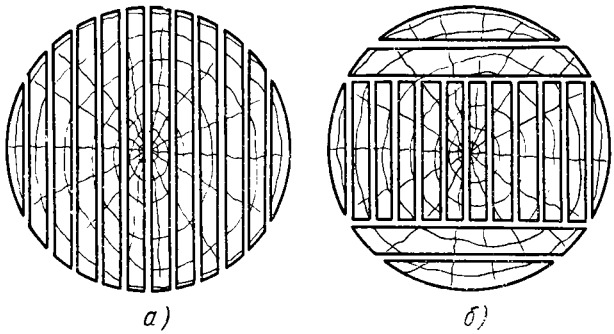
Растущее дерево обладает большой влажностью. Древесину обычно заготовляют зимой; деревья спиливают и бревна укладывают в штабели для сушки на воздухе, после чего на лесопильных заводах их распиливают на доски и бруски стандартных размеров. Доски — пиломатериалы толщиной 16—100 *мм* при ширине, превышающей двойную толщину. Бруски — пиломатериалы толщиной 110—240 *мм* и шириной не более двойной толщины.

Наиболее распространен способ распиловки бревен вразвалку (фиг. 60).

Применяется также радиальная распиловка (фиг. 61). На пиломатериалы, употребляемые для изготовления моделей, установлены технические условия, согласно которым принимают пиломатериалы. При этом оговариваются следующие пороки древесины: сучки, ухудшающие механические свойства и обрабатываемость древесины; гниль, резко снижающая механические свойства древесины; червоточины, снижающие качество поверхности древесины; трещины, увеличивающие отходы материала; косослой, увеличивающий коробление пиломатериала, и другие пороки.

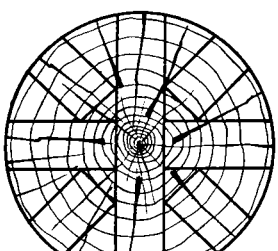
Пиломатериалы, заготовленные в виде досок или брусьев, предварительно подвергают сушке, чтобы удалить излишнюю влагу, доходящую иногда до 50—70 и больше процентов по весу. Поэтому

перед употреблением доски, брусья, тес сначала сушат или естественным путем на воздухе (воздушной сушкой), или искусственным — в специальных камерах (сушилах).



Фиг. 60. Схема распиловки бревна вразвалку на обрезные доски (*а*) и обрезные (*б*).

При естественной сушке используется естественное движение окружающего атмосферного воздуха, омывающего поверхность пиломатериала. Пиломатериалы укладывают в штабели под специальными навесами, на заранее подготовленные деревянные или бетонные фундаменты, высота которых должна быть от поверхности пола не менее 70 *см*.



Фиг. 61. Схема радиальной распиловки бревна.

При естественной сушке нет надобности затрачивать большие средства на какое-либо специальное оборудование, кроме складского (навеса). Следует отметить, однако, что недостатком ее является, во-первых, длительность сушки пиломатериалов, которая колеблется в зависимости от климатических условий. Например, в июле влага может испаряться до 5% в день, а зимой — не более 1—2% в месяц. У более твердых пород деревьев испарение влаги может быть значительно меньше. Поэтому процесс сушки древесины длится: для мягких пород на время до 2 лет, для твердых — до 4 лет и больше. Во-вторых, высушивать материал можно не до необходимой влажности, а до влажности атмосферы (т. е. до 18—30% влажности, которая колеблется в зависимости от времени года). В-третьих, наличие большого количества пилометериалов создает опасность в пожарном отношении. В-четвертых, при естественной сушке возможно

загнивание древесины, для предотвращения чего необходима сортировка всех штабелей.

Наиболее распространенным способом сушки является искусственная сушка дерева, т. е. сушка в специальных камерах подогретым воздухом.

Преимущества этого способа следующие:

1) во много раз сокращается срок сушки пиломатериалов;

2) влажность древесины доводится до степени, отвечающей требованиям технологии изготовления изделия;

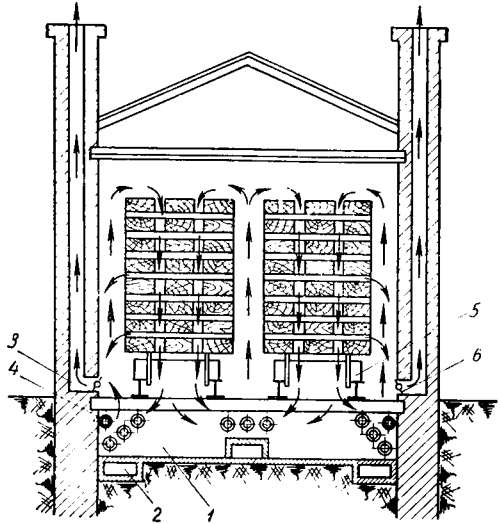
3) повышается качество древесины, так как исключается возможность развития гнили или синевы, а также появления грибков. Недостатком этого способа является то, что при постройке сушильных камер приходится затрачивать значительные средства на специальное оборудование, но эти затраты при большом производстве вполне окупаются. Расход пара на сушку 1 $м^3$ древесины в час составляет около 3 *кг*.

Камерные сушила бывают воздушные, паровые, газовые и электрические. Наибольшее распространение имеют воздушно-паровые сушила, когда воздух в них нагревается перегретым паром при посредстве паровых труб, калориферов или батарей. Такие сушила менее безопасны в пожарном отношении, обеспечивают необходмую температуру и влажность воздуха в сушильной камере и наиболее удобны и выгодны в эксплуатации.

Воздушно-паровые сушила делятся на два типа: периодического и непрерывного действия (туннельные). Сушила обоих типов бывают с естественной циркуляцией воздуха и с принудительной.

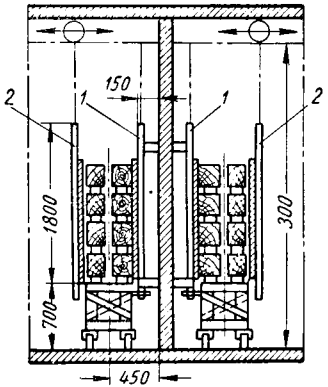
Сушку пиломатериалов в условиях модельного производства целесообразно осуществлять в сушилах периодического действия ввиду ограниченного потребления древесины по сравнению с деревообделочными заводами.

Сушила такого типа обычно имеют следующие габариты: длина 15 *м*, ширина 3—6 *м*, высота от головки рельсов 3—3,5 *м*, общая высота камеры 4—5 *м*. В противоположность сушилу непрерывного действия материал в сушиле периодического действия находится в неподвижном состоянии в течение установленного времени. Камерное сушило периодического действия загружается и разгружается целиком, сушило же непрерывного действия — постепенно. В камерных сушилах дерн укладывают только с одной стороны. Для облегчения загрузки и выгрузки материала его накладывают штабелем на специальные тележки. Материал на вагонетках-треках подается в камеру по рельсам, уложенным на уровне пола камеры. Пол в камере делают решетчатым. На фиг. 62а приводится схема сушильной камеры периодического действия с естественной циркуляцией воздуха. В нижней части камеры установлены нагревательные приборы — калориферы *1*. Свежий воздух впускается через каналы *2*, находящиеся под калориферами. Нагретый воздух при прохождении через калорифер поднимается вверх и омывает весь штабель древе-



Фиг. 62а. Схема сушильной камеры периодического действия:

1 — калориферы; *2* — приточные каналы; *3* — вытяжные трубы; *4* — труба для пуска пара; *5* — специальная тележка; *6* — заслонка.



Фиг. 62б. Сушка деревянных брусьев с вертикально расположенными электродами:

1 — неподвижный электрод;
2 — подвижный электрод.

сины; при этом воздух, несколько увлажняясь и охлаждаясь, становится тяжелее и опускается вниз сквозь штабель. Выйдя из-под штабеля, воздух частично удаляется наружу через вытяжные трубы *3*, а остальная часть, смешиваясь со свежим воздухом, проходит опять через калориферы, нагревается и совершает прежний цикл. Целесообразно удалять воздух, насыщенный парами воды, принудительно, с помощью вентилятора, устанавливаемого обычно в вытяжном канале.

Температуру воздуха в камере регулируют путем впуска пара в калориферные трубы. Влажность воздуха в камере регулируют путем открывания и закрывания заслонок, а в основном впуском пара. Для этой цели над калориферными трубами устанавливают газовую трубу *4* с отверстиями по толщине тела и заглушенным концом, и через нее по мере надобности подается пар. Продолжительность сушки материала зависит от породы дерева, его толщины, наличия в нем влажности и режима сушки. Например, сосновые доски толщиной до 25 *мм* при влажности 50% за 3 суток высыхают до влажности 12%, доски толщиной 90 *мм* — до такой же влажности за 19 суток.

Режим сушки для разных пород дерева и разных толщин пиломатериала различен. Для того чтобы доски или тес при сушке не трескались и не коробились, применяют предварительное пропаривание их, для чего в камеру подают влажный пар. Вначале их прогревают в течение 1—2 час. при температуре до 50° С. После пропарки повышают температуру примерно до 60° С, затем повторяют пропарку и, если необходимо, пропаривают до 3 раз. При правильном режиме сушки древесина не претерпевает большой деформации. Мягкие породы древесины сушат при температуре 40—75° С, твердые — при 35—55° С. Температура сушки пиломатериалов не должна превышать 80° С, так как при более высокой температуре изменяется структура поверхностных слоев древесины, т. е. происходит как бы закалка материала. Такой материал очень трудно обрабатывать режущим и строгальным инструментами.

Следовательно, сушка пиломатериала при любом режиме начинается при высокой влажности с небольшой температурой. Чем выше влажность древесины, тем большее количество влаги должен иметь вводимый в камеру воздух. Затем, по мере высыхания материала, температуру воздуха повышают, а влажность снижают до минимума. Большую роль при этом играет психрометр — прибор для определения температуры и влажности воздуха в сушилах. Режим сушки следует устанавливать по режимам, опубликованным в справочниках по деревообделочному производству.

В последнее время для сушки пиломатериалов применяют электросушила (фиг. 62б), в которых сушку осуществляют токами высокой частоты (ЦНИЛ треста «Севзаплес» и др.).

Сушка с применением токов высокой частоты продолжается всего несколько часов; при этом материал высушивается равномерно и не имеет трещин и коробления.

Особенности нагрева полупроводников и диэлектриков, к которым относится и дерево, в высокочастотном электрическом поле заключаются в том, что тепло выделяется непосредственно в нагреваемом материале, и температура материала может повышаться (изменяться) в течение небольшого времени. Например, влажная доска может быть нагрета до 100° С за 3 мин. Мощность тока, поглощаемая материалом, может регулироваться путем подбора и изменения параметров электрического поля. Установки для нагрева материала в высокочастотном электрическом поле очень удобны и не требуют большой подготовки для их использования. По данным доц. А. В. Донского, продолжительность сушки сосновых досок при диэлектрическом нагреве сокращается в 20—40 раз по сравнению с продолжительностью сушки в камерных сушилах (табл. 42).

Таблица 42

Сравнительные данные продолжительности сушки сосновых досок

Толщина сосновых досок в *мм*	Влажность в %		Продолжительность сушки в час.	
	Начальная	Конечная	В камерных сушилах	В высокочастотном электрическом поле
25	50	12	72	3
50	50	12	144	5
90	50	12	456	10

На фиг. 62б показана схема сушки древесины в высокочастотной установке с вертикально расположенными электродами. Для сушки дерева применяются электроды в виде металлических листов и в виде сетки. Целесообразнее применять электроды в виде сетки, так как сетка более плотно соприкасается с древесиной, и электроды обеспечивают не только равномерное распределение электрического поля, но способствуют также более эффективному удалению паров влаги. Расход электроэнергии при сушке пиломатериала приведен в табл. 43.

Таблица 43

Расход электроэнергии при сушке пиломатериалов

Толщина сосновых досок в *мм*	Влажность в %		Средний расход электроэнергии в *квт-ч/м³*	Расход электроэнергии на 1 *кг* удаляемой воды в *квт-ч/кг*
	Начальная	Конечная		
25—30	50	12	300	1,8—2,0
40—50	50	12	350	2,0—2,5
90—100	50	12	400	2,5—3,0

Для полного представления о целесообразности применения этого прогрессивного способа сушки древесины в табл. 44 приведены сравнительные данные о стоимости сушки сосновых вагонных брусьев размером 90 × 150 × 5000 *мм*.

Таблица 44

Сравнительные данные стоимости сушки древесины

Способ сушки	Стоимость 1 $м^3$ годной древесины с учетом брака в руб.	Прямые затраты на 1 $м^3$ годной древесины (электроэнергия, амортизация оборудования, эксплуатационные расходы) в руб.	Общая стоимость 1 $м^3$ годной древесины в руб.
В камерных сушилах	275	126	401
В высокочастотном электрическом поле	154	118	272

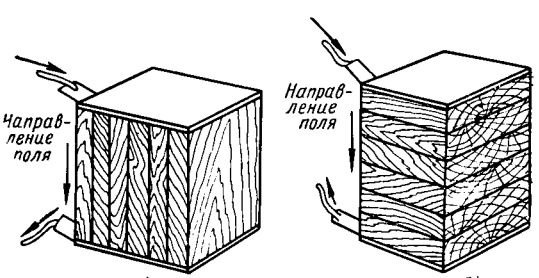
Данные табл. 44 показывают, что себестоимость древесины крупного сечения, высушенной токами высокой частоты, значительно ниже стоимости древесины, высушенной в камерах. При этом надо учитывать, что брак древесины при сушке токами высокой частоты составляет всего 5% вместо 20—50% в камерных сушилах. Токами высокой частоты можно также нагревать отдельные элементы и заготовки для склейки их. В этом случае склейка досок из нескольких слоев может быть осуществлена за несколько минут.

Применение токов высокой частоты в модельном производстве может значительно повысить качество изготовления моделей и производительность труда. Высокочастотные установки для диэлектрического нагрева, выпускаемые предприятием «Севзаппромэлектропечь», типа ЛГД-3 (3 *квт*) и ЛГД-10 (10 *квт*) и др. с успехом могут быть применены как для сушки древесины разных пород, так и для склеивания частей и заготовок моделей (фиг. 63).

Для обеспечения сохранения формы и размеров моделей и стержневых ящиков необходимо, чтобы влажность древесины соответствовала влажности окружающей среды при хранении и использовании моделей. Практикой установлено, что влажность материала, употребляемого на изготовление моделей, должна быть в пределах 8—12%.

По мере удаления влаги при сушке объем дерева уменьшается, а следовательно, уменьшаются и линейные размеры пиломатериалов. Уменьшение линейных размеров древесины в результате сушки называется усушкой. Усушка идет по трем направлениям: вдоль волокна, в радиальном направлении и в направлении касательной к годичным следам (тангенциальная).

Древесина усыхает неравномерно: в направлении длины ствола в пределах 0,1—0,3%, в радиальном направлении ствола в пределах 3—8% и в направлении касательной к годичным слоям дерева в пределах 5—12%. Величина усушки зависит главным образом от породы дерева (значительна, например, усушка березы и липы).



Фиг. 63. Расположение плоскостей склеивания при применении диэлектрического нагрева:

а — параллельное относительное направление электрического поля; *б* — перпендикулярное.

Фиг. 64. Схема коробления досок.

Вследствие неравномерной усушки пиломатериалы деформируются и подвергаются короблению.

Как видно из фиг. 64, коробление доски происходит в направлении, противоположном направлению годичных слоев (выпуклостью к сердцевине).

§ 4. ПОРОДЫ ДЕРЕВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МОДЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Л и п а. Древесина липы белого цвета, очень мягкая, легко обрабатывается в долевом и поперечном направлениях, обладает низкой прочностью, дает большую усушку, восприимчива к влаге. Применяется для изготовления мелких и средних моделей 2-го и 3-го классов прочности, со сложным контуром и для изготовления моделей, применяемых при художественном литье.

О л ь х а. Древесина ольхи желтоватого цвета, сравнительно мягкая, чисто обрабатывается в долевом и поперечном направлениях; по сравнению с другими породами дает небольшую усушку и малое коробление. Применяется для изготовления промоделей (модель для модели), а также мелких и средних моделей и стержневых ящиков любой сложности, изготовляемых по 1-му и 2-му классам прочности, включая модели с тонким телом и тонкими ребрами.

С о с н а. Древесина сосны смолистая, мягкая, желтоватого или белого цвета, с более темным цветом окраски ядровой части (в середине) и с ярко выраженными годичными слоями. Сосна дает неболь-

шую усушку и мало коробится, хорошо и чисто обрабатывается в долевом направлении волокон. Используется при изготовлении средних и крупных моделей любой сложности и всех классов прочности, а также стержневых ящиков, скелетных моделей и шаблонов.

Ель. Древесина ели белого цвета, с очень твердыми сучками. Сучки легко выпадают из высушенного пиломатериала.

Обрабатывается очень трудно; поверхность получается негладкой, особенно в торцовой части. Сильно коробится. Применяется при изготовлении неответственных моделей 3-го класса прочности, вспомогательных частей средних и крупных моделей и стержневых ящиков.

Лиственница. Древесина лиственницы по внешнему виду похожа на древесину сосны, но более твердая и прочная. Обладает малой склонностью к короблению. Обрабатывается чисто, но значительно труднее, чем сосна. Употребляется при изготовлении малых и средних моделей единичного производства 1-го и 2-го классов прочности, а также частей крупных моделей и стержневых ящиков.

Береза. Древесина березы белого цвета, полутвердая, но по твердости подобна лиственнице, дает большую усушку, подвержена сильному короблению, гигроскопична, восприимчива к загниванию. Хорошо обрабатывается на токарном станке. Поверхность получается очень гладкой. Используется для мелких изделий и частей моделей, имеющих форму тел вращения (стержневые знаки, бобышки, обод шкива и пр.). Применяется частично и для облицовки средних и крупных моделей.

Клен. Древесина клена твердая, плотная, белого цвета с желтым оттенком, дает малую усушку и незначительное коробление, трудно обрабатывается; поверхность получается очень чистая и гладкая. Применяется для изготовления мелких ответственных моделей 1-го класса прочности, индивидуального и серийного производства (для машинной формовки); для облицовки и изготовления ответственных частей крупных и средних моделей; для изготовления подмоделей и модельных шаблонов.

Бук. Белый и красный бук имеет твердую, почти одинаковую по своим механическим ствойствам древесину. По твердости бук более чем в 2 раза превосходит сосну. Дает повышенную усушку и подвержен значительному короблению. Применяется при изготовлении мелких моделей простой конфигурации 1-го и 2-го классов прочности для серийного производства, а также для облицовки средних и крупных моделей и стержневых ящиков и для зубьев шестерен.

Орех. Древесина ореха плотная, твердая, темноватого цвета, с красивой текстурой, хорошо обрабатывается, дает незначительное коробление. Применяется в исключительных случаях для изготовления мелких особо ответственных моделей с тонкими сечениями (для опытных агрегатов), со сложной конфигурацией, а также отдельных тонких частей небольших моделей и стержневых ящиков.

Груша (дикорастущая). Древесина груши красно-бурого цвета, твердая, плотная; поверхность после обработки получается гладкой, хорошо полируемой. Используется для изготовления чертежных принадлежностей, мерительных инструментов (линеек, угольников и др.).

Дуб. Древесина дуба желтовато-белого цвета, твердая, плотная обрабатывается трудно; поверхность получается шероховатой. Используется главным образом для модельного и формовочного инструмента; для изготовления моделей применяется редко.

Фанера березовая и ольховая или буковая (авиационная) 1-го сорта. Фанера — полутвердый материал в виде листов толщиной 2—12 *мм*. Обрабатывается хорошо, поверхность получается гладкой и чистой, коробление незначительное. Влажность не более 10%. Применяется для изготовления плоскостных тонкостенных моделей, модельных плит, рамок, модельных щитков и других частей модельного комплекта.

Дельта-древесина. Материал в виде фанеры, изготовленный путем горячего прессования березового шпона, пропитанного раствором смолы, полутвердый. Изготовляется в виде листов и плит. Листы изготовляются толщиной 1—12 *мм*; длина и ширина обусловливаются заказом. Плиты изготовляют толщиной 15 и 17 *мм*, шириной от 200 *мм* и больше, длиной 1400—5000 *мм*; коробление и гигроскопичность незначительные, влажность не более 8%; поверх-

Таблица 45

Основные физико-механические свойства древесины различных пород деревьев

Порода дерева	Удельный вес (средние данные) в *г/см*³	Усушка в % (средние данные)		Предел прочности при растяжении вдоль волокон в *кг/см*²	Предел прочности в *кг/см*²		Торцовая твердость в *кг/см*²
		Радиальная	Тангенциальная		Вдоль волокон	При изгибе	
Сосна	0,48	3,0	5,7	870	370	700	320
Кедр	0,43	1,3	3,4	770	340	1220	—
Ель	0,46	2,9—4,8	6,7—8,1	600	400	470	280
Лиственница . .	0,62	2,4	5,7	1730	530	1220	395
Бук	0,72	5,0	8,1	1640	610	1150	845
Береза	0,64	7,2	8,2	1760	520	1190	370
Дуб	0,73	3,1—3,9	7,5—7,8	1630	600	1290	725
Клен	0,64	3,4	6,6	1550	550	1020	740
Ясень	0,75	3,8—4,0	6,5—7,0	1345	440	1150	790
Ольха	0,55	2,9	5,0	1120	425	830	—
Липа	0,40	7,8	11,5	980	350	740	260
Орех	0,73	3,5	6,3	950	400	800	705
Дельта-древесина	—	—	—	2200—2650	—	—	—

Примечание. Показатели долевой усушки (по длине волокна) не приведены в таблице ввиду незначительной их величины (десятые доли процента).

ность после обработки получается гладкой. Применяется для изготовления тех же изделий, что и фанера.

Балинит. Материал балинит подобен дельта-древесине, полутвердый. Он отличается от нее тем, что для него березовый шпон предварительно химически обрабатывают едким натром, а затем, после пропитки раствором смолы, подвергают горячему прессованию. Изготовляется в виде листов и плит (досок). Листовой балинит изготовляется толщиной 1—6 *мм*. Рекомендуются марки Б01, Б02, Б07, Б08, сортов А и Б. Плиты изготовляются толщиной 10—60 *мм*, шириной от 500 *мм* и выше, длиной до 1500 *мм*; коробление и гигроскопичность незначительные, влажность не более 8%; поверхность после обработки получается гладкой. Применяется балинит для изготовления тех же изделий, что и фанера.

Показатели физико-механических свойств древесины различных пород деревьев приведены в табл. 45.

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ, ПОТРЕБЛЯЕМОГО В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Качество пиломатериалов хвойных пород должно соответствовать отборному 1-му и 2-му сортам лиственных твердых пород по ГОСТу 2695-56. Мягкие породы должны употребляться только в том случае, если они относятся к высшим сортам.

Выбор породы и сорта древесины при изготовлении модели зависят в основном от того, по какому классу прочности она изготовляется.

Годовую потребность в пиломатериалах для модельного цеха примерно можно подсчитать по формуле

$$P = (A_1 a_1 + A_2 a_2 + A_3 a_3 + A_4 a_4) \cdot 1{,}25 \ м^3, \qquad (34)$$

где A_1 — годовой выпуск ремонтного и опытно-экспериментального литья в $т$;

A_2 — годовой выпуск индивидуального литья в $т$;

A_3 — годовой выпуск серийного литья в $т$;

A_4 — годовой выпуск массового литья в $т$;

a_1 — расход древесины на 1 $т$ ремонтного и опытно-экспериментального литья в пределах 0,1 $м^3$;

a_2 — расход древесины на 1 $т$ индивидуального литья в пределах 0,02—0,05 $м^3$;

a_3 — расход древесины на 1 $т$ серийного литья в пределах 0,04—0,01 $м^3$;

a_4 — расход древесины на 1 $т$ массового литья в пределах 0,001—0,005 $м^3$;

1,25 — коэффициент, учитывающий внутрицеховые нужды модельного и литейного цехов (ремонтные работы, формовочные приспособления и др.), а также отходы древесины.

В показателях расхода древесины учтены и отходы ее. Переработка древесины одним модельщиком в год в среднем составляет

6—10 $м^3$ при мелком литье и сложных моделях, 10—15 $м^3$ — при крупном литье и несложных моделях.

Число модельщиков, потребное для модельного цеха, можно подсчитать по следующей формуле:

$$K = \frac{P}{D}, \qquad (35)$$

где P — годовой расход древесины в $м^3$;

D — количество древесины (в среднем), перерабатываемое одним модельщиком в год, в $м^3$.

Количество пиломатериала по породам, сортам и размерам определяется ориентировочно в зависимости от намечаемого количества сложных и простых моделей, прочности изготовления, размеров и пр.

Существует другой способ определения годового расхода древесины. Зная выпуск литья в год и принимая средний расход древесины 0,05—0,07 $м^3$ на 1 $т$ литья, определяют годовой расход:

$$P = A\,a\ [м^3], \qquad (36)$$

где A — выпуск годного литья в год в $т$;

a — средний годовой расход древесины на 1 $т$ годного литья, равный 0,06 $м^3$.

ГЛАВА III

ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕРЕВЯННЫХ МОДЕЛЕЙ

§ 1. ОБОРУДОВАНИЕ

Модельные цехи для сбработки древесины применяют следующие станки: циркулярные и ленточнопильные, фуговочные и рейсмусовые, фрезерные, токарные, шлифовальные (шкуровочные) и др.

Для изоляции рабочих мест модельщиков от шума фуговочные, рейсмусовые и циркуляционные станки размещают в специальных помещениях.

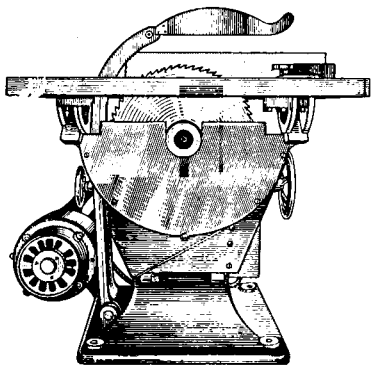
Циркулярный круглопильный станок

Циркулярный круглопильный станок (фиг. 65) применяется главным образом для продольной распиловки досок и брусков. Он также может быть использован и для поперечной распиловки.

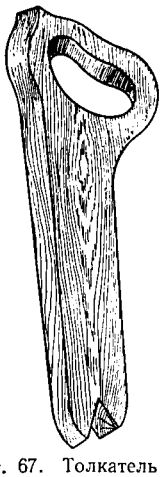
Круглопильные станки бывают как с ручной подачей пиломатериалов (досок), так и с механической. Схема станка с ручной подачей показана на фиг. 66. Станок состоит из чугунной станины, в подшипниках которой вращается вал с дисковой пилой. При работе пила должна быть ограждена специальным кожухом. Во избежание несчастного случая, при распиливании концов доски необходимо поль-

зоваться специальным ручным толкателем (фиг. 67), изготовленным из буковой или березовой доски толщиной 20—25 *мм*.

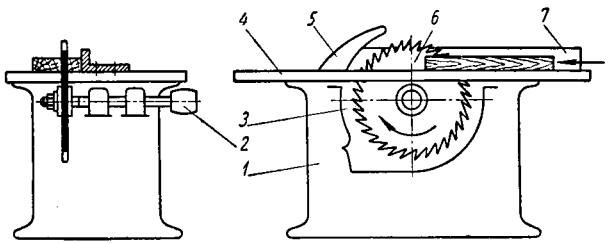
Ленточный станок (фиг. 68) применяется для прямолинейной и криволинейной распиловки. Схема рассматриваемого станка показана на фиг. 69.



Фиг. 65. Круглопильный станок, модель Ц-2-М.



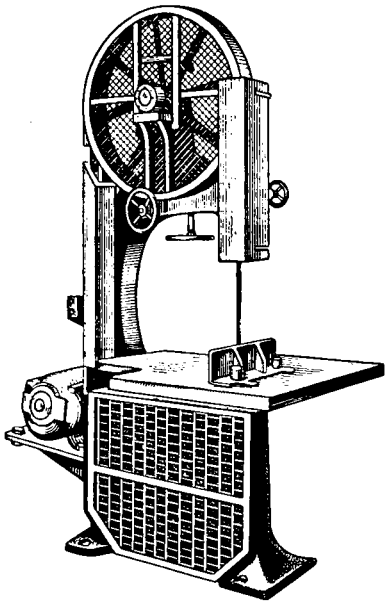
Фиг. 67. Толкатель для подачи пиломатериалов на круглопильном станке.



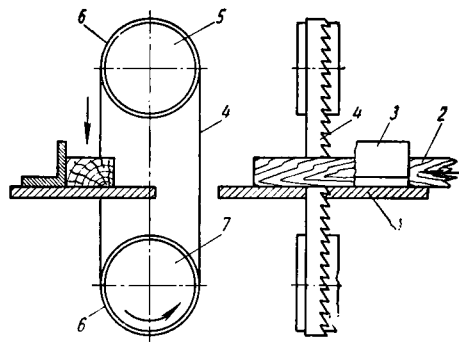
Фиг. 66. Схема круглопильного станка:

1 — станина; *2* — шкив; *3* — ограждение пилы с установкой отсоса опилок; *4* — стол; *5* — расклинивающий нож; *6* — дисковая пила; *7* — направляющий угольник.

Станок состоит из чугунной станины, на которой внизу в подшипниках закреплен ведущий шкив, соединенный с электромотором. В верхней части станины расположен ведомый шкив, равный по диаметру ведущему шкиву и находящийся в одной плоскости с ним. На эти шкивы надевают ленточное полотно пилы в виде бесконечной ленты. При вращении шкивов полотно пилы перемещается подобно

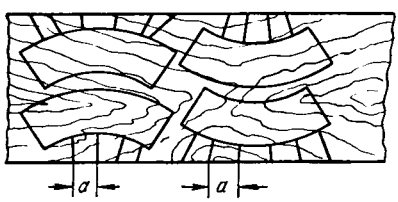


Фиг. 68. Ленточнопильный станок, модель ЛС-80-2.



Фиг. 69. Схема ленточного станка:

1 — стол; *2* — заготовка; *3* — направляющий угольник; *4* — пила; *5* — шкив ведомый; *6* — резиновое кольцо; *7* — ведущий шкив.

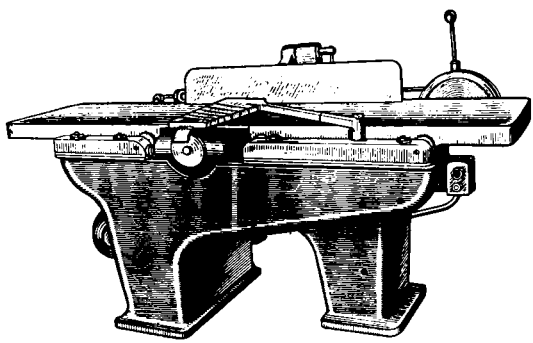


Фиг. 70. Заготовка с произведенными радиальными надпилами.

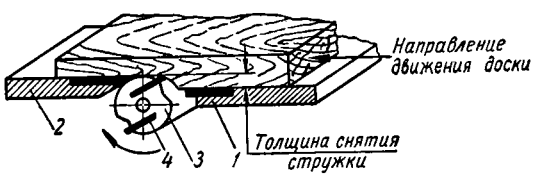
ремню при ременной передаче. Пиломатериал для распиловки подают вручную под режущую кромку движущегося вертикально вниз ленточного полотна. На ободе шкивов надеты резиновые кольца (шины), предохраняющие зубья пилы от порчи и способствующие натяжению полотна, а также бесшумной работе пилы. Для безопасной работы ленточное полотно вместе со шкивами ограждают кожухом из металлической сетки. При выпиливании заготовок с криволинейным контуром, например косяков, предварительно следует делать на заготовке радиальные надпилы к контуру кривизны косяка (наружному и внутреннему) не менее чем на величину ширины полотна *а*, как указано на фиг. 70.

Фуговальный станок

Фуговальный станок применяется для обработки плоскостей доски или бруска (фиг. 71). Станок состоит из станины, на которой укреплены две подвижные чугунные плиты стола и ножового вала



Фиг. 71. Фуговальный станок модель СФ-6.



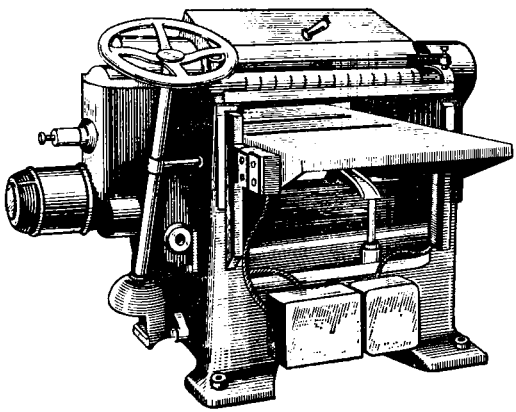
Фиг. 72. Схема основного узла фуговального станка:
1 — передняя плита; *2* — задняя плита; *3* — ножевой вал; *4* — ножи.

с пластинчатыми ножами, находящегося между плитами в середине станка. Вал приводится во вращение электродвигателем. Перемещая плиты стола с помощью винтов, можно устанавливать определенную толщину срезаемой стружки (фиг. 72). Подачу доски на фуговальном

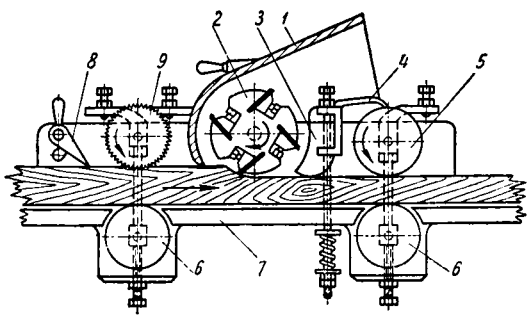
станке осуществляют вручную, с прижимом ее к плите. Работа на этом станке очень опасна, поэтому строгание надо вести весьма осторожно при обязательном ограждении ножового вала сверху специальным приспособлением.

Рейсмусовый станок

Рейсмусовый строгальный станок представляет собой пустотелую чугунную станину, внутри которой установлен стол, перемещающийся по вертикали для установления заданной толщины обстрагиваемой доски (фиг. 73). Под столом установлен ножовый вал с ножами, который получает вращение от электродвигателя. Доска к ножовому



Фиг 73. **Рейсмусовый** станок, модель СР-6-2.



Фиг. 74. Схема рейсмусового станка:

1 — чугунный колпак, отводящий стружку; *2* — ножовый вал; *3* — прижимная головка, *4* — козырек между гладким валиком и колодкой, защищающий щель от попадания стружек; *5* — подающий задний валик (гладкий); *6* — нижние ролики; *7* — плита стола; *8* — тормозные пальцы, *9* — подающий передний валик (рифленый).

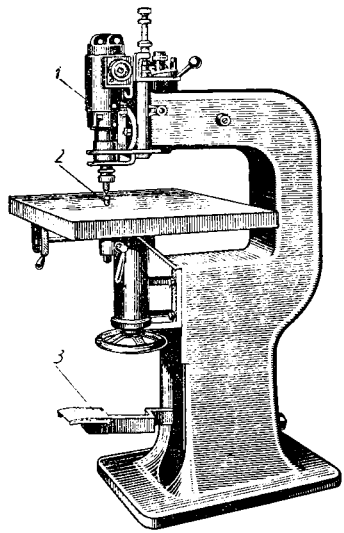
валу подается специально установленными валиками и роликами (фиг. 74).

Рейсмусовый строгальный станок применяется для строгания одной из сторон доски, с целью выравнивания ее толщины. На рейсмусовых станках строгают доски, одна сторона которых предварительно обработана на фуговальном станке.

Фрезерный станок

Фрезерные станки бывают нескольких типов: вертикальные, горизонтальные, копировальные. Все они предназначены для обработки криволинейных поверхностей древесины; особенно большое применение они находят при изготовлении наиболее сложных плоскостей стержневых ящиков. Древесину на фрезерных станках обрабатывают специальными фрезами, устанавливаемыми в шпинделе фрезерного станка.

На фиг. 75 показан копировально-фрезерный станок, применяемый для внутреннего фрезерования (и наружного) по замкнутым криволинейным контурам. С этой целью используют накладные шаблоны с выфрезерованными контурами, соответствующими контурам изделия, которое подлежит обработке на станке. Большое число оборотов шпинделя (20 000—30 000 об/мин) позволяет вести обработку древесины независимо от направления волокон.



Фиг. 75. Копировально-фрезерный станок:

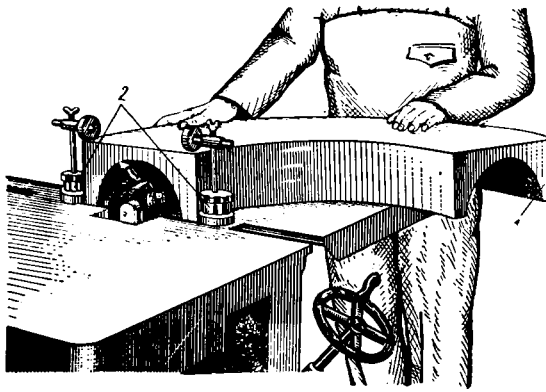
1 — шпиндель с мотором; *2* — упорный палец для копирной кромки шаблона, перемещающийся в вертикальном направлении при помощи рукоятки; *3* — педаль подъема шпинделя.

На фиг. 76 показано фрезерование стержневого ящика на горизонтально-фрезерном станке.

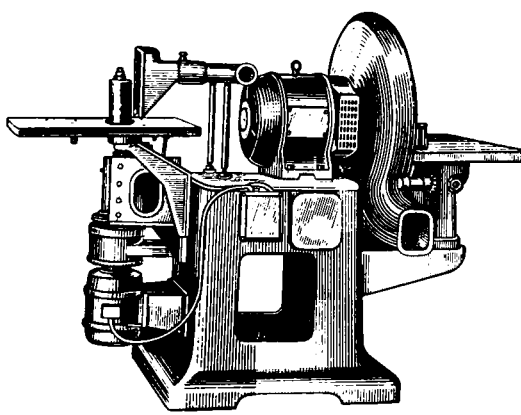
Шлифовальный станок

Шлифовальный станок служит для шлифования лентой или бумагой (шкуркой), закрепленной на станке, деревянных заготовок моделей и ящиков.

Шлифовальные станки бывают нескольких типов: шлифовально-ленточные, шлифовально-дисковые и комбинированные. На фиг. 77 показан комбинированный шлифовальный станок модели ШЛ-ДБ. Станок состоит из станины, на которой укреплены диск, бобина (цилиндр) и электродвигатель. Диск укреплен непосредственно на валу электродвигателя, а бобина — на шпинделе, имеющем, кроме вращательного движения, поступательное в вертикальной плоскости.



Фиг. 76. Горизонтально-фрезерный станок:
1 — стержневой ящик; *2* — направляющие ролики.

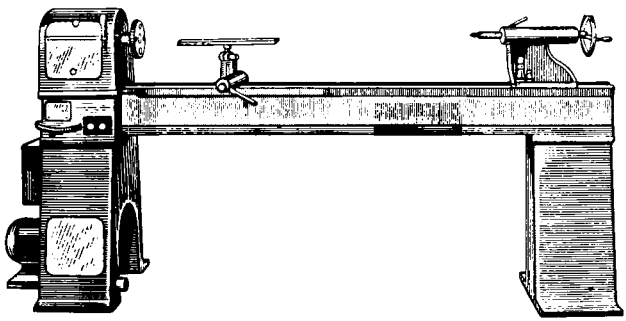


Фиг. 77. Шлифовальный станок, модель ШЛ-ДБ.

Заготовку устанавливают на столе и прижимают к поверхности шлифовального диска. Станок предназначен для шлифования плоскостей (диском), а также цилиндрических и кривых выпуклых и вогнутых поверхностей.

Токарный станок по дереву и работа на нем

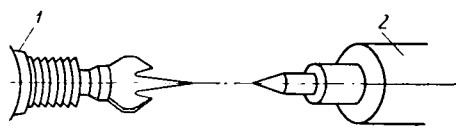
Токарный станок применяется для изготовления моделей или частей моделей, имеющих форму тел вращения. Он состоит из станины, на которой смонтированы передняя неподвижная бабка, под-



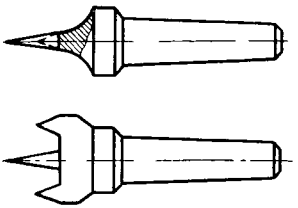
Фиг. 78. Токарный станок, модель ТП-200.

вижная задняя бабка и подручник для упора режущего инструмента при ручной его подаче (фиг. 78). В случае механической подачи резца применяют суппорт, так же как при обработке металлических изделий, который приводится в движение вручную.

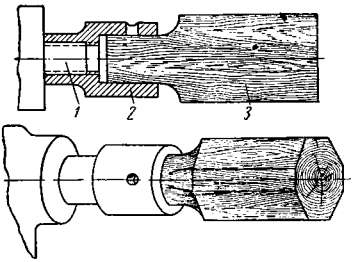
Заготовку древесины, предназначенную для обточки на токарном станке, надо надежно укрепить в центрах станка, на планшайбе или в специальном патроне. Заготовку укрепляют между центром, находящимся в задней бабке, и гребенкой, установленной в передней бабке (фиг. 79). В середине конца гребенки есть острый конический выступ, который центрирует один конец заготовки, а крайние зубья удерживают ее при вращении (фиг. 80). Второй конец задней бабки центрируется конусом. В зависимости от способа закрепления на станке заготовки, она должна быть соответствующим образом подготовлена к установке ее на станке.



Фиг. 79. Центры токарного станка:
1 — передняя бабка; *2* — задняя бабка.

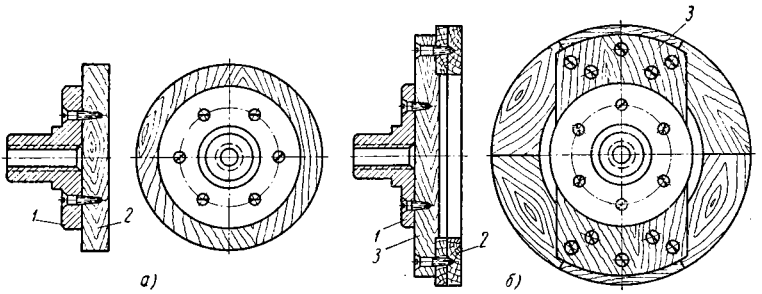


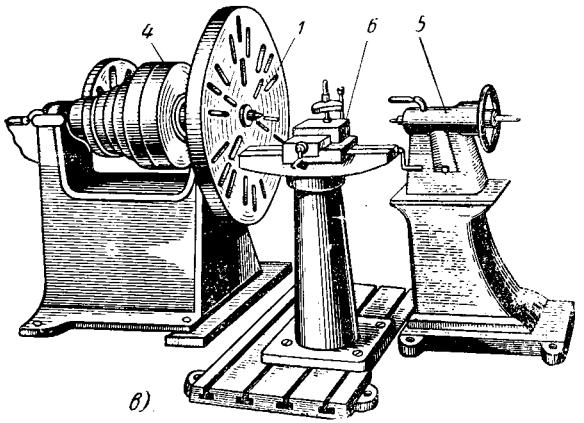
Фиг. 80. Гребенка-центр передней бабки.



Фиг. 81. Способ крепления заготовки при помощи патрона:

1 — винт передней бабки; *2* — патрон; *3* — заготовка.





Фиг. 82. Способ крепления заготовок на токарном и лобовом станках при помощи планшайбы:

а — крепление заготовки небольшого размера диаметром 150—300 *мм*; *б* — крепление заготовки диаметром 300—500 *мм*; *в* — лобовой станок для обработки заготовок диаметром 3000 *мм*; *1* — планшайба, *2* — заготовка; *3* — вспомогательная доска; *4* — передняя бабка; *5* — задняя бабка; *6* — суппорт.

При сбработке на токарном станке торца заготовки с расположением волокон дерева параллельно оси вращения, заготовку закрепляют в полый цилиндрический патрон, который навертывается на передний конец шпинделя, укрепленный в передней бабке станка (фиг. 81). Перед установкой заготовки на станок углы у брусков срубают. Один конец заготовки с помощью топора подгоняют под внутреннее отверстие патрона и забивают в него кувалдочкой или обухом топора. После обработки изделия патрон свертывается с винта посредством цилиндрического стержня, вставляемого в одно из отверстий, сделанных в теле патрона.

Заготовки диаметром 150—300 *мм* с расположением волокон древесины перпендикулярно оси вращения при обточке на токарном станке закрепляют на планшайбе шурупами, которые проходят через ее отверстия (фиг. 82). Планшайбу с заготовкой, в свою очередь, прикрепляют при помощи винта к передней бабке станка. Заготовки диаметром 300—500 *мм* закрепляют на планшайбе с помощью вспомогательных досок (фиг. 82, *б*), а заготовки диаметром больше 500 *мм* закрепляют на досках, связанных крестообразно.

В отличие от центрового токарного станка у лобового станка (фиг. 82, *в*), предназначенного для обточки деревянных заготовок моделей шкивов, маховиков, крышек и т. д. больших размеров (диаметром до 3000 *мм* и больше), передняя и задняя бабки, а также суппорт являются отдельными частями и закрепляются на чугунных фундаментных плитах. Резец при обточке заготовок подают от руки. Вращение шпинделя 100—1000 об/мин, что позволяет обрабатывать как крупные, так и средние по величине модели.

§ 2. ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ

Электрифицированный ручной инструмент

За последнее время с успехом применяют электрифицированный инструмент для строгания, фрезерования, сверления, шлифования, завинчивания шурупов и т. д. Такой инструмент позволяет облегчить труд модельщика, особенно при изготовлении крупных моделей, когда электрифицированные инструменты используют непосредственно на рабочем месте, т. е. там, где изготовляется модельный комплект. Наиболее распространенными инструментами являются:

1) дисковая электропила редукторного типа марки И-78; она применяется для обрезки заготовок, пропиливания пазов и других работ;

2) ленточная электропила с двумя шкивами одинакового диаметра 120—150 *мм*, на которые надета бесконечная пильная лента;

3) электрорубанок;

4) электрофрезер;

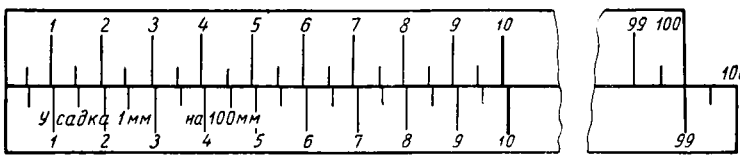
5) электрошлифовалка для обработки поверхности модели стеклянной бумагой в виде бесконечной ленты;

6) электроотвертка и др.

Оснащение модельных цехов таким инструментом будет способствовать повышению производительности труда и облегчению труда модельщиков.

Мерительный инструмент

М е т р. При изготовлении моделей в стержневых ящиках для измерения применяются (фиг. 83) стальные усадочные метры или линейки. Они изготовляются длиной больше обыкновенного простого

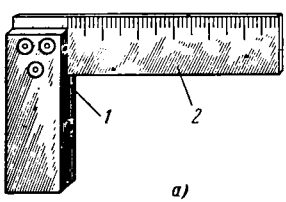


Фиг. 83. Усадочный метр в сопоставлении с простым метром.

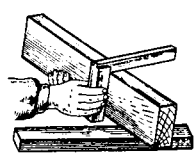
метра на величину усадки сплава отливки. В практике усадочные метры употребляются с учетом усадки 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2% и т. д.

У г о л ь н и к. Для проверки прямых углов и разметки перпендикулярных линий на досках и брусках применяются металлические и деревянные угольники (фиг. 84, *а*).

Угольник состоит из колодки и вставленной в нее под прямым углом тонкой линейки



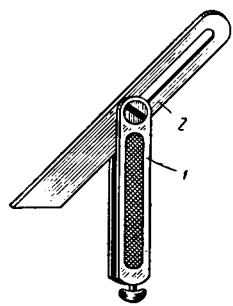
а)



б)

Фиг. 84. Угольник:

а — общий вид; *б* — проверка угольником обстроганной верхней кромки заготовки; *1* — колодка; *2* — линейка.



Фиг. 85. Малка:

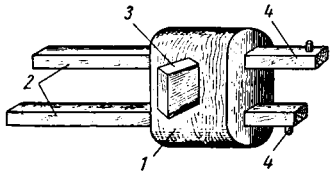
1 — колодка; *2* — линейка (перо).

(перо). При пользовании угольником колодку прикладывают к плоскости заготовки, выбранной за базу (фиг. 84, *б*).

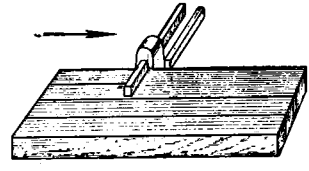
М а л к а применяется для проверки различных углов и разметки. Она состоит из колодки, в которую вставлена линейка (перо), соединенная с колодкой шарнирным винтом (фиг. 85). При пользовании малкой колодку прикладывают к базовой плоскости. Угол между колодкой и линейкой фиксируется винтом в торцовой части колодки. Малки бывают металлические и деревянные.

Р е й с м у с применяется для проведения параллельных линий на брусках и досках (фиг. 86). Он состоит из колодки *1*, в которую вставлены два деревянных или металлических бруска *2*, на концах которых имеются металлические шпильки *4*.

Брусочки закрепляются в колодке с помощью деревянного клина *3*. При работе рейсмусом колодка прижимается к базовой пло-

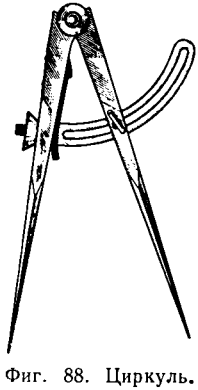


Фиг. 86. Столярный рейсмус:
1 — колодка; *2* — брусочки; *3* — клин; *4* — металлические шпильки.

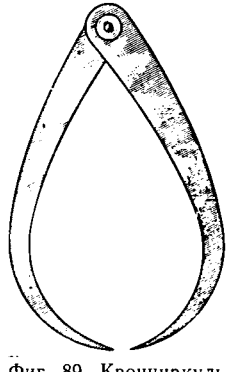


Фиг. 87. Схема разметки доски рейсмусом.

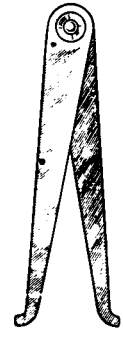
скости доски, а каждый брусочек закрепляется на нужный размер от плоскости колодки до металлической шпильки. При перемещении колодки металлическая шпилька наносит на поверхности доски риску (фиг. 87).



Фиг. 88. Циркуль.



Фиг. 89. Кронциркуль.



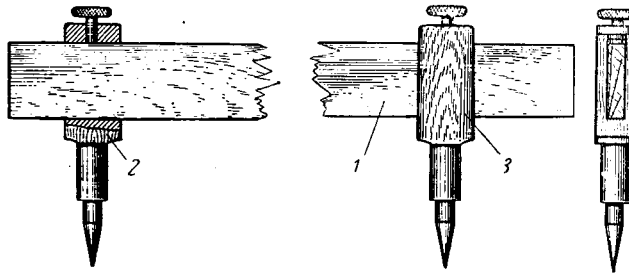
Фиг. 90. Нутромер.

Ц и р к у л ь применяется при вычерчивании дуг и окружностей и откладывании размеров на заготовке или изделии (фиг. 88). Он состоит из двух стальных ножек с острозаточенными концами, которые соединены между собой шарнирным винтом.

К р о н ц и р к у л ь применяется для измерения наружных размеров тел вращения, а также толщины изделий (фиг. 89). Он состоит из двух стальных кривых ножек, соединенных шарнирным винтом.

Н у т р о м е р состоит из двух плоских стальных ножек, концы которых выступают наружу (фиг. 90). Его применяют для измерения

внутренних отверстий, углублений и расстояний между отдельными частями изделий.



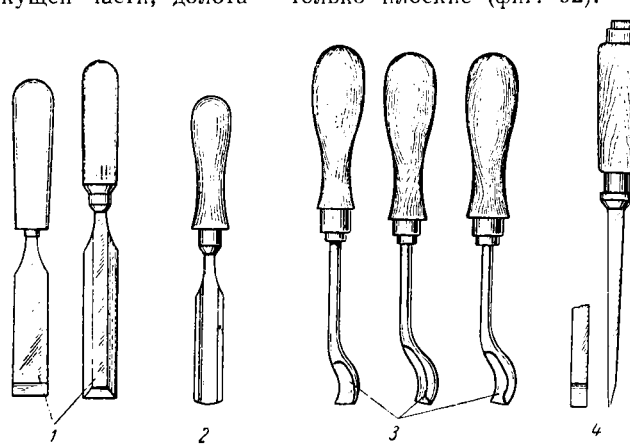
Фиг. 91. Штангенциркуль:

1 — линейка; *2* — закрепленная ножка; *3* — подвижная ножка.

Штангенциркуль служит для разметки больших окружностей и откладывания размеров. Он представляет собой длинную линейку, на которой находятся две ножки (фиг. 91), одна из которых является подвижной.

Режущий инструмент

Для изготовления моделей и ящиков применяются столярные стамески и долота разных размеров. Стамески бывают плоские, полукруглые и фасонные (клюкарзы) в зависимости от профиля их режущей части, долота — только плоские (фиг. 92).



Фиг. 92. Режущие инструменты:

1 — плоские стамески; *2* — полукруглая стамеска; *3* — клюкарзы разных профилей; *4* — долото.

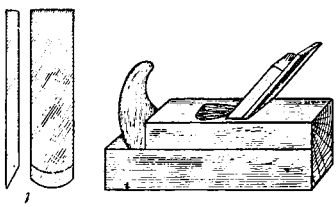
Плоские стамески применяются для срезания древесины по плоскости и поверхности с наружной кривизной. Полукруглые стамески применяются для вырезания внутренней кривизны.

Клюкарзы применяются для вырезания и врезания углублений, не доступных для обработки обыкновенными стамесками.

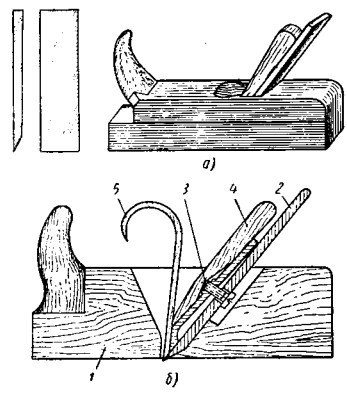
Долота применяются главным образом для долбления углублений в моделях и стержневых ящиках (соединяемых в шип) и др.

Строгальный инструмент

При обработке досок, брусков и других заготовок применяется строгальный инструмент, известный под общим названием стругов. Струг состоит из деревянной или металлической колодки, стального резца — железки и клина. В зависимости от чистоты обработки струги делятся на несколько видов. Для грубой обработки древесины строганием применяется шерхебель (фиг. 93). Он состоит из колодки с прорезью, в которую под углом 45° вставляется железка,



Фиг. 93. Шерхебель:
1 — железная пластинка.

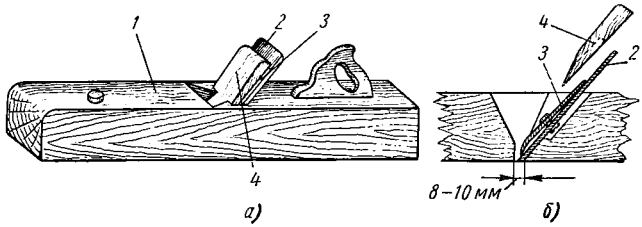


Фиг. 94. Рубанки:
а — одинарный; *б* — двойной; *1* — колодка; *2* — железка (резец); *3* — горбатик; *4* — клин; *5* — стружка.

закрепленная клином. Лезвие железки полукруглой формы; ширина железки не превышает 30 *мм*.

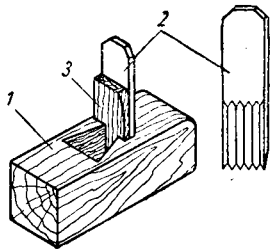
Для получения более чистой поверхности (после строгания шерхебелем) применяется рубанок с одинарной или двойной железкой (фиг. 94), длина колодки которого составляет 250—300 *мм*. Форма лезвия железки рубанка прямолинейная, ширина ее 40—50 *мм*. Рубанки с двойной железкой, как правило, применяют при обработке торцовых и долевых сторон заготовок, а также свилеватой древесины (кривослойной). При этом вторую железку (горбатик) закрепляют на рабочей железке винтом на расстоянии 0,5—1 *мм* от лезвия рабочей железки.

Для строгания плоскостей длиной более 300 *мм*, когда необходимо получить прямолинейную поверхность изделия, применяют фуга-



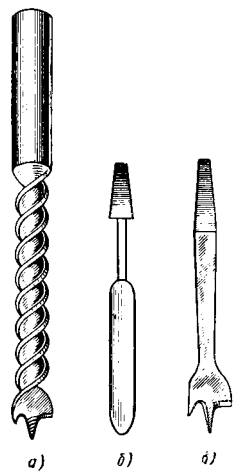
Фиг. 95. Фуганок:

а — фуганок в собранном виде; *б* — чертеж средней части фуганка, в которой устанавливается железная пластинка с горбатиком и клин; *1* — колодка; *2* — железная пластинка; *3* — горбатик; *4* — клин.



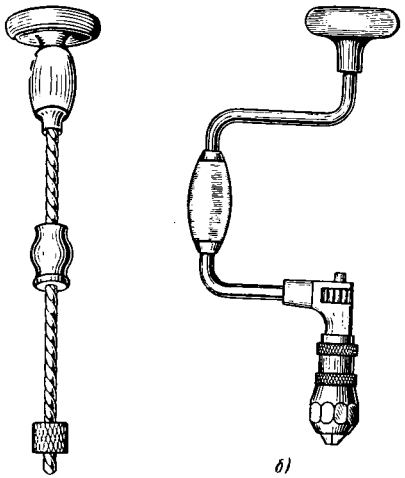
Фиг. 96. Цинубель:

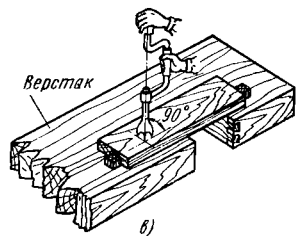
1 — колодка; *2* — железная пластинка; *3* — клин.



Фиг. 97. Сверла:

а — спиральное; *б* — ложечное (пёрка); *в* — центур.





Фиг. 98. Приспособления для сверления:

а — дрель; *б* — коловорот; *в* —расположение инструмента при сверлении.

нок (фиг. 95). Устройство фуганка аналогично устройству рубанка, но отличается от него размерами колодки, длина которой составляет 700—900 *мм*, а ширина 65—70 *мм*.

Для более прочного склеивания долевых плоскостей заготовок поверхности должны быть шероховатыми. Эта шероховатость делается цинубелем (фиг. 96), который устроен подобно рубанку, но отличается от него тем, что рабочая поверхность железки цинубеля рифленая и устанавливается в колодке под углом 80—90°.

Инструмент для сверления

Для высверливания круглых отверстий в древесине применяются спиральные сверла, центуры и пёрки. Лучшими сверлами являются спиральные, так как в центре их имеется винтовая резьба (фиг. 97, *а*). Применяются также пёрки (ложечные сверла) для получения сквозных отверстий диаметром до 15 *мм* (фиг. 97, *б*). Для сверления несквозных отверстий применяют центуры (фиг. 97, *в*).

Сверление может осуществляться на станке, а также при помощи дрели (фиг. 98, *а*) и коловорота (фиг. 98, *б*).

При сверлении дрелью и коловоротом необходимо, чтобы ось сверла совпадала с осью заданного отверстия (фиг. 98, *в*). При подходе сверла к концу отверстия следует замедлить сверление, чтобы избежать появления трещин и откалывания частиц древесины с нижней стороны изделия.

ГЛАВА IV

СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ И СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ

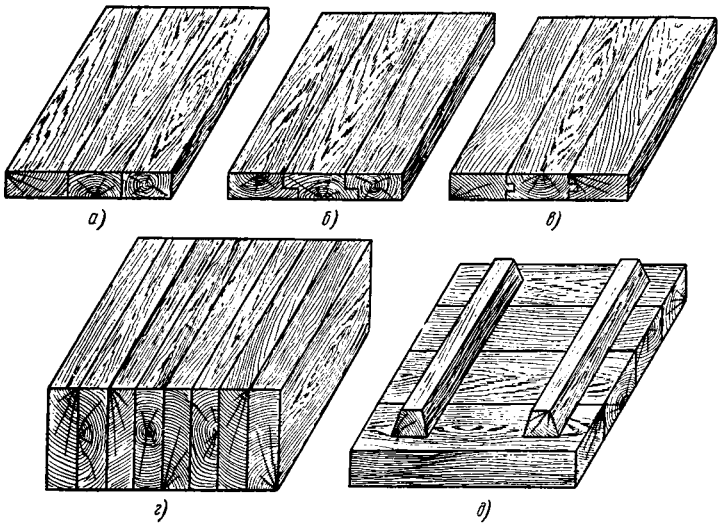
§ 1. СОЕДИНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК МЕЖДУ СОБОЙ СПЛАЧИВАНИЕМ, ВЯЗКОЙ И СКЛЕИВАНИЕМ

Сплачивание

Сплачиванием называется соединение досок или брусков по ширине или толщине, при котором долевые волокна древесины располагаются параллельно. Сплачивание применяют главным образом для получения щитов. Наиболее распространенным способом сплачивания является склеивание впритык. Склеиваемые поверхности предварительно должны быть хорошо обработаны с тем, чтобы они плотно прилегали одна к другой (фиг. 99, *а* и *г*). Чем меньше ширина досок при сплачивании, тем меньше будет коробление щита. Сплачивание может производиться соединением досок и брусков в фалец (фиг. 99, *б*) и в шпунт (фиг. 99, *в*).

При изготовлении щитов из широких досок для предупреждения их от коробления и придания им прочности применяют накладные

шпонки (фиг. 99, *д*). Сплачивание может производиться также с применением шипов (круглых или прямоугольных), с врезкой специальных шпонок и т. д.



Фиг. 99. Сплачивание заготовок с применением клея:

а — впритык по ширине досок; *б* — фалец по ширине досок; *в* — в шпунт; *г* — впритык по толщине досок; *д* — с накладными шпонками.

Вязка

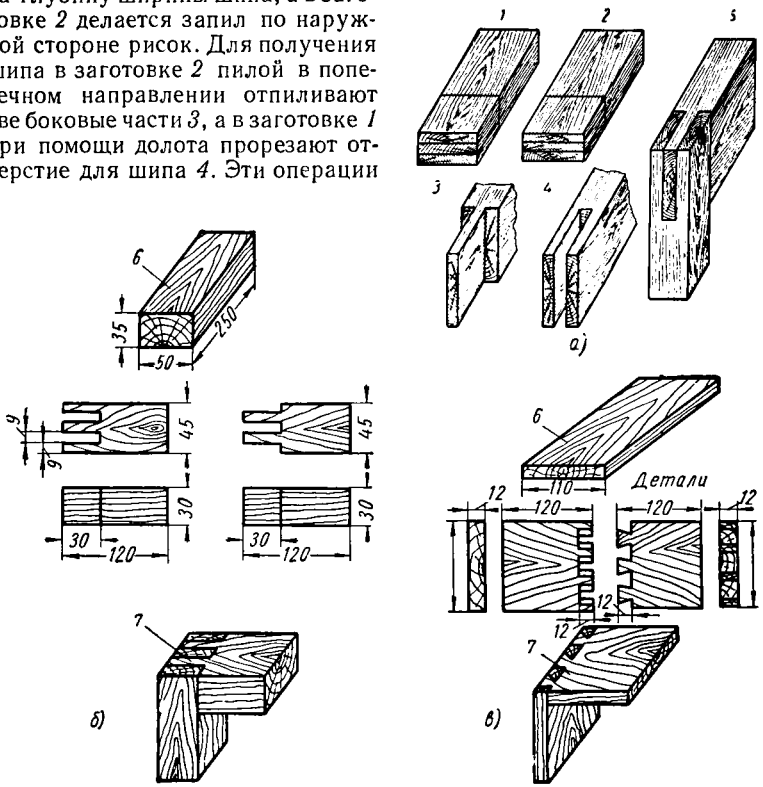
Вязкой называется соединение досок или брусков, волокна которых располагаются под углом. В практике применяют три основных типа вязки — угловая, тавровая и крестообразная.

При угловой вязке на концах заготовок делаются шипы и проушины (пазы для шипов). Применяется она при изготовлении рамки. При этом на более длинных брусках делают проушины, а на коротких — шипы. Длина шипа равна толщине наиболее тонкого присоединяемого бруска. Различные конструкции шипов, применяемые при вязке брусков, показаны на фиг. 100.

Угловые соединения брусков могут осуществляться прямоугольным сквозным шипом — один (фиг. 100, *а*) или несколькими (фиг. 100, *б*).

Изготовление углового соединения брусков прямоугольным сквозным шипом производится в следующем порядке. Выстрагивают две заготовки соответствующих размеров *1* и *2* (фиг. 100, *а*). Затем на кон-

цах заготовок при помощи угольника и рейсмуса производится разметка: на заготовке *1* — проушины, а на заготовке *2* — шипы. Лучковой пилой в заготовке *1* по внутренней стороне рисок делается запил на глубину ширины шипа, а в заготовке *2* делается запил по наружной стороне рисок. Для получения шипа в заготовке *2* пилой в поперечном направлении отпиливают две боковые части *3*, а в заготовке *1* при помощи долота прорезают отверстие для шипа *4*. Эти операции



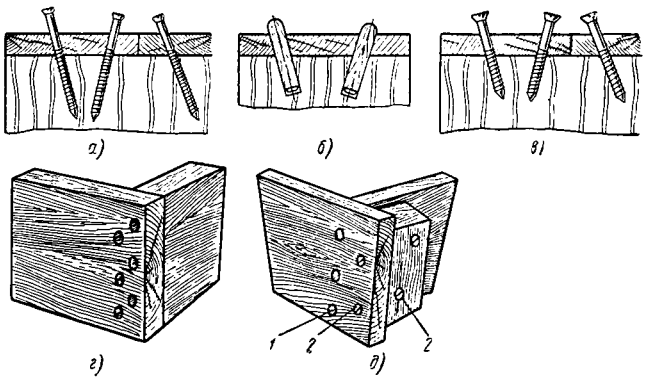
Фиг. 100. Угловая вязка брусков и досок:

а — в один прямоугольный шип; *б* — в три прямоугольных шипа; *в* — ящичным шипом *1* и *2* — размеченные бруски; *3* — брусок с изготовленным шипом; *4* — брусок с изготовленной проушиной; *5* — соединенные бруски; *6* — заготовки; *7* — готовые узлы.

должны быть выполнены очень точно, так чтобы шип входил в проушину без зазора. Шип и проушину после пригонки друг к другу смазывают клеем и собирают. Аналогичным способом производится вязка брусков и досок с применением нескольких шипов (фиг. 100, *б*) и ящичных шипов (фиг. 100, *в*).

Вязка шипом, особенно ящичным, имеет тот недостаток, что точность размеров соединения обеспечивается только по длине

в одном направлении доски (заготовки), в которой изготовлены отверстия (ласточкин хвост для шипов), а в другом направлении размер может увеличиться. Поэтому на ряде заводов при изготовлении стержневых ящиков применяют соединения не врезные, при помощи шипов, а стыковые, с применением шурупов, гвоздей и нагелей. На фиг. 101 показан способ крепления заготовок при помощи



Фиг. 101. Соединение досок в угол:

а — гвоздями; *б* и *г* — нагелями; *в* — шурупами; *д* — нагелями и шурупами; *1* — нагель; *2* — шуруп.

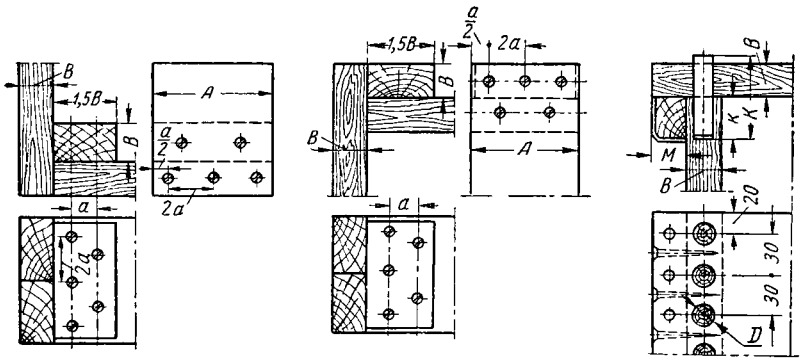
нагелей (деревянных круглых стержней), изготовленных из дерева твердой породы.

Перед тем как производить крепление, в заготовках просверливают отверстие сверлом — пёркой — на глубину вбиваемого нагеля (размером в 2—3 раза больше толщины верхней доски); нагель обмазывают клеем и вбивают молотком в отверстия соединяемых частей. Гвоздевые соединения применяют для менее ответственных соединений. Для большей прочности шурупы, нагели и гвозди желательно ввертывать или вбивать в соединяемые части досок под углом 5—10°.

На московском и ленинградском заводах «Станколит» в содружестве с преподавателями кафедры «Литейное производство» Станкоинструментального института введены новые способы изготовления деревянных моделей, позволившие повысить производительность труда модельщиков в 2 раза. На этих заводах переработка древесины на одного модельщика в 1951 г. составляла около 20 $м^3$ против 14,2 $м^3$ в 1949 г. при значительной экономии в расходовании пиломатериалов. Эти достижения получены в результате следующих мероприятий: коренного изменения конструкции соединений частей и узлов модельных комплектов, введения раздельного труда на основе нормализа-

ции отдельных видов работ, введения новых средств механизации, приспособлений и других мероприятий.

Для изготовления отдельных узлов моделей, применяемых на этих заводах, рекомендуется способ стыкового соединения частей модели при помощи шурупов, гвоздей и нагелей (фиг. 102).



A	B	a	Шуруп d×l
До 200	30	30	4,5×50
200–400	35	35	5×60
Более 400	40	40	6×70

B	D	Шуруп d×l
30	–	4,5×50
35	20	5×60
40	20	6×70
45	20	6×80
50	25	6×80
55	25	

$M \approx B$
$K \approx B$
$K \approx 2{,}5B$

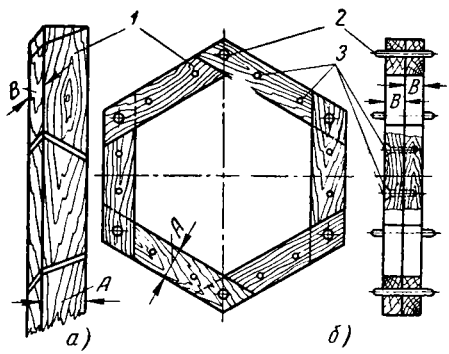
Фиг. 102. Узлы угловых соединений стенок моделей и стержневых ящиков (размеры в *мм*):

а — соединения в моделях на шурупах; *б* — соединения в ящиках на шурупах; *в* — соединения в ящиках нагелями шурупами.

Вместо обычного способа соединения заготовок вязкой на шипах, требующего от рабочего кропотливой разметки, большой точности пригонки шипов, склейки, обрезки и т. д., применяется совсем простой способ соединения: торцовые стороны заготовок обрезают под нужным углом электрической дисковой пилой, просверливают отверстия для шурупов или нагелей, смазывают места стыковых соединений клеем и соединяют.

Для увеличения площади склеивания при стыковых соединениях рекомендуется пригонять угловые шпонки (фиг. 102). В швы стыковых соединений должны быть ввернуты шурупы либо гвозди или нагели — деревянные круглые стержни. Нагели, изготовленные из твердой породы дерева, смазываются клеем и забиваются в просверленные отверстия заготовок. Гвозди, забиваемые в эти отверстия, должны углубляться примерно на 40 *мм*. Диаметр отверстия под

гвоздь должен быть на 1,5—2 *мм* меньше диаметра гвоздя. Диаметр отверстия под нагель на 1 *мм* меньше диаметра нагеля. После забивки конец нагеля рекомендуется расклинивать. В просверленные отверстия в древесине очень удобно забивать гвозди, поскольку волокна древесины не расщепляются и плотно охватывают поверхность гвоздя. Это подтвердилось при испытании образцов из твердой древесины. Нагели целесообразно изготовлять из березы, бука, клена, лиственницы, используя для этой цели обрезки и другие отходы в деревообделочном и модельном цехах.



Фиг. 103. Вязка модельной рамы в стык:

а — доска с размеченными для распиловки заготовками; *б* — рама, склеенная из заготовок; *1* — заготовки, *2* — нагель; *3* — гвозди.

Испытания угловых соединений, выполненных разными способами, показали, что узлы соединений на шурупах по прочности приближаются к узлам, соединенным на шипах. Но шиповая вязка в условиях производства подвержена разрушению, так как в склеенные швы шипов проникает влага и соединение теряет прочность; поэтому стыковые соединения на шурупах, нагелях и даже на гвоздях менее подвержены разрушению и являются более прочными.

Способ вязки заготовок шурупами с нагелями нашел широкое применение и на Горьковском заводе фрезерных станков, так как его трудоемкость вдвое меньше по сравнению с вязкой шипами, кроме того, прочность вязки значительно повышается.

Применяется также новый метод вязки модельных рам встык. Раньше вязка рам производилась на шипах. Это требовало разметки шипов, долбления, тщательной пригонки и т. д. Теперь эта операция производится без шипов, на гладких стыках, с применением нагелей и клея (фиг. 103).

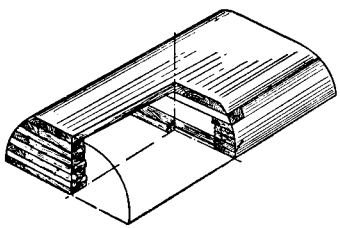
Из досок, выстроганных на рейсмусовом станке, шириной *A* и толщиной *B* (фиг. 103, *а*) вырезаются заготовки *1* и из них набирается по высоте слоями рама. Набираются рамы вкруговую, как кольца или барабаны из косяков, но при этом способе торец одной заготовки должен соприкасаться в стыке не с торцовой, а с долевой стороной другой заготовки. Стык заготовок перекрывается плоской частью заготовки следующего ряда (фиг. 103, *б*).

Рассматриваемый способ изготовления модельных рам набором вкруговую сводится к сборке и переклейке простых элементов и является рациональным прогрессивным способом. Склейку загото-

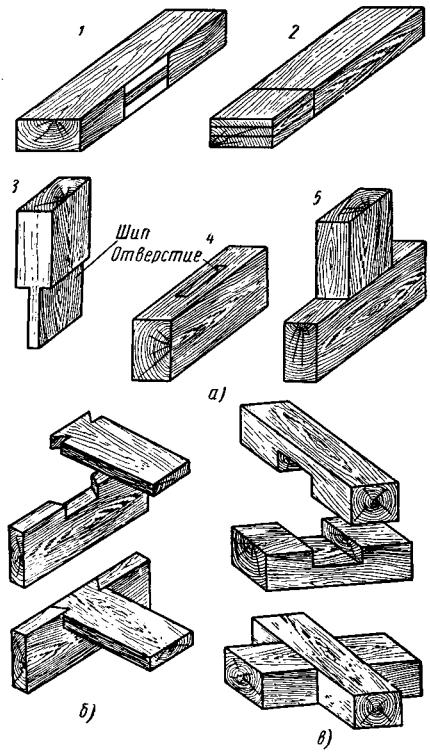
вок можно производить без применения зажимных приспособлений, используя для этой цели гвозди. Для повышения прочности рекомендуют в концах заготовок применять нагели. Таким способом можно изготовлять и другие модели (фиг. 104).

На заводе «Станколит» изготовляют как нагели, так и деревянные галтели в виде реек разных размеров при помощи специальных фрез.

Тавровая или Т-образная вязка представляет собой соединение конца одной заготовки с какой-либо из сторон другой заготовки под прямым углом. Тавровую вязку в один или несколько шипов применяют при изготовлении моделей кронштейнов, стоек, когда требуется, например, присоединить ребро к осно-



Фиг. 104. Изготовление модели переменной высоты способом вязки рам.



Фиг. 105. Вязка брусков:
а — прямоугольным шипом; *б* — накладным врезным шипом ласточкин хвост; *в* — крестообразно.

ванию. Один из примеров тавровой вязки приведен на фиг. 105, *а*. Соединение брусков путем тавровой вязки производится следующим образом. Бруски *1* и *2*, выстроганные до нужных размеров, подвергают разметке. На бруске *1* при помощи угольника и рейсмуса наносят риски сквозного отверстия для шипа. На бруске *2* производят разметку шипа. Затем лучковой пилой на бруске *2* делают продольные и поперечные запилы для получения шипа. В бруске *1* по внутренней стороне рисок сверлом-перкой, диаметр которого на 1—2 *мм* меньше толщины шипа, просверливают несколько сквозных отверстий,

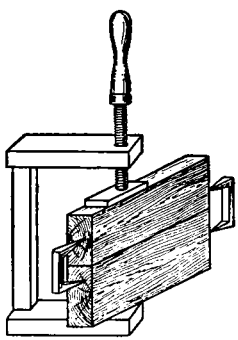
а затем при помощи узкой и широкой стамесок и долота вырезают сквозное прямоугольное отверстие для шипа. После плотной пригонки шипа (бруска *3*) к отверстию бруска *4* их собирают, используя бруски *5*, которые образуют Т-образную форму.

Таврovую вязку можно производить также путем соединения шипом, называемым ласточкиным хвостом, как указано на фиг. 105, *б*.

Существует способ крестообразной вязки. Крестообразное соединение представляет собой две заготовки, соединенные накрест под прямым или другим углом. Такой способ вязки применяют главным образом для изготовления спиц и ребер к шкивам и другим моделям. Тип крестообразного соединения приведен на фиг. 105, *в*.

Склеивание и способ приготовления склеивающих веществ

Склеивание древесины повышает прочность соединения отдельных ее частей. Соединение с применением только шурупов и гвоздей, без клея, получается непрочным. Модели и стержневые ящики, склеенные из отдельных частей древесины с различным направлением волокон, получаются более прочными и точными, так как уменьшается возможность их коробления. Технологический процесс склеивания состоит в том, что плотно пристроганные поверхности двух или нескольких заготовок, сделанные шероховатыми при помощи цинубеля, смазывают тонким слоем жидкого клея, соединяют вместе и помещают в зажимное приспособление. Наиболее распространенным зажимным приспособлением является струбцинка (фиг. 106).



Фиг. 106. Струбцинка с зажатыми досками.

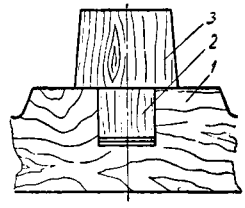
Применяемый при производстве моделей клей представляет собой вязкое вещество, обладающее при определенных условиях свойством затвердевать и прочно соединять склеиваемые поверхности. Часто применяют столярный клей (из костей и отходов животных) или казеиновый клей (продукт из обезжиренного творога). Плитки столярного клея разбивают на мелкие кусочки, кладут в специальную клеянку (сосуд из красной меди) и заливают теплой водой в объеме, превышающем объем клея в 2 раза. Через 8—10 час. клей нагревают, но не выше 85° С (при систематическом перемешивании), так как при нагревании его до более высокой температуры он теряет свои склеивающие качества. Если при нагревании испарится много воды, следует ее добавить и продолжать нагревание до полного растворения клея. Для предупреждения перегрева клея рекомендуется нагревать его в паровых банях или в клеянках с электроподогревателем.

Столярный клей применяют в горячем состоянии. Количество приготовляемого клея рекомендуется рассчитывать с учетом расхода его в течение 3 дней. При более длительном хранении клея требуется температура 10—15°. Недостатком столярного клея является его гигроскопичность, которая снижает прочность соединения древесины. Казеиновый клей применяется в виде порошка. Его растворяют в эмалированной посуде в холодной воде при температуре 15—20° С (воды по весу больше, чем клея, в 2 раза). После тщательного перемешивания в течение 20—30 мин. раствор казеинового клея в холодном состоянии может быть использован в течение 4—6 час., так как в дальнейшем он теряет связующие качества.

Раствор клея наносится на поверхность древесины кисточками, изготовленными из луба липы.

§ 2. СПОСОБЫ ПРИКРЕПЛЕНИЯ ОТЪЕМНЫХ ЧАСТЕЙ МОДЕЛИ

Прикрепление отъемных частей моделей производится при помощи цилиндрических шипов, шипов в виде ласточкина хвоста и на металлических шпильках. Например, знаки прикрепляются к основной части модели при помощи цилиндрических шипов (фиг. 107). В этом случае на изготовленной модели после предварительной разметки просверливают сверлом-центуром отверстие диаметром от 18 *мм* и больше в зависимости от диаметра присоединяемого знака. Глубина отверстия в каждом случае зависит от конструкции модели с учетом диаметра знака и толщины тела, в котором высверливают отверстие. Шип знака вытачивают точно в соответствии с диаметром применяемого сверла-центура или в соответствии с диаметром полученного отверстия. Если знак должен быть соединен наглухо (нижний знак), шип и отверстие смазывают клеем.

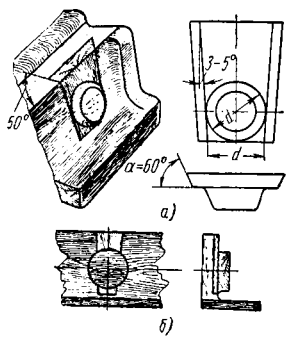


Фиг. 107. Прикрепление частей модели цилиндрическим шипом:
1 — модель; *2* — шип; *3* — стержневой знак.

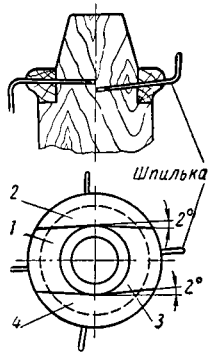
На фиг. 108 показано прикрепление отъемной части модели на шипе «ласточкин хвост», который позволяет при формовке легко извлечь из формы часть модели прилива. После предварительной разметки центровых осей прилива предварительно намечают контур шипа на теле модели. Размер нижней части шипа следует делать равным наибольшему размеру отъемной части (фиг. 108, *а*) или на 10—15 *мм* меньше ее (фиг. 108, *б*), в зависимости от конструкции прилива и самой модели.

Уклон шипа для лучшего извлечения его из модели делается под углом 3—5°. При этом толщина шипа не должна быть менее 5 *мм*. Желательно как шип, так и отъемную часть изготовлять из твердых пород древесины (клен, бук), а для наиболее ответственных моделей — из алюминиевых и других сплавов. Способ прикрепления отъемных

частей моделей при помощи шпилек (фиг. 109) не обеспечивает точности изготовления литейной формы ввиду возможности смещения

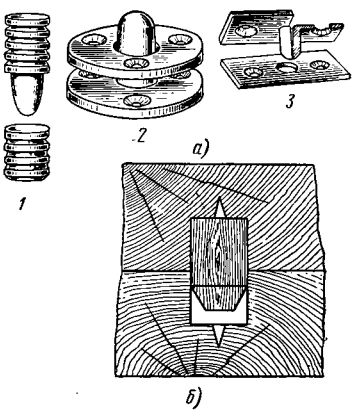


Фиг. 108. Прикрепление отъемных частей модели шипом ласточкин хвост:
а — широким шипом; *б* — узким шипом.



Фиг. 109. Прикрепление отъемных частей модели шпильками:
1 — 4 — отъемные части модели.

отъемных частей, так как шпильки извлекают из модели раньше, чем она полностью будет заформована. Этот способ крепления отъемных частей на шпильках менее удобен и употребляется значительно реже, чем способ крепления на шипах ласточкин хвост. Отъемные части *1* и *2* необходимо делать с уклоном 1—2° для удобства извлечения их из формы.



Фиг. 110. Типы соединительных шипов для разъемных моделей:
а — металлические; *1* — точеные; *2* и *3* — штампованные; *б* — деревянный шип в заготовке.

§ 3. СОЕДИНЕНИЕ РАЗЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ И СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ

Разъемные модели и стержневые ящики соединяются при помощи металлических шипов (направляющих штырей с шайбами) (фиг. 110, *а*) или деревянных (фиг. 110, *б*), сделанных из твердых пород дерева.

Соединение двух заготовок для модели при помощи деревянных шипов осуществляют в следующем порядке. После определения места шипов и разметки их центров просверливают отверстия для шипов. В одной из заготовок, в которую будут вставлять шипы, смазанные клеем, глубина отверстий должна быть примерно не менее одного

диаметра шипа. Отверстия, расположенные во второй части заготовки, в которую будут входить шипы для фиксации положения частей модели, могут иметь глубину до 1,5 диаметров шипа. Шипы изготовляют на фрезерном станке (завод «Станколит»), на токарном станке или протягиванием предварительно выстроганной рубанком круглой деревянной заготовки через отверстия, высверленные в доске из твердой породы дерева (дуб). Выступающая часть шипа должна иметь частично как цилиндрическую поверхность, так и коническую. Если части модели, соединяемые деревянными шипами, имеют небольшую толщину, допускается сверление сквозных отверстий.

Для моделей и стержневых ящиков, более крупных по размерам, применяют шипы квадратной и прямоугольной формы. Металлические шины в модельный цех поступают готовыми, их врезают на соответствующую глубину в модели и привертывают шурупами.

ГЛАВА V

ДЕРЕВЯННЫЕ МОДЕЛИ И СТЕРЖНЕВЫЕ ЯЩИКИ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО ПРОЧНОСТИ

В зависимости от числа формовок, которые необходимо произвести по данной модели, определяют технологию изготовления и прочность модели. Например, модель, предназначенную для кратковременного использования при производстве 1—5 формовок, можно изготовить по упрощенной технологии по сравнению с моделью, предназначенной для длительного использования при серийном производстве отливок.

В зависимости от технологии производства деревянные модели и стержневые ящики подразделяются на три класса прочности.

По 1-му классу прочности изготовляют ответственные модели и стержневые ящики с повышенной точностью, а также модели для серийного литья ручной и машинной формовки при длительной их эксплуатации (с установкой на деревянные или металлические плиты).

Для моделей 1-го класса прочности используют древесину ольхи, бука, клена, лиственницы и другие твердые породы 1-го и 2-го сортов. Для изготовления тонких частей модели применяют алюминий. Древесину применяют с тщательной переклейкой. Например, у щитовых моделей толщиной 20—30 *мм* переклейка делается не менее чем из трех слоев. Широкие доски предварительно следует распиливать на узкие бруски, а затем склеивать в щит в целях предупреждения корсбления. Все неподвижные части моделей соединяют и скрепляют прочно при помощи вязки в шип, клея и шурупов, нагелей, шпонок и т. д.

Отъемные части в моделях для ручной формовки делаются на металлических шипах (шпонках) ласточкиным хвостом. Наиболее быстро изнашивающиеся отдельные поверхности модели облицовывают путем наклейки из более твердой древесины. Части модели, подвергающиеся оссбенно быстрому разрушению (ребра, кромки, углы и др.), армируют, т. е. оковывают металлом, или полностью изготовляют из металла и врезают в модель с креплением их шурупами.

Модели тонкие и не прочные по конструкции закрепляют на деревянных подмодельных щитках. Галтели делают из дерева вклеенными в углы или непосредственно в самой модели, а по разъему модели — врезными.

Разъемные соединения модели выполняют на металлических шипах. Поверхность модели тщательно отделывают до гладкого состояния и окрашивают последовательно не менее 3 раз модельным лаком. Нумерация и маркировка модели выполняется из металлических цифр и букв. Подъемы для удаления модели из формы устанавливают обязательно со врезкой их заподлицо с моделью и укрепляют шурупами.

Стержневые ящики изготовляют в ы т р я х н ы м и — целыми или составными, но не разъемными. Требования к стержневым ящикам предъявляют такие же, как и к моделям Модельные комплекты 1-го класса прочности изготовляют по 1-му классу точности моделей.

По 2-му классу прочности изготовляют модели для мелкосерийного литья, а также модели для индивидуального сложного литья из древесины ольхи, сосны, липы и других различных пород 1-го и 2-го сортов. Древесина применяется с переклейкой, но при меньшем числе склеенных слоев.

Неподвижные соединения выполняют на клею с применением шурупов, нагелей и гвоздей. Модели, как правило, полностью изготовляют из древесины и металлом не оковывают, но для серийного производства их можно армировать. Отъемные части делают на деревянных шипах ласточкиным хвостом. Галтели делают деревянные, но без врезки, иногда из замазки (с радиусом не более 8 *мм*). Галтели, изготовляемые по прямой линии на длине несколько метров с радиусом больше 15 *мм* (на крупных моделях), можно делать «маяками»

Образующиеся в песчаной форме (на болванах) выступающие углы сглаживают линейкой заподлицо с поверхностью закруглений, полученных по «маякам». Шипы, подъемы делают так же, как и в моделях 1-го класса. Стержневые ящики выполняют разъемными. Модельные комплекты 2-го класса прочности изготовляют по 1—2-му классам точности моделей.

Тонкие модели изготовляют целыми с подмодельными деревянными щитками («фальшивками»). Поверхность модели отделывают до гладкого состояния и красят 2 раза модельным лаком. Модели нумеруют и маркируют.

По 3-му классу прочности изготовляют модели для ручной формовки единичного использования (менее 3—5 съемов), включая скелетные и шаблонные модели. Модели по этому классу прочности можно изготовлять из любой породы древесины и любого сорта (ель сосна, осина, липа и др.).

Простые модели в ряде случаев выполняют без склейки древесины. Отдельные части модели соединяют клеем или гвоздями. Галтели с радиусом до 15 *мм* изготовляют из замазки. Отъемные части выполняют на шпильках. Поверхность модели тщательно не отделывают, но доводят по возможности до гладкого состояния.

Как правило, модели не красят.

Стержневые ящики выполняют наиболее просто, из расчета изготовления по ним 1—5 стержней. Модельные комплекты 3-го класса прочности изготовляют по 3-му классу точности моделей. Модели 3-го класса после их использования не хранят.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО ТОЧНОСТИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Под точностью понимается величина отклонения от заданного размера по чертежу. Величина отклонения от заданных размеров для мелких деревянных моделей не должна составлять более $\pm 0{,}2$ *мм*.

Наибольшее или наименьшее допустимое отклонение от размера модели по чертежу, которое может быть установлено заранее, исходя из технологических или конструктивных условий, называется допуском.

Отклонения от номинальных размеров модели получаются вследствие того, что, во-первых, древесина в процессе изготовления из нее

Таблица 46

Допуски на размеры деревянных моделей

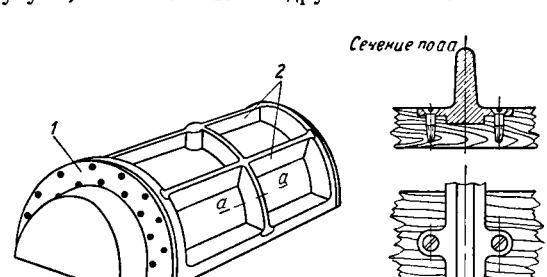
Измеряемый размер модели в *мм*	Класс точности моделей		
	1-й	2-й	3-й
	Тип производства		
	Крупносерийное	Серийное	Единичное
	Допустимые отклонения в *мм* (±)		
До 50	0,2	0,3	0,5
51—100	0,3	0,4	0,6
101—200	0,4	0,6	0,8
201—300	0,5	0,8	1,0
301—500	0,6	1,0	1,5
501—800	0,8	1,2	1,5
801—1200	1,0	1,2	2,0
1201—1800	1,0	1,5	2,5
1801—2600	1,0	2,0	2,5
2600—5400	1,5	2,0	3,0
Свыше 5400	2,0	3,0	4,0

модели может изменять размеры, во-вторых, за счет все еще несовершенных способов обработки древесины, а также и измерения, особенно моделей размером 3000 *мм* и больше. Чем прочнее сделана модель, тем более точна она в размерах. Обычно модели, изготовленные по 1-му классу прочности, соответствуют и 1-му классу точности. Но модели, изготовляемые по 2-му классу прочности из качественной древесины, при хорошей переклейке ее и вязке также могут относиться к 1-му классу точности. В табл. 46 приведены допускаемые отклонения при изготовлении модельных комплектов в зависимости от размеров модели.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ

Модели изготовляют из дерева, металла (сплава) и других материалов.

Для массового и крупносерийного производства модели изготовляют из чугуна, алюминиевых и других сплавов.



Фиг. 111. Армированная деревянная модель:

1 — металлическое полукольцо, привернутое шурупами к деревянному фланцу модели; *2* — металлические ребра (вместо деревянных), врезанные в тело модели и привернутые шурупами.

Для мелкосерийного производства и единичных отливок модели изготовляют из дерева.

При серийном производстве изготовляют также армированные модели (комбинированные) — деревянные модели со вставленными металлическими частями (фиг. 111). Армировать рекомендуется те части модели или стержневого ящика, которые подвергаются быстрому износу. В серийном производстве для деталей наиболее простой конфигурации применяют модели также из гипса и цемента.

Все приведенные выше модели из различных материалов можно применять как при ручной, так и при машинной формовке.

§ 4. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО РАЗМЕРАМ

Модели делятся на группы: малые, средние, крупные. Это деление моделей на группы определяется их габаритным размером, но с учетом характера формовки — ручной или машинной. При ручной формовке малыми моделями принято называть модели с габаритным размером до 500 *мм*, средними — от 500 до до 1500 *мм* и крупными — более 1500 *мм*. К мелким моделям от осят модели размером до 150 *мм*, к средним — от 150 до 500 *мм* и к крупным — свыше 500 *мм*. Что касается деления отливок на группы мелких, средних, крупных и тяжелых, то в отличие от моделей это определяют по весу отливок, а не по размерам.

§ 5. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО КОНСТРУКЦИИ

Конструкция модели зависит прежде всего от конфигурации самой детали, а затем от способа формовки и класса прочности. Модели по конструкции подразделяются на несложные, средней сложности и сложные.

К несложным моделям относятся неразъемные модели или модели с разъемом по плоскости, наружная форма которых проста и не имеет стержневых знаков или со стержневыми знаками, но с простыми цилиндрическими, коническими, прямоугольными и другими стержнями (анкерная плита, колосник, втулка и др.).

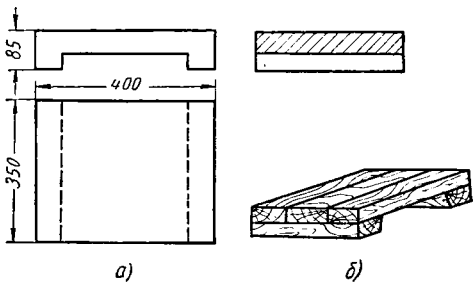
К моделям средней сложности относятся такие модели, при изготовлении отдельных частей которых приходится применять шаблоны, а также стержни с простыми по конфигурации полостями (задняя и передняя бабки к токарному станку, колесо центробежного насоса, шестерни с литым зубом и др.).

Сложными моделями считаются такие, у которых не только наружный, но и внутренний контуры сложные, выполняемые при помощи стержневых ящиков, которые изготовляются в большом количестве; например, к модели станины автомата № 46-11—34 стержневых ящика. К этой же группе относятся головки двигателей, блок-цилиндры и др.

Деревянные модели всех видов конструкции можно разбить на две основные группы: неразъемные (целые) и разъемные и дополнительно третью группу — специальные (шаблонные, скелетные модели и др.).

От положения поверхности разъема формы зависят конструкция модели, направление формовочных уклонов, форма и размеры стержневых знаков и т. д. Поверхность разъема формы следует назначить по возможности плоскую, а не фигурную, а в некоторых случаях — такую, которая совпадает с одной из сторон модели. Выбор поверхности разъема важен также и с точки зрения получения качественной отливки. В большинстве случаев поверхность разъема модели обусловливается главным образом самой конфигурацией отливки. Необходимо также учитывать, что стержни должны устанавливаться

в форме устойчиво. Очень важно для получения качественной отливки размещать более ответственные ее части в нижней форме. От конструкции самой модели во многом зависит и качество литой детали. После определения положения модели в форме и в зависимости от конструкции детали, вида производства (индивидуальное, серийное) и принятого способа формовки устанавливают тип конструкции модели: целая или разъемная, со стержневыми знаками или без знаков и т. д. При определении конструкции модели всегда нужно стремиться к тому, чтобы количество стержней в форме было минимальным.



Фиг. 112. Анкерная плита:
а — чертеж детали; *б* — чертеж модели.

Неразъемными моделями называются такие модели, которые можно заформовать и целиком вынуть из формы, получив при этом полный отпечаток модели наружного контура. Примером неразъемной модели может служить модель малой фундаментной плиты (фиг. 112). Неразъемные модели могут иметь отъемные выступающие части, посредством которых извлекают модели из заформованной опоки, не нарушая отпечатка ее контура в форме.

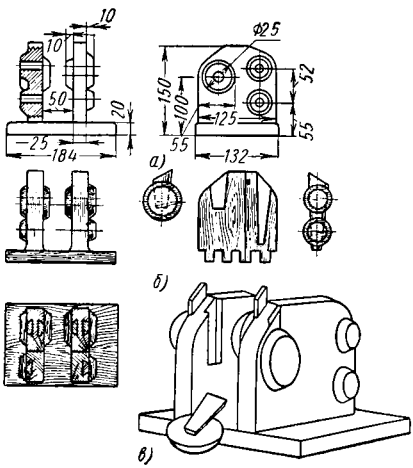
На фиг. 113 приведен чертеж неразъемной модели стойки, имеющей несколько приливов, изготовленных на модели в виде отъемных частей на шипе ласточкин хвост. Эти части при вытаскивании модели остаются в форме, а затем каждую из них извлекают посредством острого стального душника.

На фиг. 114 показаны чертеж и модель втулки, которая отличается наличием отъемного стержневого знака для удобства формовки.

На фиг. 115 показан чертеж целой модели рукоятки, которая предназначена для формовки с подрезкой.

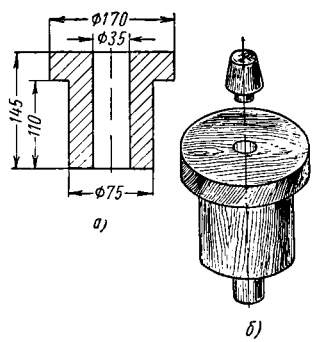
Разъемными моделями называются модели с разъемом по плоскости или по кривой поверхности и разделяющиеся, как правило, на две части. Применение разъемных моделей значительно облегчает процесс формовки в опоках.

Поверхность разъема модели по возможности следует рекомендовать плоскую, а не фасонную (по кривой поверхности), и с таким расчетом, чтобы иметь наименьшее количество стержней в форме. Надо учитывать при этом необходимость установки основных стержней в нижней части формы. Следует также предусмотреть в нижней части формы размещение и наиболее ответственных частей детали, которые предназначены для механической обработки.



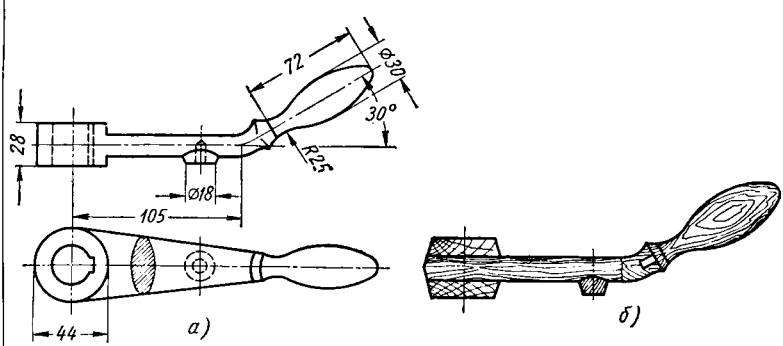
Фиг. 113. Стойка:

а — чертеж детали; *б* — чертеж модели; *в* — модель.



Фиг. 114. Втулка:

а — чертеж детали; *б* — модель.



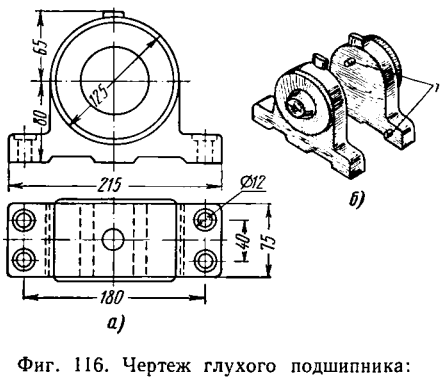
Фиг. 115. Рукоятка:

а — чертеж детали, *б* — модель.

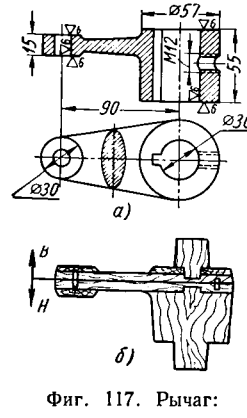
Модели для деталей с ребрами изготовляют с таким расчетом, чтобы ребра располагались в верхней части формы.

На фиг. 116 приведен чертеж разъемной модели глухого подшипника. Модель состоит из двух симметричных половин, соединяемых между собой при помощи трех деревянных шипов *1*.

На фиг. 117 показана модель рычага, которая по конструкции является также разъемной, но состоит из двух несимметричных



Фиг. 116. Чертеж глухого подшипника:
а — чертеж детали; *б* — модель



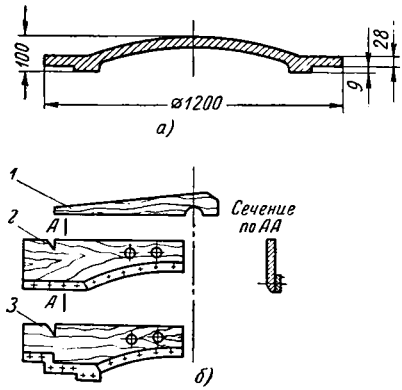
Фиг. 117. Рычаг:
а — чертеж детали; *б* — модель.

частей, спариваемых при помощи двух шипов. Разъемные модели могут быть без стержневых знаков и со стержневыми знаками, а также и с отъемными частями.

Ш а б л о н ы - м о д е л и есть приспособления для формовки отливок, главным образом имеющих форму тел вращения. Формы для получения литых деталей изготовляют посредством вращения прикрепленных к серьге шаблонов вокруг стальной оси, устанавливаемой в опоке. Шаблон по конструкции несложный, представляет собой доску толщиной 20—30 *мм*, одна из долевых сторон которой сделана по контуру формуемой детали. Такие модели изготовляют быстро, и стоимость их в несколько раз дешевле по сравнению с изготовлением целой модели. Применяются они для крупных отливок при единичном производстве или небольшой серии производства.

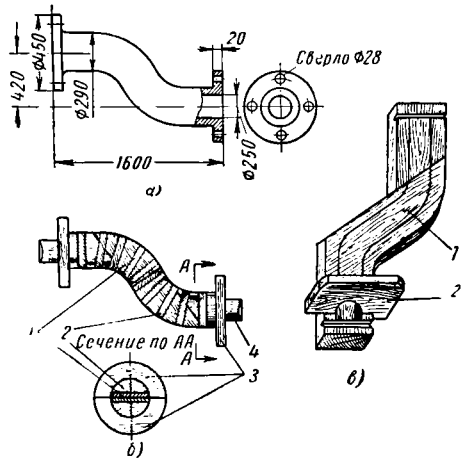
На фиг. 118 показаны шаблоны для изготовления крышки цилиндра. Шаблоны-модели изготовлены с учетом усадки металла и припусков на механическую обработку. Рабочая кромка сбоку окована металлической планкой для предупреждения преждевременного износа.

С к е л е т н ы е м о д е л и — это такие модели, которые представляют собой не полную сплошную наружную поверхность,



Фиг. 118. Крышка цилиндра:

а — чертеж детали; *б* — шаблоны: *1* — мерка для установки шаблона на определенный размер; *2* — шаблон для получения фальшивой опоки и набивки по ней верхней опоки; *3* — шаблон для получения нижней опоки.



Фиг. 119. Криволинейная труба:

а — чертеж детали; *б* — скелетная модель: *1* — опорные диски; *2* — полудиски; *3* — фланцы; *4* — знаки; *в* — приспособление для изготовления стержня: *1* — доска; *2* — протяжной шаблон.

а только часть ее, отраженную на скелете (ребрах). Наружную форму скелета изготовляют строго по чертежу, с учетом усадки металла и припусков на механическую обработку. Скелетные модели, как и шаблонные, изготовляют для крупных и сложных по конфигурации отливок при единичном производстве или небольшой серии производства данных отливок. Изготовление скелетных моделей значительно быстрее и стоимость их дешевле, хотя прочность таких моделей ниже по сравнению с полными моделями.

На фиг. 119 приведена одна из скелетных моделей для криволинейной трубы. Модель изготовлена из двух разъемных на шипах опорных досок, на которых установлены стержневые знаки и фланцы, а между фланцами укреплены на клею с гвоздями полудиски толщиной по 20—25 *мм*. Промежутки между полудисками следует делать на расстоянии 25—30 *мм*, чтобы лучше держалась набиваемая в них формовочная смесь. С этой же целью у полудисков следует делать небольшой уклон в направлении к опорной доске. Для изготовления стержня выполнена специальная доска с протяжным шаблоном, с помощью его и изготовляют половинки стержней, которые затем склеивают.

§ 6. СТЕРЖНЕВЫЕ ЗНАКИ

Стержневыми знаками называются выступающие части на моделях, служащие для образования в форме углублений, в которые устанавливают стержни. Стержневые знаки, как правило, делают в тех местах моделей, где нужно получить отверстия или углубления, а также для получения таких наружных или внутренних контуров отливки, которые не могут быть выполнены иным путем. Стержневые знаки по их конструкции можно подразделить на в е р т и к а л ь н ы е и г о р и з о н т а л ь н ы е.

В е р т и к а л ь н ы е с т е р ж н е в ы е знаки необходимы для установки стержней, ось которых имеет вертикальное направление.

Г о р и з о н т а л ь н ы е с т е р ж н е в ы е знаки служат для установки стержней, ось которых расположена горизонтально и часто совпадает с плоскостью разъема формы Как вертикальные, так и горизонтальные стержневые знаки могут иметь круглую, квадратную и любую другую форму в поперечном сечении. Стержень может быть устойчивым в форме при наличии на модели двух знаков; бывают случаи, когда изготовляется один знак.

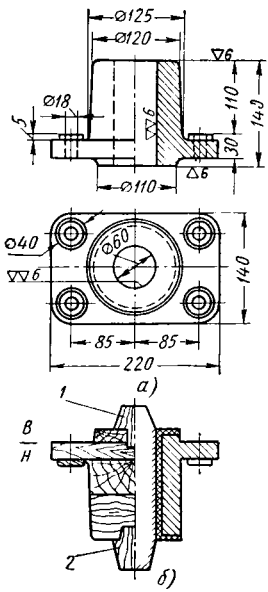
В е р т и к а л ь н ы е с т е р ж н е в ы е з н а к и изготовляются преимущественно коническими, пирамидальными в зависимости от профиля сечения стержня, к которому примыкает его знаковая часть.

На фиг. 120 приведена модель, изготовленная с двумя коническими знаками, а на фиг. 121 показана модель анкерной плиты только с одним нижним коническим знаком *1*, поскольку деталь неответственная и высота ее незначительна. Для получения отверстия прямо-

угольной или квадратной формы знаки на модели делают такой же формы, как выходное отверстие на поверхности детали.

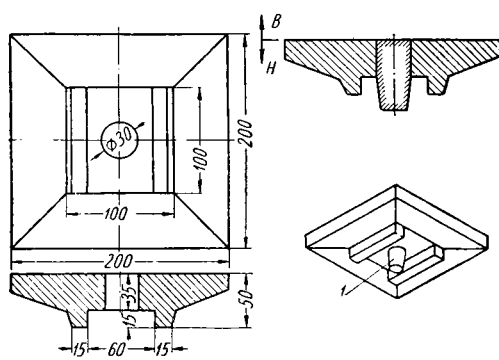
На фиг. 122 приведена модель для опорной стойки (со сквозным квадратным отверстием), изготовленной с двумя пирамидальными знаками. Чертеж детали и модели колпачка со специальным вертикальным стержневым знаком для подвесного стержня был дан на фиг. 52. В отдельных случаях, когда в теле отливки надо получить отверстие, расположенное параллельно плоскости разъема, но находящееся ниже ее, на моделях выполняют специальные знаки, называемые вытяжными (фиг. 123), так как при обычных горизонтальных стержневых знаках в этом случае нельзя установить стержень.

Для устойчивости стержней в форме имеют большое значение размеры знаков и их форма. Вертикальные стержневые



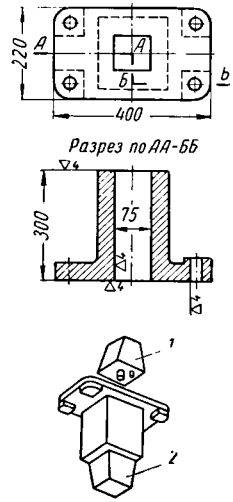
Фиг. 120. Чертеж детали и модели стойки:

а — деталь; *б* — модельный чертеж; *1* — верхний стержневой знак; *2* — нижний стержневой знак.



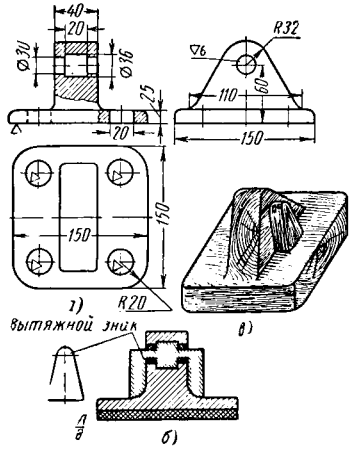
Фиг. 121. Чертеж детали и модели анкерной плиты.

знаки с диаметром у основания до 50 *мм* принято выполнять с углом наклона образующей 15° для верхнего знака и 10° — для нижнего. С диаметром знака у основания более 50 *мм* у верхнего знака уклон образующей 10° и у нижнего 5°. Нижний вертикальный знак делают с меньшим углом наклона и длиннее по сравнению с верхним, для того чтобы придать лучшую устойчивость стержню в форме. Во избежание повреждения верхней формы верхним концом стержня в момент накладывания ее на нижнюю верхний знак изготовляют короче нижнего и с большим углом наклона для лучшей фиксации стержня с опокой. У горизонтальных стержневых знаков уклон выполняют только



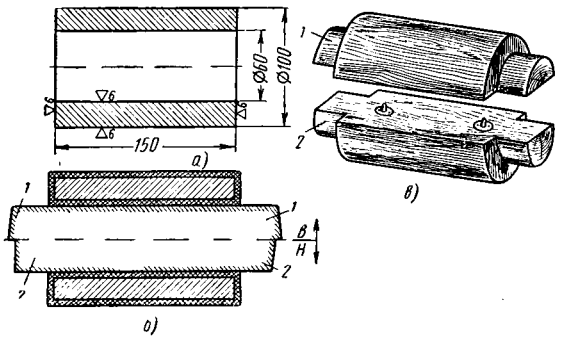
Фиг. 122. Чертеж детали и модели опорной стойки:

1 — верхний стержневой знак;
2 — нижний стержневой знак.



Фиг. 123. Чертеж детали и модели глухого подшипника:

а — деталь; *б* — модельный чертеж; *в* — модель.

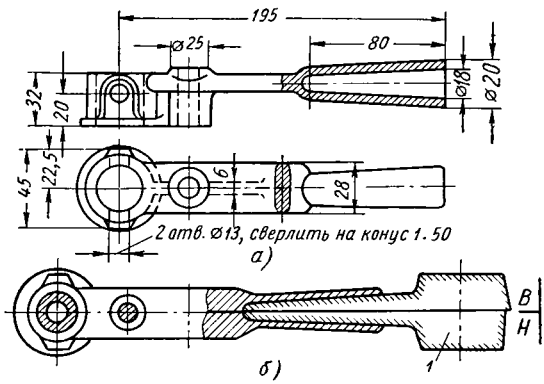


Фиг. 124. Чертеж детали и модели втулки:

а — деталь; *б* — модельный чертеж; *в* — модель.

в торцовых частях. Горизонтальные знаки моделей, как правило, разъемные по направлению разъема моделей (в большинстве случаев выполняются из одной заготовки с моделью).

На фиг. 124 приведен пример детали и модели с горизонтальными стержневыми знаками. Как показано на этой фигуре, верхние части знаков *1* несколько длиннее нижних *2* для предохранения от разру-



Фиг. 125. Чертеж детали и модели рычага:
а — деталь; *б* — модельный чертеж; *1* — знак для консольного стержня.

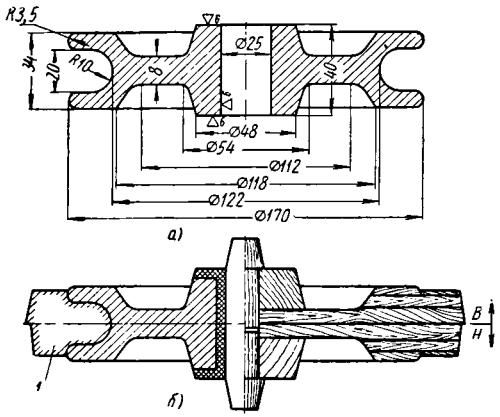
шения верхней формы при накладывании на нижнюю с вложенным в нее стержнем. Для предохранения краев формы от разрушения на горизонтальных знаках модели рекомендуется изготовлять предохранительные пояски цилиндрической формы шириной 5—10 *мм* и диаметром на 1—2 *мм* больше диаметра знака.

В отдельных случаях выполняют модели с одним горизонтальным знаком для консольного стержня с противовесом (з а м к о м). Такие знаки применяют в тех случаях, когда надо получить в отливке детали углубление или несквозное отверстие (фиг. 125). Для того чтобы обеспечить получение углубления на наружной поверхности отливки, стержневой знак на этой модели выполняют по всему контуру поверхности.

На фиг. 126 показана модель канатного блока со стержневым знаком *1* по всему ободу. При наличии такого знака стержень в нижней части формы будет установлен или в виде сплошного кольца, или из частей (сегментов), в зависимости от диаметра блока. Модель в данном случае изготовлена разъемной по оси симметрии и состоит из двух частей — верхней и нижней. Следует помнить, что как у вертикальных, так и у горизонтальных стержневых знаков всех конструкций необходимо предусматривать соответствующие зазоры между стержнями и формой, особенно в сухих формах, в целях удобства

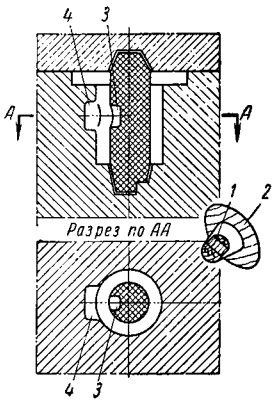
установки и сборки стержней в форме и накладывания верхних полуформ на нижние.

Размеры стержневых знаков и зазоры не стандартизованы, поэтому на ряде заводов существуют свои внутренние нормали. Практически знаки у моделей делают несколько большими по сравнению с размерами стержневого ящика (от 0,5—1 *мм* и выше в зависимости от размера стержня).



Фиг. 126. Чертеж детали и модели канатного ролика:

а — деталь; *б* — модельный чертеж.



Фиг. 127. Конструкция фиксатора (замка) для установки стержня в вертикальном положении.

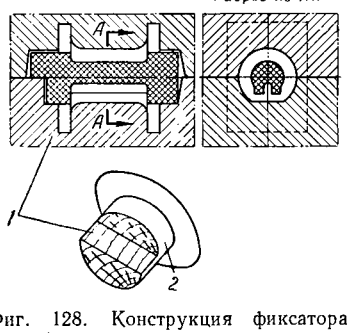
В случае если стержень имеет выступ или углубление и он в форме должен занять определенное положение, то один из стержневых знаков выполняют с фиксатором или, как называют в литейных цехах, «с замком», чтобы стержень в форме не мог не только вращаться, но и перемещаться.

На фиг. 127 показан чертеж литейной формы с вертикально вставленным в нее стержнем, нижний знаковый конец которого установлен в углублении, образовавшемся от нижнего стержневого знака *2* с фиксатором *1*. Фиксатор *1* нижнего стержневого знака *2* позволяет установить стержень только в определенном положении, а углубление *3* будет находиться только напротив углубления *4*.

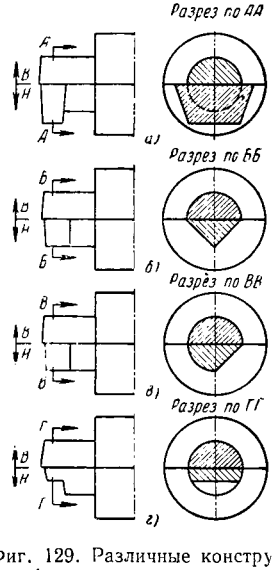
На фиг. 128 приведен другой пример, когда в литейной форме стержень установлен горизонтально и один из концов его находится в знаковом углублении с фиксатором, полученным при формовке от знака *2* с фиксатором *1*. При такой конструкции одного из стержневых знаков на модели стержень может быть установлен только в одном положении, чтобы обеспечить получение полости в соответствии с чертежом детали. Существует много видов конструкции

фиксаторов, но наиболее распространенные приведены на фиг. 129, причем фиксаторы выполняют не только на круглых или конических знаках, но и на прямоугольных, квадратных и др.

В малых моделях, где диаметры вертикально расположенных отверстий не превышают 50—60 *мм* их высоты и отношение диаметра к высоте которых составляет не менее 1,5, вместо стержневых знаков следует делать отверстие с формовочным уклоном не менее 3°. Следовательно, при $\frac{D}{H} \geqslant 1{,}5$ отверстия (круглые, квадратные, прямоугольные) можно получать за счет земляных болванов, и в этих случаях отпадает необходимость в изготовлении стержней.



Фиг. 128. Конструкция фиксатора (замка) для установки стержня в горизонтальном положении.



Фиг. 129. Различные конструкции фиксаторов на стержневых замках:

а—конструкция для более сложных, а также и тяжелых стержней; *б, в, г* — для простых и нетяжелых стержней.

§ 7. ПРИЕМЫ ОТДЕЛКИ МОДЕЛЕЙ И СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

После того как полностью закончено изготовление модели и стержневых ящиков (модельного комплекта), поверхности их подвергают зачистке (шлифованию) шкуркой.

Для зачистки обычно применяют шлифовальную бумагу или ткань, которую принято называть шкуркой, покрытую с одной стороны толченым стеклом или молотым кремневым песком. Кусок шкурки накладывают на деревянную плоскую, полукруглую или круглую планку и, двигая ее в различные стороны, осуществляют

зачистку. По крупности зерен шкурки делятся на 16 номеров: № 4/0, 2/0, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6,... 16. Увеличение зерна стекла или песка соответствует увеличению номера шкурки.

Для зачистки поверхности после обработки ручным строгальным инструментом применяют шкурку от № 1 до 3, после обработки режущим инструментом — от № 2 до 6, для зачистки грунтованной и лакированной поверхности — от № 4/0 до 2; остальные номера шлифовальной бумаги, от № 7 и выше, при изготовлении модельных комплектов применения не находят.

Шлифовальная ткань применяется главным образом на шлифовальных (шкуровочных) станках. Затем модельный комплект сдают на разметочную плиту ОТК для проверки правильности его изготовления. В ОТК сдаются вместе с моделью и ящиками также модельный щиток и все шаблоны, применяемые при изготовлении модельного комплекта.

На контрольной разметочной плите с помощью специального разметочно-проверочного инструмента проверяют точность изготовленных моделей и ящиков. Контроль проводится в соответствии с чертежом и модельным щитком с учетом процента усадки металла, припусков на механическую обработку, формовочных уклонов, размеров модели и стержневых ящиков, правильности изготовления отъемных частей и т. д.

Чтобы придать модели и стержневым ящикам необходимую прочность, гладкую поверхность, предохранить от поглощения влаги и расклеивания, их предварительно подвергают грунтовке и шпаклевке, а затем красят специальным модельным лаком.

Грунтовкой называется определенный состав — олифа с добавкой пигментов (красящих веществ), которым покрывают поверхность первый раз. Грунтовка хорошо соединяется с поверхностью древесины и последующими слоями краски и тем самым способствует повышению водонепроницаемости.

Шпаклевка представляет собой состав для сглаживания неровностей на поверхностях моделей и стержневых ящиках (трещины, мелкие неровности, углубления от вбитых гвоздей и пр.).

Окраска — технологический процесс, состоящий из нескольких операций. Сначала поверхность покрывают масляным грунтом (олифа с добавкой красящих веществ, называемых пигментами). Затем через 20—24 часа накладывают тонкий слой масляно-клеевой шпаклевки (табл. 47), и только после этого модель подвергают окраске 2—3 раза лаком соответствующего цвета (табл. 48). После каждого покрытия грунтом, шпаклевкой или лаком поверхности моделей и ящиков подвергают шлифованию (зачистке) шкуркой.

Наилучшим модельным лаком считается раствор шеллака (отложения на тропических деревьях в виде смолы) в винном или древесном спирте. Шеллачный состав обычно приготовляют следующим образом: шеллак всыпают в сосуд, в который затем вливают растворитель в количестве, необходимом для того, чтобы покрыть все хлопья шел-

Таблица 47

Составы грунтов, шпаклевок и замазок

Состав грунтовки и шпаклевки	Материалы в % по весу				Температура высыхания в °С	Время высыхания в час.
	Олифа натуральная или оксоль	Охра или сурик	Мел молотый	10%-ный раствор столярного клея		
Грунт масляный . .	80—90	20—10	—	—	18—25	24
Грунт глифталевый 138	—	—	—	—	18—20	12—15
Грунт лаковый 160 .	—	—	—	—	18—20	12—15
Грунт масляный на свинцовом сурике	—	—	—	—	18—20	24
Шпаклевка масляно-клеевая . . .	5	—	70	25	18—20	12—15
То же	10	—	70	20	18—20	12—18
Шпаклевка клеевая (при ремонте моделей)	—	—	75	25	18—20	10—12
Шпаклевка для моделей большой прочности	Лак 74 15	Сухая охра 6	Мел 54	Белила цинковые 4	18—20	18—20
Шпаклевка для моделей неответственных	4	Лак 74 7 Вода 11	67	11	18—20	2,5—3
Нитрошпаклевка 702 для текущих работ	—	—	—	—	18—20	0,5
Нитрошпаклевка АШ-24 для текущих работ	—	—	—	—	18—20	0 5
Замазка масляная .	25—35	—	75—65	—	18—20	Медленно
Замазка-сургуч (при ремонте моделей) .	Канифоль 29	Воск пчелиный 9	Тальк 45	Углекислый кальций 15	Церезин 2	Быстро

Примечание. Грунт и шпаклевка с цифровыми обозначениями 138, 160, № 1, 702. АШ-24 вырабатываются трестом „Главкраска".

лака. Через 24 часа раствор размешивают, разбавляют растворителем до нужной консистенции и процеживают через марлю. Для окраски лака в красный цвет в шеллачный раствор в качестве пигмента добавляют киноварь, а для получения черного цвета — газовую сажу (так называемую «голландскую сажу»). Трест «Главкраска» выпускает спиртовые лаки № 9 — на смеси 90% идитола и 10% канифоли, № 11 — на идитоле, № 12 — на шеллаке.

Таблица 48

Отличительные окраски литейных деревянных моделей

Наименование частей и поверхностей моделей	Отличительная окраска
Поверхности моделей, соответствующие поверхностям отливок, не подвергающихся механической обработке	Красная — для отливок из черных сплавов (чугун, сталь), желтая — для отливок из цветных сплавов (бронза, алюминий и др.)
Поверхности моделей, соответствующие поверхностям отливок, подвергающихся механической обработке	Черные круглые пятна по красному или желтому фону
Стержневые знаки	Черная
Поверхности сопряжения моделей с их отъемными частями	Поверхности сопряжений окантованы черной полосой
Скрепляющие части моделей (ребра жесткости), подлежащие в формах и стержнях заделке	Черные полосы по красному, желтому или натуральному (неокрашенному) фону в виде штриховки
Прибыли и приливы для отбора проб и образцов для испытаний	Отделяются от основного тела отливки черной полосой и помечаются буквой П

В настоящее время с успехом применяют нитроэмали 624а, 624с, а также нитроэмаль — лак № 16 и др. Водонепроницаемость пленки эмалей значительно выше, чем пленки спиртового модельного шеллачного лака. Время высыхания 30 мин. при температуре 18—20° С. Хорошими свойствами обладает также краска — эмаль ПХВ (перхлорвиниловые эмали). Время высыхания до 2 час. при температуре 18—20° С. В помещении для окраски моделей эмалями надо устанавливать приточно-вытяжную вентиляцию и противопожарное оборудование ввиду вредности и огнеопасности эмалей.

§ 8. МОДЕЛЬНЫЙ СКЛАД

Учитывая высокую стоимость модельных комплектов, необходимо тщательно хранить их. На модельном складе учет моделей ведется по карточной системе. В карточку вносят название детали и номер чертежа, количество отъемных частей и стержневых ящиков, номер стеллажа, на котором хранится модель, дату изготовления, а также данные движения модели из цеха в склад и обратно.

Модельные склады целесообразно строить не более 3—5-этажными, из кирпича или железобетона, с паровым отоплением, вентиляцией, электроподъемными устройствами и освещением — естественным

и электрическим светом. Для безопасности в пожарном отношении склады должны быть оборудованы системой противопожарных устройств (паро-водотушение, огнетушители, сигнализация и пр.). Температуру и влажность воздуха в помещениях склада необходимо поддерживать постоянными в течение всего года. Относительная влажность воздуха должна составлять 55—65% и температура 16—20° С. В случае значительного снижения относительной влажности ее необходимо повышать специальными увлажнителями.

Модели на складах распределяют по секциям, в зависимости от того, из какого сплава льют отливки. Более крупные модели хранят на нижних стеллажах, мелкие — на верхних. В модельных складах должны быть контрольно-разметочные плиты для проверки размеров моделей. Срок хранения модельных комплектов устанавливается администрацией завода. Обычно они хранятся от 1 года до 5 лет.

После проверки и окончательной отделки модельные комплекты маркируют путем набивки на них цифр и букв, выдавленных на тонкой листовой латуни, или делают надпись краской. Каждая модель, стержневые ящики к ней и все отъемные части их должны иметь общий номер отливки по чертежу. На модели указывается количество ящиков и количество отъемных частей к ней. На стержневых ящиках, кроме этого, указывают порядковый номер проставляемого по очередности в форме стержня. На мелких моделях и стержневых ящиках маркировку можно выполнять клеймением цифр и букв при помощи пуансона. Модельные комплекты с соответствующей документацией направляют непосредственно в литейный цех или на склад хранения моделей.

ГЛАВА VI

ПРИМЕРЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ МОДЕЛЕЙ

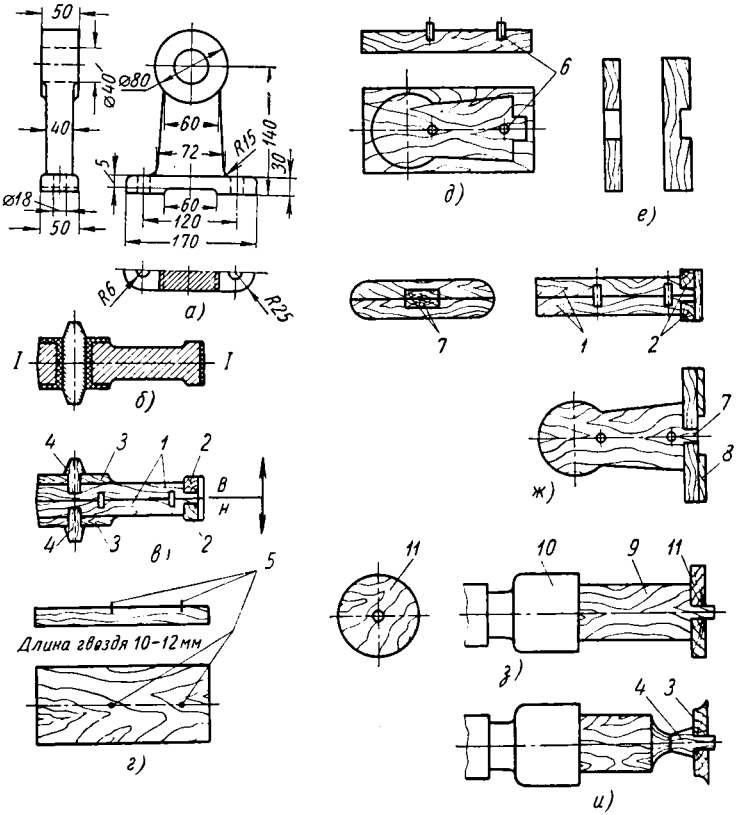
§ 1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА ГЛУХОГО ПОДШИПНИКА

На фиг. 130, *а* приведен чертеж детали глухого подшипника. Рассмотрев конструкцию детали по чертежу и представив ее расположение, можно сделать заключение, что для производства отливки целесообразно изготовить модель разъемной.

По чертежу детали вычерчивают модельный чертеж (фиг. 130, *б*). Плоскость разъема модели *I—I* выбирают по оси симметрии.

Технология изготовления модели намечается по 2-му классу прочности (фиг. 130, *в*). Для изготовления модели выполняют заготовки из соснового или ольхового пиломатериала. Сначала заготовляют две дощечки размером 21 × 80 × 200 *мм* для выполнения симметричных частей *I* (фиг. 130, *в*) модели подшипника, которые плотно пристрагивают друг к другу по плоскости разъема. На одной из дощечек

намечают для шипов центры, в которые вбивают гвоздики *5* без шляпок на половину их длины (фиг. 130, *г*) или накладывают на намеченные центры шляпками маленькие гвоздики. Затем берут вторую дощечку и прижимают ее руками к первой. Таким путем намечаются



Фиг. 130. Чертеж детали глухого подшипника и технология изготовления модели.

центры шипов на обеих плоскостях заготовок (дощечках). После этого просверливают отверстия и устанавливают предварительно изготовленные шипы *6* (фиг. 130, *д*). Одну из боковых долей сторон обеих заготовок выстрагивают под прямым углом к плоскости разъема заготовок (плоскостной базе) для осуществления разметки контура частей *1* (фиг. 130, *в*) модели. Базой для разметки заготовок служат их плоскости разъема и выстроганные под прямым углом боковые

(долевые) стороны. После разметки контура части модели (фиг. 130, *д*) производится ее обработка.

Для изготовления частей модели *2* (фиг. 130, *в*) выстрагивают две дощечки размером 25 × 50 × 170 *мм*, в которых делают углубления для шипов *7* (фиг. 130, *е* и *ж*). Затем части *2* соединяются с частями *1* при помощи прямоугольных шипов *7* клеем (фиг. 130, *ж*). К частям *2* приклеивают предварительно выстроганные планки *8* толщиной 8 *мм* (с учетом припуска на механическую обработку) и из них после приклеивания делают галтели с радиусом 8 *мм*. Для выполнения цилиндрических бобышек *3* (фиг. 130, *в*) выпиливают две заготовки из дощечек толщиной 9 *мм*, диаметром 90 *мм*, из которых вытачивают бобышки с галтелью на токарном станке по размерам модельного чертежа. Затем отдельно вытачивают стержневые знаки *4* с цилиндрическими шипами, диаметр которых соответствует отверстию, сделанному в заготовках бобышек *3*. Стержневые знаки *4* приклеивают к бобышкам и при помощи шипов, смазанных клеем, вставляют в предварительно высверленные центуром отверстия в заготовке *1*. Галтели между частями *1* и *2* изготовляют из замазки.

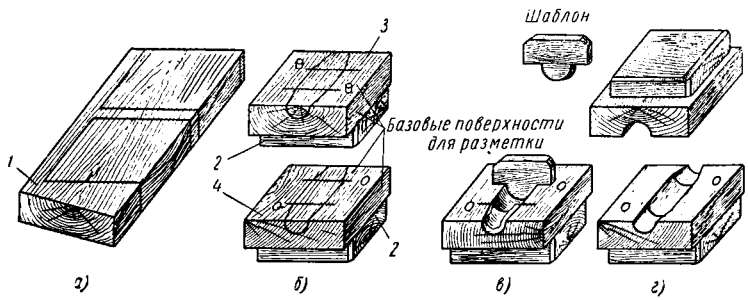
Изготовление цилиндрических бобышек *3* и стержневых знаков *4* может также осуществляться одновременно (фиг. 130, *з*). В этом случае на конце заготовки *9*, вбитой в патрон *10*, на токарном станке вытачивают цилиндрический шип, размер которого подгоняют к размеру высверленного в круглой заготовке *11* отверстия для бобышки *3*. Затем отверстие заготовки намазывают клеем и ее плотно навертывают на шип и подвергают обработке резцом.

Далее из заготовки *9* вытачивают знаки, как показано на фиг. 130, *и*. После того как все части модели будут соединены между собой, модель подвергают отделке и окраске. При зачистке плоских и фасонных поверхностей модели шкурку следует накладывать на выстроганные плоские планочки и пользоваться ими при зачистке подобно напильнику. Для данной модели изготовляют и стержневой ящик (фиг. 131, *г*). Технология изготовления стержневого ящика состоит в следующем. Из диска *1* (фиг. 131, *а*) после разметки выпиливают две заготовки для основных частей стержневого ящика. Размеры каждой заготовки в зависимости от величины стержня должны быть примерно следующими: толщина на 25—50 *мм* больше радиуса стержня, ширина на 60—150 *мм* больше диаметра и длина равной длине стержня.

Выстроганные заготовки сначала соединяют друг с другом при помощи шипов подобно тому, как это было указано при изготовлении данной модели. Затем для предохранения стержневого ящика от коробления на обеих частях заготовок с наружной стороны прикрепляют сплошные деревянные шпонки *2* (фиг. 131, *б*), толщина которых равняется примерно $^3/_4$ толщины основной части.

Шпонки прикрепляют при помощи клея и гвоздей или шурупов, располагая долевые волокна их под углом 90° по отношению к долевым волокнам основных частей. Далее на внутренних плоско-

стях заготовок *3* и *4* производится разметка контура стержня. Базой для разметки заготовок служат их плоскости разъема и выстроганные под прямым углом боковые стороны, как указано на фиг. 131, *б*. При помощи рейсмуса проводится осевая линия параллельно базовой боковой стороне заготовки, затем наносят контур стержня на плоскости разъема и на торцовых сторонах ее.



Фиг. 131. Технология изготовления стержневого ящика и модели глухого подшипника.

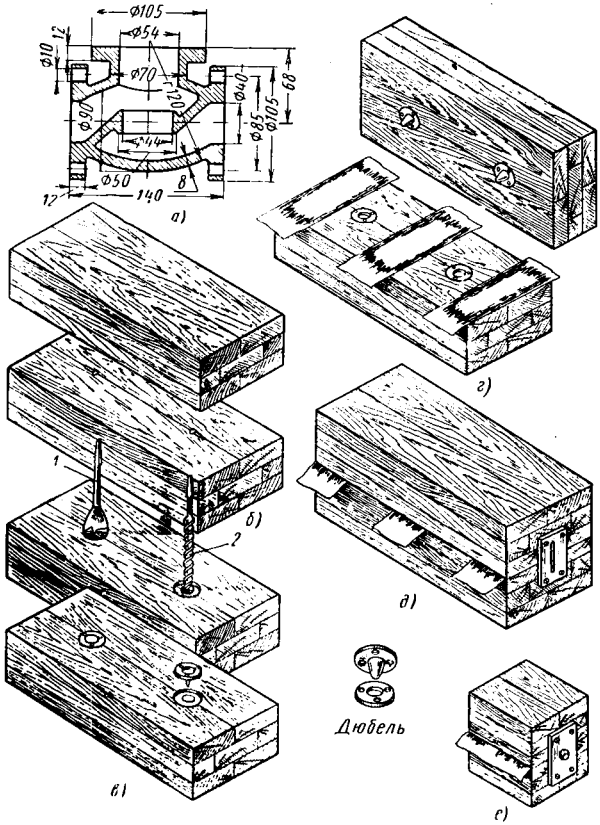
После разметки начинают изготовлять полости ящика с помощью полукруглой стамески. Вначале вчерне вырезают древесину по всей длине отверстия и далее в цилиндрической части ящика в соответствии с требуемыми размерами. Для получения правильной полуцилиндрической формы применяют шаблон, изготовленный из твердой породы дерева толщиной 3—4 *мм*. Полуцилиндрическую поверхность шаблона, изготовленную с фаской, с одной стороны натирают цветным карандашом; шаблон прикладывают к изготовляемой полости и двигают в долевом направлении. Образующиеся следы карандаша на выступающих частях древесины срезают полукруглой стамеской. Это повторяется до тех пор, пока профиль полукруглой полости будет совпадать с контуром шаблона (фиг. 131, *в*), что выявляется сплошным окрашиванием поверхности полости ящика.

После изготовления полуцилиндрической поверхности стержневого ящика вырезают конические поверхности (без шаблона), а затем их подвергают отделке шкуркой и окраске модельным лаком при зачистке круглых и конических поверхностей шкуркой, наложенной на цилиндрические деревянные скалочки, диаметр которых несколько меньше отделываемых отверстий.

§ 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА КОРПУСА ВЕНТИЛЯ

На фиг. 132, *а* приведен чертеж детали корпуса вентиля. Из чертежа детали следует, что модель необходимо делать разъемной соответственно плоскости данного чертежа. Поскольку деталь имеет

внутреннюю полость, модельный комплект должен состоять из модели и стержневого ящика. Технология изготовления модели намечается по 1-му классу прочности. Для этого модельного комплекта можно применять сосновый или ольховый пиломатериал.



Фиг. 132. Чертеж детали корпуса вентиля и процесс изготовления заготовки для модели.

Модели изготовляют в следующем порядке. Вначале делают две заготовки для основной части модели (бочкообразной формы), склеенные из нескольких слоев древесины, как показано на фиг. 132, *б*. Затем на обеих половинках заготовок размечают центры для шипов посредством маленьких гвоздиков, устанавливаемых на таком расстоянии, чтобы отверстия для шипов не совпадали

с выточками для фланцев. После этого устанавливают металлические шипы (дюбели). С этой целью в заготовке для нижней части модели приспособления *1* (фиг. 132, *в*) сверлят углубления на величину толщины шайбы шипа. Затем сверлом *2* выполняют отверстия, глубина которых должна быть на 5—8 *мм* больше высоты шипа. В полученные от сверления центуром углубления вставляют шайбы шипов и закрепляют шурупами. В заготовке для верхней части модели просверливают центуром углубления только для основания шипов, в которые затем устанавливают шипы и привертывают их шурупами (фиг. 132, *г*).

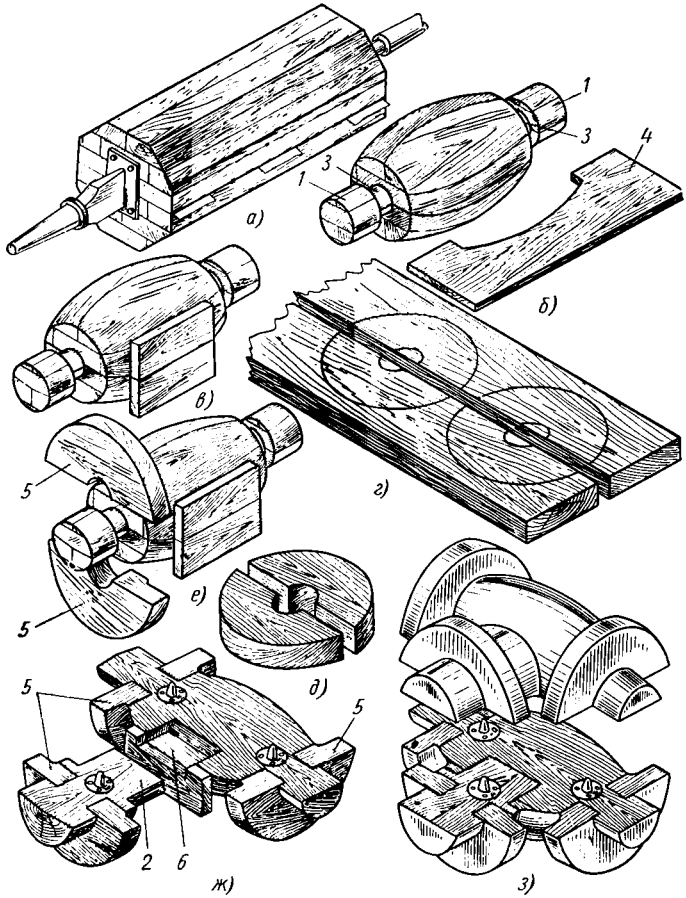
Так как заготовки для модели нужно обрабатывать на токарном станке, то для удобства обработки и последующего разъединения половинок модели по плоскости разъема заготовки склеивают через бумагу, как указано на фиг. 132, *г* и *д*. Для предупреждения провертывания гребенки в древесине и безопасности работы при обточке заготовки на один торец спаренной заготовки прикрепляют металлическую планку с прямоугольной прорезью для гребенки, а на другой прикрепляют планку с коническим отверстием для центра задней бабки. Подобным способом выполняют заготовку цилиндрической части модели патрубка (фиг. 132, *е*).

Перед установкой на токарный станок спаренных заготовок острые углы древесины срубают илиострагивают. Подготовленная и закрепленная в центрах токарного станка заготовка для корпуса вентиля показана на фиг. 133, *а*.

При обработке на токарном станке сначала вытачивают знаки *1* (фиг. 133, *б*). Затем обрабатывают наружную поверхность модели в соответствии с формой и размерами, указанными в модельном чертеже. Правильность овальной формы обтачиваемой поверхности проверяют прикладыванием шаблона *4* (фиг. 133, *б*). После окончательной обработки шаблон должен полностью прилегать к обработанной поверхности, а его горизонтальные участки при этом должны касаться цилиндрических поверхностей знаков. Затем вытачивают углубления *3* (фиг. 133, *б*) для последующей установки фланцев.

Снятая с центров обточенная заготовка освобождается от металлических планок. Посредством легкого удара молотком по ручке плоской стамески, лезвие которой установлено на границе разъема на торце одного из концов заготовки, заготовка легко разъединяется на две части по плоскости разъема. Оставшиеся концы около стержневых знаков удаляют пилой, а бумагу с клеем на поверхности обеих частей заготовкиострагивают маленьким рубанком, рабочую поверхность которого смазывают машинным маслом. После этого на обеих частях заготовки на соответствующем расстоянии от оси вращения выстрагивают плоские поверхности под прямым углом к плоскости разъема. К этим поверхностям приклеивают две предварительно выстроганные дощечки для изготовления галтели по линии пересечения поверхностей двух тел (фиг. 133, *в*). Толщина дощечек определяется по модельному чертежу. Фланцы *5* (фиг. 133, *г*, *д*, *е*)

для модели вытачивают на токарном станке (на планшайбе) из заготовок, выпиленных из досок соответствующей толщины (см. фиг. 133, *г*, *д*, *е*).



Фиг. 133. Процесс изготовления модели корпуса вентиля.

Цилиндрическую часть модели патрубка изготовляют аналогично основной части модели. При этом цилиндрическую часть патрубка вытачивают такой длины, чтобы из нее можно было затем изготовить вручную шип *2* (фиг. 133, *ж*) для крепления патрубка к основной

части модели, в которой предварительно изготовляют углубление *6* (фиг. 133, *ж*).

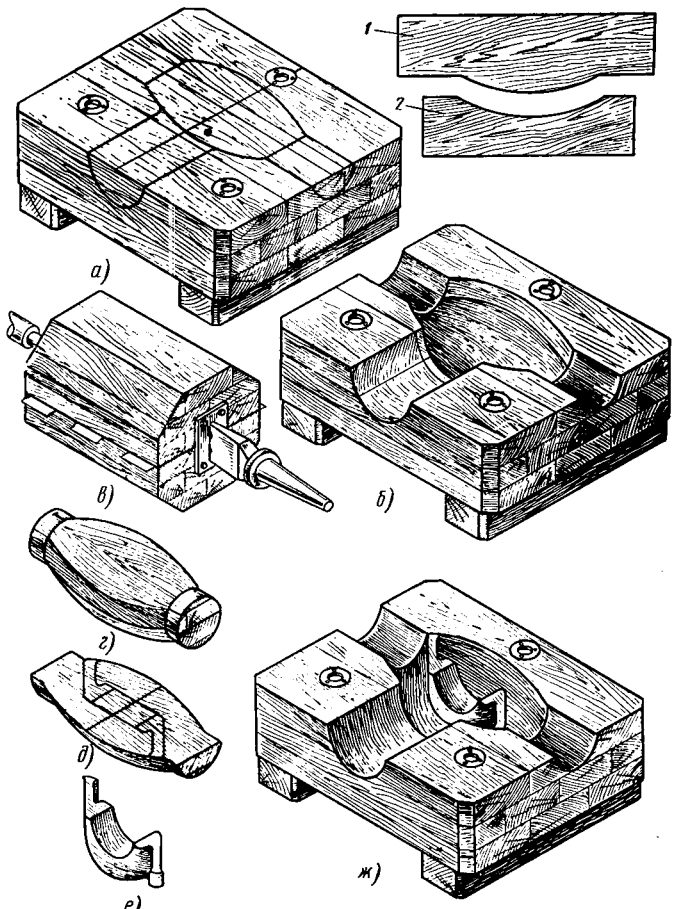
После соединения патрубка с основной частью модели с помощью шипа *5*, клея и шурупов, из приклеенных ранее дощечек (фиг. 133, *в*) изготовляют галтель путем ручной обработки этих дощечек полукруглой стамеской. Затем к модели приклеивают фланцы и окончательно отделывают модель (фиг. 133, *з*).

Технология изготовления стержневого ящика к модели корпуса вентиля изображена на фиг. 134.

Стержневой ящик состоит из двух симметричных половинок. Приемы изготовления основных частей ящика аналогичны описанным ранее для стержневого ящика к модели глухого подшипника. Однако следует отметить некоторые особенности в изготовлении этого стержневого ящика. После разметки обеих половинок ящика, как указано на фиг. 134, *а*, делают полости в них. Сначала вырезают полукруглой стамеской или выстрагивают в каждой половине ящика специальным рубанком-галтельником сквозное полуцилиндрическое отверстие диаметром 40 *мм*. Затем специальными стамесками (см. фиг. 92, поз. *3* — клюкарзами) вырезают полость овальной формы. Для обеспечения правильной формы полости применяют шаблон *1* (фиг. 134), выступающая овальная часть которого натирается цветным карандашом. Далее вырезают цилиндрическое отверстие диаметром 54 *мм*, расположенное перпендикулярно долевой оси ящика. После этого полость ящика приобретает вид, указанный на фиг. 134, *б*.

Перегородки для части ящика овальной формы изготовляют из заготовки, склеенной через бумагу из двух брусков. Заготовку устанавливают для обработки на токарном станке, как показано на фиг. 134, *в*; из заготовки вытачивают вставку в соответствии с размерами и формой овальной полости ящика. Приемы обработки аналогичны приемам, применяемым при изготовлении основной части модели (см. фиг. 133, *а*). Правильность кривизны поверхности вытачиваемой вставки проверяют шаблоном *2* (фиг. 134). После обработки вставка приобретает вид, указанный на фиг. 134, *г*. Вставку разъединяют по плоскости разъема на две части и каждую из них вставляют в полость половинок стержневого ящика и производят разметку перегородки на плоской поверхности каждой части вставки. После разметки вставки вынимают из полостей ящика (фиг. 134, *д*) и подвергают ручной обработке стамесками. Для облегчения работы при извлечении стержня из ящика на перегородке делают формовочные уклоны, которые измеряют при изготовлении малкой (см. фиг. 85).

Обработанную по размерам перегородку (фиг. 134, *е*) устанавливают в полость ящика и приклеивают. Затем между вставкой и основной полостью ящика выполняют галтели из замазки, ящик зачищают и окрашивают. На фиг. 134, *ж* показана одна из половин готового ящика.



Фиг 134. Процесс изготовления стержневого ящика для модели корпуса вентиля.

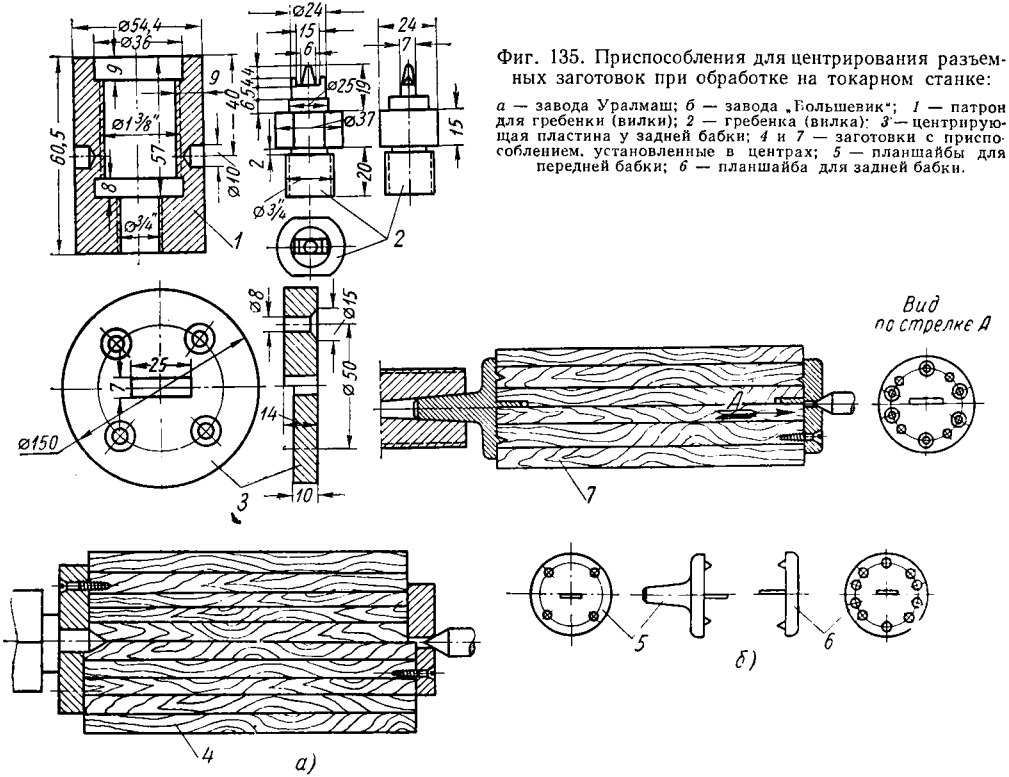
В рассмотренном примере приготовления модели корпуса вентиля при обработке на токарном станке заготовок для разъемных частей модели применяли металлические планки, укрепляемые на торцовых частях заготовки шурупами.

Для того чтобы обеспечить получение одинаковых размеров по высоте обеих разъемных частей модели, необходимо определять эти размеры путем измерения длины окружности циркулем по какой-либо намеченной риске у конца заготовки (передней и задней бабок). Для этой цели после грубой обточки заготовки сначала резцом или карандашом риску наносят на одном конце на расстоянии 10—15 *мм* от края, а затем на другом. После остановки станка откладывают от одной какой-либо линии разъема по риске на окружности обеих половинок циркулем расстояния в направлении к следующей линии разъема. В случае, если длина полуокружности одной половинки заготовки меньше другой, то заготовку следует повернуть до горизонтального положения, так чтобы половинка модели с большей высотой была внизу. В таком положении молотком или кувалдочкой наносят сверху по измеряемому концу заготовки один-два легких удара. Затем вновь подвергают этот конец обработке и опять повторяют проверку высоты половинок заготовки. Когда токарь по дереву или модельщик убедится, что в этом конце высота разъемных половинок одинакова, то переходит к проверке другого конца. Затем можно продолжать обточку заготовки и доводить ее до нужной формы и размеров. На выверку центров и установку иногда затрачивают много времени, и все же этот способ не является совершенным; погрешность в высоте половинок в определенных сечениях иногда достигает 1—2 *мм*. На Уралмашзаводе применяют приспособление более совершенное, которое исключает предварительную проверку центров и обеспечивает получение размеров разъемных частей высокой точности.

На фиг. 135, *а* представлен чертеж такого приспособления, состоящий из гребенки (вилки) — центра передней бабки и центрирующей пластины у задней бабки. На заводе «Большевик» применяют другое центрирующее приспособление, наиболее удобное и обеспечивающее точность изготовления по высоте разъемных частей до $\pm 0{,}1$ *мм*.

На фиг. 135, *б* приводится чертеж такого приспособления в виде планшайб, которые привертываются на торцовых частях заготовок. Перед склейкой через бумагу двух частей заготовок в одной из них в середине на каждом конце делают углубление на 0,5—1 *мм* больше толщины выступающей плоской части планшайбы, по ширине равной размеру центрирующей пластины, а по длине на 5—6 *мм* длиннее ее. При наличии такого приспособления также отпадает надобность в затрате времени на проверку центров установленной заготовки.

Планшайбы такой конструкции применяются и для расточки стержневых ящиков больших диаметров.



Фиг. 135. Приспособления для центрирования разъемных заготовок при обработке на токарном станке:

а — завода Уралмаш; *б* — завода „Большевик"; *1* — патрон для гребенки (вилки); *2* — гребенка (вилка); *3* — центрирующая пластина у задней бабки; *4* и *7* — заготовки с приспособлением, установленные в центрах; *5* — планшайбы для передней бабки; *6* — планшайба для задней бабки.

§ 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ СТОЙКИ

На фиг. 136, *а* приведен чертеж детали стойки. Из чертежа видно, что модель стойки надо изготовлять целой; плоскость разъема формы принята по линии *I—I* (фиг. 136, *б*).

Модель изготовляют по 2-му классу прочности. Плита и два ребра на ней соединяются между собой посредством прямоугольных шипов. Отличительной особенностью данной модели является то, что у нее имеются отъемные части, образующие бобышки. Последние укрепляют на клинообразных шипах (шпонках), имеющих в сечении форму ласточкина хвоста. Процесс изготовления отъемных выступающих частей на вертикальных плоскостях модели (по условиям формовки) приведен на фиг. 137. Вначале на боковой поверхности ребер модели размечают углубления (пазы) для клинообразного шипа (фиг. 137, *а*). После этого при помощи плоских стамесок (широкой и узкой) изготовляют углубление *1*, изображенное на фиг. 137, *б*. Затем из твердого дерева изготовляют брусочек, толщиной на 3—5 *мм* больше толщины шипа, шириной на 5—10 *мм* больше, чем верхний размер шипа, и длиной не менее двух-трех длин шипа. При помощи рубанка или плоской стамески из брусочка выполняют заготовку шипа *2*, которую плотно пригоняют в углубление *1*, как показано на фиг. 137, *в*. Когда заготовка шипа пригнана по углублению, лишний материал срезают, и полученный шип *3* может свободно выдвигаться из паза (фиг. 137, *г*). На поверхности модели вместе с вставленным шипом проводится разметка осевых линий для приклейки к шипам бобышек. Из дощечки *4* толщиной, равной толщине бобышек, изготовляют бобышки *5*. Они могут быть обработаны на токарном станке или обрезаны стамеской и зачищены стеклянной шкуркой.

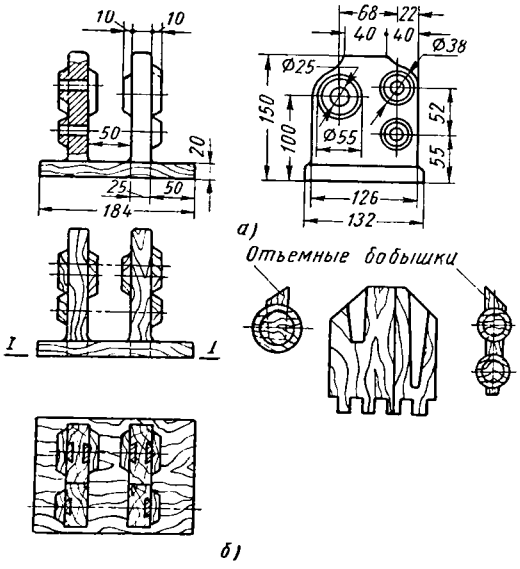
При склейке бобышек с шипом необходимо обеспечить совпадение осевых линий на бобышках с шипом. Шип с прикрепленными бобышками через 2—3 часа после склеивания вставляют в модель и окрашивают вместе с моделью. Отъемные части модели показаны на фиг. 137, *д*.

Если поверхность модели, на которой должна быть сделана отъемная часть, будет не плоской, а с кривизной (цилиндрическая, коническая), то принцип изготовления шипа для отъемных частей аналогичен.

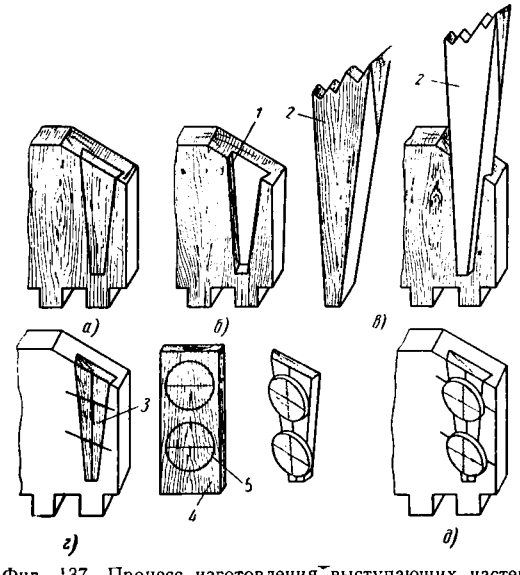
§ 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА КОЛПАЧКА

На фиг. 138, *а* приведен чертеж детали колпачка, а на фиг. 138, *б* — чертеж модели этой же детали.

Как видно из фиг. 138, *в*, модель изготовляется целой по 2-му классу прочности. Плоскость разъема формы указана по линии *I—I*. Модель состоит из трех частей: основной цилиндрической части колпачка *1*, фланца *2* и стержневого значка *3* (для подвес-

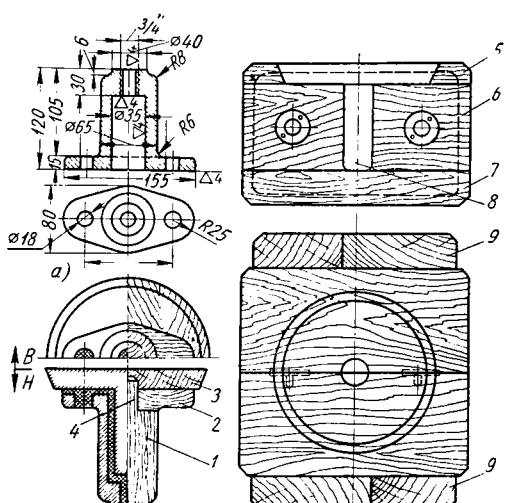


Фиг. 136. Последовательность процесса изготовления модели стойки.



Фиг. 137. Процесс изготовления выступающих частей на вертикальных плоскостях модели стойки.

ного стержня). Часть модели *1* изготовляют из целого куска дерева с направлением долевых волокон древесины вдоль оси модели. Длина шипа *4* выбрана с таким расчетом, чтобы при помощи этого шипа можно было центрировать как фланец, так и знак. Галтель на фланце *2* выполняют непосредственно во фланце. Если сделать ее на цилиндрической части *1*, то она при таком расположении долевых волокон дерева отколется. Галтель и отверстие для шипа на фланце *2* лучше выточить на станке, чем изготовлять вручную.



Фиг. 138. Чертеж детали колпачка и изготовленный модельный комплект.

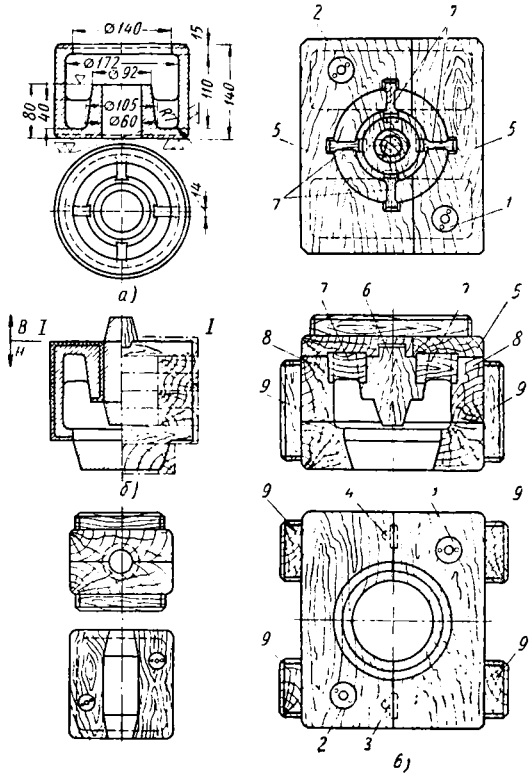
Знак *3* также вытачивают на токарном станке. Модель в собранном виде показана на фиг. 138, *б*. Стержневой ящик для модели колпачка приведен на фиг. 138, *в*. Стержневой ящик изготовляют из двух симметричных половин, разъемным. Каждая половина ящика состоит из трех частей. Коническое отверстие в части *5* и *7* можно выточить на станке.

Отверстие в части *6* целесообразно делать вручную или на фрезерном станке.

Все части стержневого ящика склеивают между собой, а часть ящика дополнительно прикрепляют шурупами. Галтель *8* радиусом, равным 5 *мм*, выполняют замазкой после сборки ящика. На каждую половину ящика для предохранения от коробления приклеивают щиток (шпонку) *9*.

§ 5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА ПОРШНЯ

На фиг. 139, *а* представлен чертеж детали поршня, а на фиг. 139, *б* — чертеж модели. Плоскость разъема формы проходит по линии *I—I*. Модельный комплект выполняется по 1-му классу



Фиг. 139. Поршень:

а — чертеж детали; *б* — модельный чертеж; *в* и *г* — стержневые ящики.

прочности из ольхового или соснового пиломатериала. Модель склеивается из четырех рядов косяков (кольцевых секторов) и трех дисков.

Отдельно вытачивается стержневой знак для верхней части формы, который для удобства формовки делается отъемным.

Ящик для основной внутренней полости изготовляют разъемным по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям. Получающиеся

при этом три основные части ящика соединяются при помощи металлических шипов (дюбелей) *1*, *2*, *3*, *4*. Стержневой ящик (фиг. 139, *в*) состоит из нижней части (дна) *5* с бобышкой (со стержневым знаком) *6* и ребрами *7*, а также двух боковых частей *8*. Для придания ящику прочности на боковые части *8* наклеиваются шпонки (планки) *9* и привертываются шурупами.

Все рабочие поверхности, кроме ребер *7*, вытачиваются на токарном станке. Ребра *7* врезаны в бобышку *6*, а частично в нижнюю часть ящика *5* и приклеены к ней вместе с бобышкой наглухо.

В боковых частях ящика *8* вырезаны пазы, куда свободно входят концы ребер.

В процессе набивки стержня с ящиком следует обращаться так: когда ящик набит стержневой смесью, на него сверху накладывают щиток или плитку и вместе с ним перевертывают отверстием вниз; нижнюю часть (дно) *5* осторожно вытягивают вверх вместе с бобышкой и ребрами, а затем боковые части *8* разводят в стороны. Для того чтобы обеспечить получение в бобышке сквозного отверстия, делают второй стержневой ящик (фиг. 139, *г*) из двух разъемных частей на шипах с полостью, соответствующей отверстию в детали и углублению в первом стержне для знака. Второй стержень вставляют одним концом в первый стержень, другим — в верхнюю часть формы.

§ 6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА ВТУЛКИ

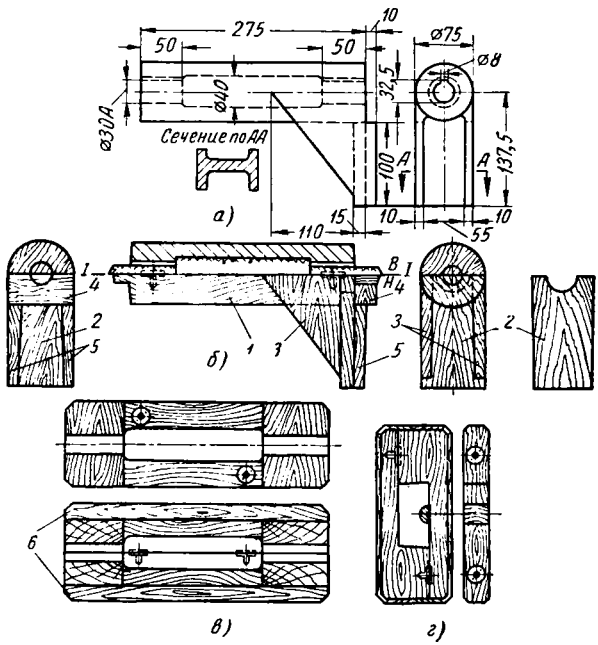
Модельный комплект втулки состоит из модели и двух стержневых ящиков (фиг. 140). Модель изготовляют по 2-му классу прочности, из ольхи, сосны или липы.

Из чертежа детали (фиг. 140, *а*) видно, что разъем модели целесообразно иметь по линии *I-I* (фиг. 140, *б*). Сначала из двух спаренных заготовок посредством двух металлических шипов вытачивают на токарном станке цилиндрическую часть модели *1* со стержневыми знаками. Затем выстрагивают ребро *2* и врезают его, смазывая предварительно клеем, в цилиндрическую часть нижней половинки модели *1*.

Выстроганные два ребра *3* врезают и приклеивают также к части модели *1* и плотно пригоняют по плоскости к ребру *2*. Затем на торцовую сторону нижней цилиндрической части *1* и ребра *2* наклеивают знак *4* и две планочки *5*. После этого модель зачищают (шлифуют) шкуркой, а в углах, образуемых цилиндрической поверхностью и ребрами, делают галтели из замазки (фиг. 140, *а*).

Стержневой ящик (фиг. 140, *в*) изготовляют разъемным; каждая половинка его состоит из трех частей и шпонки *6*; предназначается он для сквозного отверстия втулки. Стержневой ящик, приведенный на фиг. 140, *г* служит для изготовления стержня, посредством которого образуются на конце втулки уступы на платиках *5*. Техно-

логический процесс изготовления стержневых ящиков ясен из чертежа и дополнительных пояснений не требует.



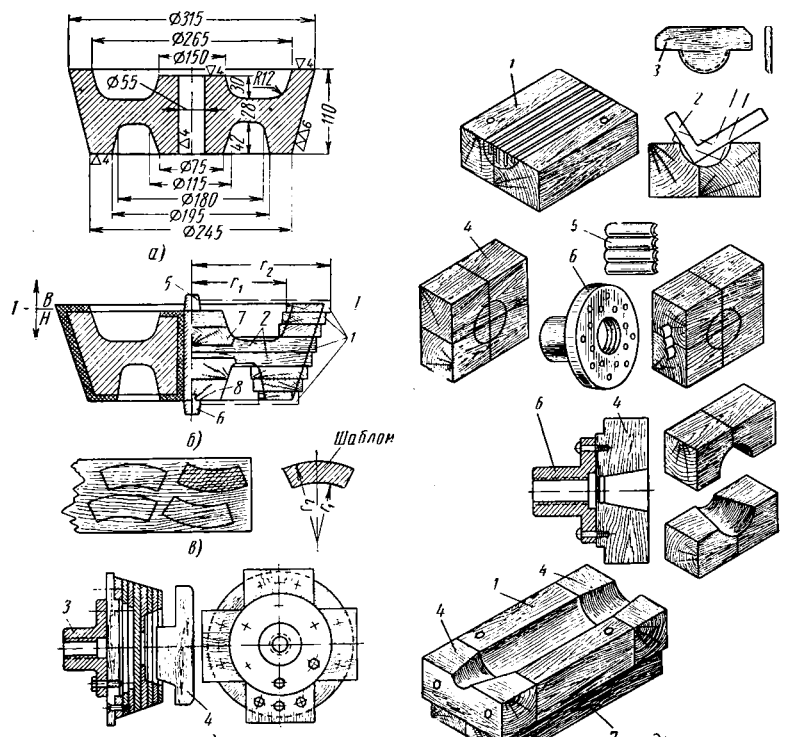
Фиг. 140. Втулка:

а — чертеж детали; *б* — модельный чертеж; *в* и *г* — стержневые ящики.

§ 7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА ДЛЯ КОНИЧЕСКОГО КАТКА

На фиг. 141, *а* представлен чертеж детали конического катка. Из рассмотренного чертежа детали нетрудно определить, что модель должна быть изготовлена целой, с отъемной верхней муфтой, так как плоскость разъема формы пройдет по линии *I-I*. Модель следует изготовлять по 1-му классу прочности, из березового или соснового пиломатериала. Чтобы модель была прочной, обод катка (фиг. 141, *б*) изготовляют из косяков (кольцевых секторов) *1* в три ряда, по 6 шт. в ряду, а диск катка — из двух кругов *2*, склеенных так, что их долевые волокна расположены взаимно-перпендикулярно. Заготовка косяков *1* каждого ряда производится путем выпиливания их из досок по нанесенным контурам на доске. Контуры эти наносятся путем обводки карандашом шаблона косяка *3*, наложенного на доску (фиг. 141, *в*) шаблон изготовляют предварительно из кар-

тона или фанеры по размерам, соответствующим косякам каждого ряда. В данном случае изготовляют шесть шаблонов-косяков. Количество рядов определяется в зависимости от высоты обода и его диаметра; припуск на обточку самой заготовки берется не менее 4—5 *мм* на каждую сторону.



Фиг. 141. Конический каток:

а — чертеж отливки; *б* — модельный чертеж; *в* — вычерчивание косяков на доске по картонному шаблону; *г* — обточка заготовки катка; *д* — изготовление стержневого ящика.

Долевые волокна дерева должны быть направлены в косяке только по хорде (фиг. 141, *в*). Склеенную заготовку обтачивают на токарном станке в соответствии с размерами модельного чертежа на щитке (фиг. 141, *б*) при помощи планшайбы *3* с привернутым к ней «глухарями» или шурупами деревянным крестом (фиг. 141, *г*).

Внутреннюю поверхность в нижней части заготовки выполняют резцом с применением шаблона *4*, для того чтобы обеспечить получе-

ние правильной формы полости. Выполнение полости верхней части обеспечивают так же. В диске заготовки с обеих сторон вытачивают углубления для вставки в них частей модели муфт со знаками. После этого вытачивают стержневые знаки *5*, *6* и муфты *7*, *8* с цилиндрическими углублениями в центре для установки знаков. Муфту *8* приклеивают у модели наглухо, а муфта *7* — отъемная для удобства формовки.

Стержневой ящик изготовляют разъемным по оси — из двух симметричных половин. Для ускорения процесса изготовления ящика его изготовляют из нескольких частей (фиг. 141, *д*). Вначале спаривают бруски для средней части ящика *1*. Затем рубанком-галтельником или полукруглой стамеской, после предварительно сделанных в ящике лучковой пилой пропилов, изготовляют цилиндрическое отверстие, применяя при этом или угольник *2* или шаблон *3*. Это отверстие можно изготовить на фрезерном станке. Конические отверстия для стержневых ящиков изготовляются на токарном станке из двух заготовок *4*, склеенных через бумагу и скрепленных в торцовых частях рифлеными железными гребенками *5*. Каждую заготовку *4* привертывают к планшайбе шурупами и растачивают резцом на станке. После снятия заготовки с планшайбы окончательно состругивают плоскости до требуемой высоты знака и раскалывают при помощи стамески по плоскости соединения на две части. Бумагу с клеем осторожно состругивают и заготовки *4* приклеивают к средней части ящика *1* и привертывают шурупами, так как степень склеивания долевых волокон дерева с торцовыми весьма низкая. Для придания прочности на каждую половинку стержневого ящика приклеивают деревянный щиток *7*. После зачистки модельный комплект передают для приемки в ОТК.

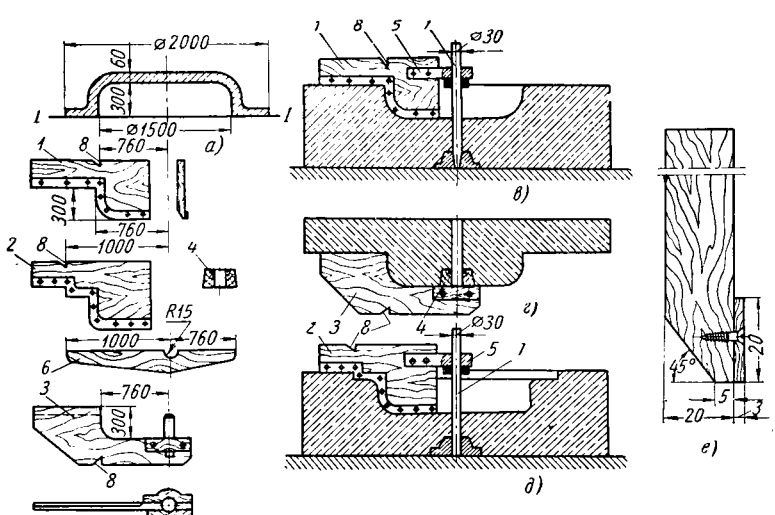
§ 8. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШАБЛОНА МОДЕЛИ ДЛЯ КРЫШКИ

На фиг. 142, *а* представлен чертеж детали крышки, для литья которой целесообразнее вместо цельной модели изготовлять шаблон-модель.

В производстве для деталей, имеющих форму тел вращения, иногда приходится шаблон делать и тогда, когда отсутствует лобовой токарный станок для обточки моделей больших диаметров. В данном случае определяем место разъема формы по линии *1-1*.

Для производства формовки пользуются шаблонами *1*, *2* и *3* (фиг. 142, *б*). Шаблон *1* изготовляют для получения фальшивой формы, по которой формуется верхняя полуформа (фиг. 142, *в*). Шаблон *2* применяют для получения нижней полуформы (фиг. 142, *д*). Шаблон *3*, называемый оправочным, предназначен для доведения верхней формы до нужных размеров (фиг. 142, *г*). Деревянное кольцо *4* служит как центрирующее приспособление для вращения оправочного шаблона. Для правильной установки шаблонов на серьге *5* (фиг. 142, *в* и *д*) изготовляют деревянную мерку *6*

(фиг. 142, *б*) толщиной 10—12 *мм*, с полукруглой вырезкой радиусом 15 *мм* в середине, равной диаметру стальной оси *7* (фиг. 142, *в* и *д*). На каждом шаблоне на верхней стороне делают на определенном расстоянии метки *8* (углубления); при установке шаблона конец мерки *6* должен совпадать с вертикальной стороной метки *8*.



Фиг. 142. Комплект шаблонов модели крышки:

а — чертеж детали; *б* — шаблоны с кольцом *4* и меркой *6*; *в* — шаблоны в работе по изготовлению фальшивой формы; *г* — оправочный шаблон *3* при оправке верхней полуформы; *д* — шаблон *2* при изготовлении нижней полуформы; *е* — поперечный разрез шаблона.

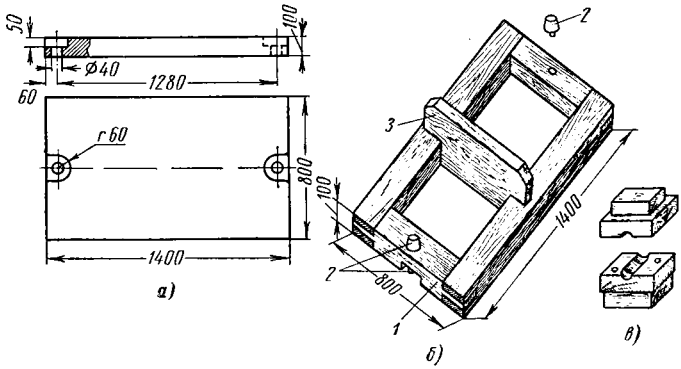
Все шаблоны изготовляют из досок толщиной 20—25 *мм*, шириной — в зависимости от конфигурации. В целях придания шаблону прочности и точности по всей стороне рабочей части его накладывают латунную или стальную полосу.

На фиг. 142, *в* представлен поперечный разрез деревянного шаблона, его форма и способ прикрепления к нему металлических планок. После отделки шаблоны красят только в нижней рабочей части (кромки), соприкасающейся с формовочной смесью; остальные поверхности не красят. Шаблоны маркируют так же, как модельный комплект.

§ 9. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ПЛИТЫ В ВИДЕ РАМКИ

Для плит больших размеров целесообразно изготовлять рамки с шаблоном вместо целой модели. На фиг. 143 представлен чертеж плиты и модельный комплект (модель-рамка). Наружные размеры

модели-рамки (фиг. 143, *а*) изготовляют в соответствии с размерами плиты по чертежу с выполнением соответствующих формовочных уклонов. Ширину брусков рамки устанавливают в зависимости от размеров модели и с таким расчетом, чтобы рамка была прочной. В данном случае ширина брусков принята равной 150 *мм*. В модели-рамке с обеих сторон изготовлены углубления *1* и для получения



Фиг. 143. Плита:

а — чертеж детали; *б* — модель-рамка; *в* — стержневой ящик

цилиндрических отверстий сделаны стержневые знаки *2*; при этом для верхней полуформы они изготовлены отъемными (фиг. 143, *б*). Для удаления земли из середины модели-рамки изготовляют шаблон-сгребалку *3*, глубина внутренней части которого равна толщине модели (100 *мм*), а ширина его на 5—6 *мм* меньше внутреннего размера модели-рамки. К данной модели-рамке изготовляют стержневой ящик (фиг. 143, *в*).

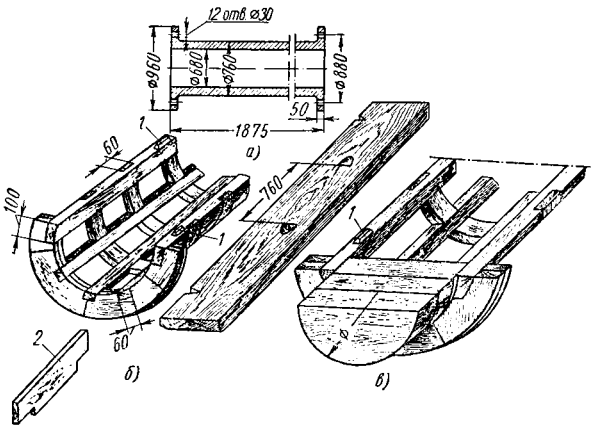
§ 10. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СКЕЛЕТНОЙ МОДЕЛИ КРУПНОЙ ТРУБЫ

В главе I отмечалось, что скелетные модели изготовляют исключительно для крупных деталей. В данном случае деталь трубы (фиг. 144, *а*) является крупной, и для получения литейной формы целесообразно делать скелетную модель. Скелетная модель изготовлена по 3-му классу прочности разъемной (фиг. 144, *б*), из двух симметричных частей, фиксируемых при помощи прямоугольных деревянных шипов *1*.

Модель изготовлена из брусков толщиной, равной толщине тела детали (40 *мм*). Ширину брусков и количество их устанавливают с таким расчетом, чтобы модель-скелет была прочной и не деформировалась. Бруски у разъема изготовлены шириной 100 *мм*, остальные — 60 *мм*.

Фланец изготовлен из кольцевых сегментов (косяков) в два ряда.

Шаблон-сгребалка *2* изготовлен из доски толщиной 20 *мм* с фаской под 45°. Длина рабочей части шаблона на 5—8 *мм* меньше длины окон в модели; делается это для того, чтобы было удобнее выполнять необходимые работы в этих окнах в направлении окружности (вверх и вниз).



Фиг. 144. Скелетная модель трубы:

а — чертеж детали; *б* — модель разъемная без стержневых знаков; *в* — модель разъемная со стержневыми знаками и с шаблоном для изготовления стержня.

Поскольку модель выполнена без стержневых знаков, стержень для получения внутреннего цилиндрического отверстия необходимо изготовить по этой же модели в процессе формовки.

На фиг. 144, *в* показана скелетная модель, изготовленная со стержневыми знаками. Кроме шаблона-сгребалки *2*, выполнен шаблон *3* для изготовления стержня. Процесс формовки в данном случае облегчается, поскольку стержень будет изготовляться отдельно.

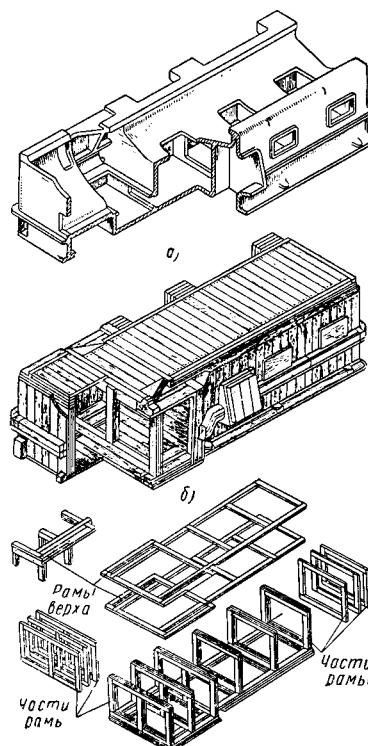
§ 11. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОЙ МОДЕЛИ СТАНИНЫ СТАНКА

Для обеспечения прочности модели или стержневого ящика необходимо основную часть модели или ящика, принимаемую за базу (основу), выполнять в виде коробки, кольца, барабана, рамки и т. д. с тщательной переклейкой частей древесины.

На фиг. 145 показан метод изготовления крупной модели станины станка. На фиг. 145, *а* представлен чертеж в аксонометрической проекции отливки (станины), для которой изготовлена модель (фиг. 145, *б*) по способу последовательной переклейки брусков.

Конструкция рамного основания модели (остова) показана на фиг. 145, *в*. Сборка остова модели, как и стержневых вытряхных ящиков, выполняется на специальных столах (фиг. 146, *а* и *б*).

Изготовленная таким способом модель является более прочной по сравнению с моделью, сделанной в виде коробки из щитов, показанной на фиг. 145. Кроме того, этот способ является менее трудоемким, так как модельщик получает не только готовые рамки, но и остальные части модели, заранее изготовленные на деревообрабатывающих станках (щиты).



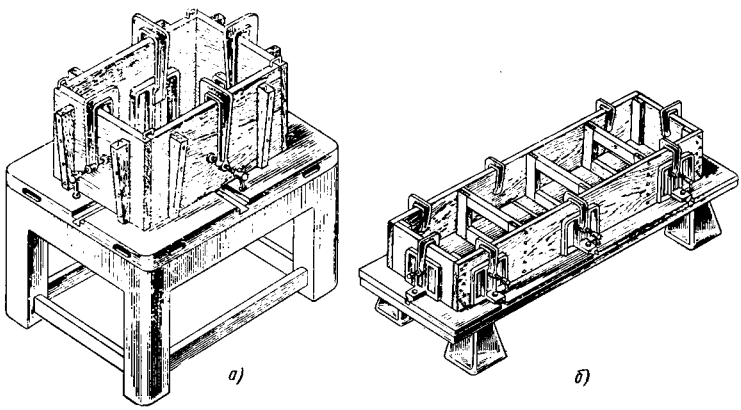
Фиг. 145. Крупная модель станины станка:

а — отливка; *б* — вид модели; *в* — стыковая вязка рам.

§ 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

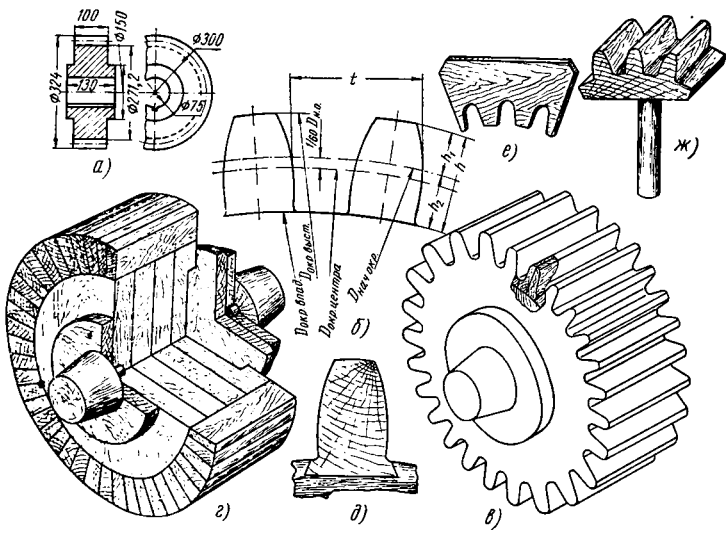
В отдельных видах производства возникает необходимость в изготовлении зубчатых колес и шестерен с литым зубом. Особенность изготовления таких моделей заключается в тщательной разметке зубьев и их изготовлении. Предварительно на модельном щитке вычерчивают несколько зубьев, после чего приступают к заготовке материала для модели.

Процесс изготовления модели показан на фиг. 147. В данном случае зубья изготовляют непосредственно из древесины, наклеенной на обод в виде клепок. Количество клепок (заготовок для зубьев) берется или равное количеству зубьев, или одна на два зуба. Обычно после обточки на станке основной заготовки колеса на ободе делают такое количество граней, которое соответствует количеству клепок. Клепки тщательно пригоняют и приклеивают к ободу. Как правило, их делают из ольхи, бука и иногда из липы — первосортного пиломатериала с прямослойными долевыми волокнами — для получения гладкой поверхности. Затем заготовку вместе с клепками вторично устанавливают на токарный станок



Фиг. 146. Сборочные столы:

а — для сборки вытряхных стержневых ящиков; *б* — для сборки остовов моделей.



Фиг. 147. Цилиндрическое зубчатое колесо:

а — чертеж детали; *б* — построение профиля зуба на модельном щитке; *в* — заготовка модели с законченными операциями обточки на токарном станке; *г* — модель; *д* — метод крепления зуба на ободе; *е* — шаблон для правки зубьев; *ж* — косяк для исправления зубьев в форме при формовке.

и обод подвергают обточке до получения соответствующих размеров по наружному диаметру и по высоте его. После окончательной обточки торцовые части клепок с обеих сторон красят шеллаком или модельным лаком для удобства разметки и более тщательного вычерчивания профилей зубьев. Затем приступают к разметке, пользуясь циркулем, линейкой, метром.

Зубья на модели, как и на чертеже, вычерчивают по одному и тому же правилу, но с некоторым отклонением в части размеров толщины зуба и ширины впадины. У зубчатых колес с литыми зубьями толщину зуба делают равной $^{19}/_{40}\ t$ (шага), а ширину впадины равной $^{21}/_{40}t$, в то время как у зубьев, изготовленных механической обработкой, толщина зуба равна ширине впадины. Высоту головки зуба h_1 делают равной m (модулю), а высоту ножки $h_2 = 1{,}2m$. Поскольку $m = \frac{D_{н.о}}{z}$ и может не быть целым числом, то при конструировании таких колес модуль чаще принимают в целых числах: например, для чугунных колес модуль берут равным 10, 12, 14, 15 и т. д. Размеры зуба для удобства следует рассчитывать по модулю.

При вычерчивании зубьев пользуются табл. 49, по которой определяют радиусы дуг, заменяющих эвольвенту. Центры этих радиусов лежат на вспомогательной окружности, меньшей на $^{1}/_{60}\ D_{н.о}$

Таблица 49

Таблица Гранта для вычисления радиусов дуг, заменяющих эвольвенту

Число зубьев z	Число, на которое умножается модуль для определения радиуса		Число зубьев z	Число, на которое умножается модуль для определения радиуса	
	r_1	r_2		r_1	r_2
10	2,28	0,69	28	3,92	2,59
11	2,40	0,83	29	3,99	2,67
12	2,51	0,96	30	4,06	2,76
13	2,62	1,09	31	4,13	2,85
14	2,72	1,22	32	4,20	2,93
15	2,82	1,34	33	4,27	3,01
16	2,92	1,46	34	4,33	3,09
17	3,02	1,58	35	4,39	3,16
18	3,12	1,69	36	4,45	3,23
19	3,22	1,79	37—40	4,50	4,20
20	3,32	1,89	41—45	4,63	4,63
21	3,41	1,98	46—50	5,06	5,06
22	4,49	2,06	51—60	5,74	5,74
23	3,51	2,15	61—70	6,52	6,52
24	3,64	2,24	71—90	7,72	7,72
25	3,71	2,23	91—120	9,78	9,78
26	3,78	2,42	121—180	13,38	13,38
27	3,85	2,50	181—330	21,62	21,62

Для определения радиуса дуги головки зуба r_1 необходимо модуль зуба умножить на число, указанное во второй графе табл. 49 в зависимости от количества зубьев z. Аналогичным способом определяют и радиус дуги высоты ножки r_2. Остальную часть ножки от вспомогательной окружности до впадины вычерчивают по прямой линии, направленной к центру колеса. Эту прямую линию с окружностью впадины сопрягают кривой радиусом r, равным $0{,}2m$ (галтель). В случае наличия на колесе более 36 зубьев профиль зуба вычерчивают только одним радиусом. После того как тщательно вычерчены профили зубьев, производят запил пилой или ножовкой с мелкими зубьями и приступают к изготовлению зубьев.

Кроме рассмотренного способа изготовления, на фиг. 147, *ж* показан другой способ, когда отдельные бруски для зуба предварительно пригоняют в пазы ласточкин хвост, а затем размечают и обрабатывают, после чего приклеивают к ободу.

На некоторых заводах применяют шаблоны из фанеры или алюминиевого листа для проверки правильности изготовления зубьев, главным образом при изготовлении зубьев по этому способу.

В обязательном порядке следует изготовить к модели косяк с тремя зубьями для исправления обвалившихся во время формовки зубьев.

К модели изготовляется стержневой ящик для отверстия в середине колеса.

ГЛАВА VII

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ИЗ ГИПСА И ЦЕМЕНТА

§ 1. МОДЕЛИ ИЗ ГИПСА

Гипсовые модели находят применение как при индивидуальном производстве литых деталей, так и при серийном. Гипс — малопрочный материал, особенно при ударной нагрузке. Тем не менее его используют на подмодельные и модельные плиты и непосредственно на модели простой конфигурации для ручной формовки. В отдельных случаях гипсовые модели и плиты можно использовать на прессовых машинах. Модельные плиты и модели из гипса значительно хуже металлических, так как они больше по весу, массивнее и менее долговечны, но они очень дешевы и просты в изготовлении по сравнению с металлическими, которые будут рассмотрены в следующей главе.

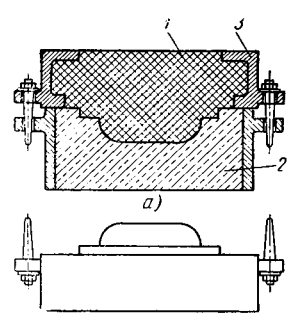
Если по деревянной модели, изготовленной по 1-му классу прочности, малого габарита и средней сложности в лучшем случае можно произвести до 200—300 форм, то по гипсовой — до 1000 и больше форм.

Гипс представляет собой водную сернокислую соль кальция $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Добывают его в Донбассе, Горьковском крае, Башкирии

и других местах СССР. Гипс делится на формовочный и штукатурный. Для модели следует рекомендовать формовочный гипс, механические и другие свойства которого более высокие. Формовочный гипс схватывается через 3—5 мин. Продолжительность текучести гипсовой массы определяется в 2—4 мин. Для получения жидкой льющейся гипсовой массы добавляют 40—60% воды по весу. Избыток воды ухудшает механические свойства гипса, так как только некоторая часть воды химически связывается с гипсом, остальная остается в массе в свободном состоянии, и поэтому после испарения ее в гипсе остаются поры. Удельный вес гипса 2,2—2,4.

Для лучшего испарения воды изнутри гипсовой массы применяют состав бетона по следующему рецепту: 5 частей гипса, 1 часть цемента и 1 часть мелкого кварцевого песка. Гипсовые составы следует растворять в воде до консистенции густой сметаны.

Гипс гигроскопичен. Перед употреблением гипсовую муку целесообразно прокалить при температуре около 150° С для испарения воды. При затвердевании гипс не изменит своего объема. Простота приготовления раствора, хорошая пластичность, быстрое затвердевание, возможность исправления модели и невысокая стоимость гипса позволяют применять его при изготовлении моделей в литейном производстве для простых по конфигурации моделей и небольших размеров, исходя из размеров опок не более чем 600 × 500 × 300 *мм*.



Фиг. 148. Схема изготовления гипсовой модели:

а — залитая гипсом форма вместе с рамкой; *б* — гипсовая модель в рамке, готовая для формовки. *1* — гипс; *2* — глинистая формовочная смесь; *3* — рамка.

На встряхивающих машинах гипсовые модели и плиты применять не следует, так как они быстро разрушаются ввиду невысокой прочности гипса. Для увеличения прочности моделей и плит следует в середину их закладывать металлические сетки или каркас.

Для выполнения гипсовой модели сначала изготовляют деревянную модель, затем ее плотно формуют в мелкой глинистой формовочной земле. После извлечения деревянной модели из опоки форму тщательно отделывают (заглаживают). Затем на нее накладывают специальную строганую чугунную рамку, и после этого форму с рамкой заполняют гипсовой массой (фиг. 148, *а*). Через 1—3 часа рамку с гипсовой моделью извлекают из формы, отделывают и через сутки подвергают окраске спиртовым модельным лаком 2—3 раза, после чего модель готова для производства (фиг. 148, *б*).

При формовке по гипсовой модели желательно иметь такую же гипсовую модель в запасе для замены, если выйдет из строя первая. Из гипса можно изготовлять подмодельные доски, модели для коки-

лей, правильных штампов и др. как непосредственно по моделям, так и по шаблонам путем вращения и протяжки. Ввиду гигроскопичности гипса модели из него следует хранить в сухом месте.

§ 2. МОДЕЛИ ИЗ ЦЕМЕНТА

Близким по свойствам к гипсу затвердевающим материалом является цемент, который с таким же успехом можно применять для изготовления моделей, как и гипс. Цемент в промышленности подразделяется на роман-цемент и портланд-цемент.

Роман-цемент представляет собой продукт тонкого помола естественных известковых или магнезиальных мергелей (известковый и магнезиальный камень), обожженных при температуре ниже температуры спекания (около 900° С). Роман-цемент, замешанный с водой, начинает твердеть на воздухе, а затем и в воде.

Портланд-цемент — продукт тонкого помола клинкера, получаемого равномерным обжигом до спекания (около 1450° С) тщательно дозированных искусственных смесей материалов, содержащих углекислую известь и глину, или естественных материалов известковых мергелей, добываемых в Новороссийске, Донбассе и других местах. Портланд-цемент делится на марки: 200, 250, 300, 400, 500 и 600. Наиболее качественные марки портланд-цемента — 400, 500 и 600 (быстротвердеющий), которые следует рекомендовать для производства моделей. Цемент начинает затвердевать через 7 дней, и этот процесс продолжается до 28 дней. Удельный вес цемента 2,6—3,2. Цемент значительно дешевле гипса, а по пластичности нисколько не уступает ему. Исправления цементных форм также возможны, как и гипсовых. Самое важное преимущество цемента — это возможность изготовлять из него прочные и дешевые модели.

Если гипсовые модели выдерживают до 1000—1500 съемов форм, то модели, изготовленные из цемента, выдерживают более 10 000 съемов. Цементную модель можно устанавливать на встряхивающей формовочной машине. Цемент, как и гипс, удобен для изготовления моделей сравнительно небольших размеров, примерно на размер опок до 600 × 500 × 300 *мм*. Процесс изготовления цементных моделей подобен процессу изготовления гипсовых моделей.

Раствор из цемента можно составлять, применяя только цемент или смесь его с мелким кварцевым песком в пропорции 1 : 1 или 1 : 1,2. Консистенция состава должна быть примерно такой же, как и у гипсового раствора.

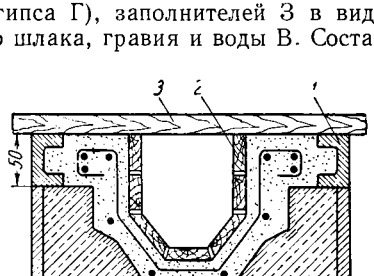
Существует специально модельный цемент, предложенный ЦНИЛ «Союзформолитье». В магнезиальный порошкообразный цемент добавляют раствор хлористого магния с удельным весом 1,27 из расчета на 1 *кг* цемента 0,7 *л* хлористого магния. Затем этот состав перерабатывают в шаровой мельнице в течение 20 мин. Перед заливкой формы цементным раствором поверхность оттиска в форме покрывают ацетиленовой копотью. Это предохраняет цементный раствор

от поглощения влаги формовочным материалом. Форму, как и для гипсового раствора, необходимо плотно набивать из песчано-глинистого состава. Форму следует разбирать не ранее чем через 1—2 суток после заливки и подвергнуть отделке, натирая поверхность модели порошком цемента или тальком. После выдержки до недели модель можно красить лаком и направлять в работу.

§ 3. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОДЕЛИ

Бетоном называется искусственный материал, полученный в результате затвердевания смеси, состоящей из цемента, песка и других веществ (цемента Ц — гипса Г), заполнителей З в виде мелкого кварцевого песка, мелкого шлака, гравия и воды В. Состав

Фиг. 149. Деревянная модель корпуса трамвайного мотора завода «Динамо».



Фиг. 150. Схема изготовления железобетонной модели с плитой:

1 — чугунная строганая рамка; *2* — опалубка; *3* — бруски.

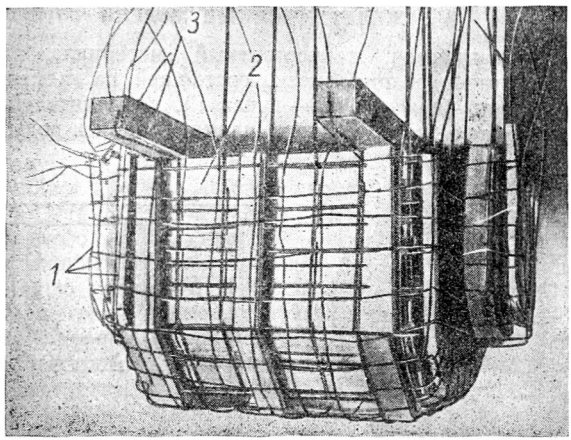
бетона берется по весу в следующем соотношении: Ц·З : В = 1 : 2 : 4. С увеличением отношения воды к цементу прочность бетона уменьшается. Бетон считается хорошим при соотношении В : Ц = 0,45 ÷ 0,50.

Более крупные модели для опок, размером от 600 × 500 × × 300 до 1300 × 1100 × 500 *мм*, целесообразно делать железобетонными. Технология изготовления железобетонных, гипсовых и цементных моделей различна.

Каждая половина деревянной модели, по которой будет изготовляться железобетонная модель (фиг. 149), в плоскости разъема делается выше железобетонной модели на 50 *мм*, т. е. на толщину чугунной рамки, которая позволит получить подмодельную доску вместе с моделью.

После того как модель извлекут из формы и форму тщательно отделают, на опоку накладывают металлическую рамку *1* (фиг. 150) высотой 50 *мм* для получения подмодельной доски вместе с моделью,

Затем для выполнения пустотелой модели (облегченной) изготовляют опалубку *2* и прикрепляют к двум брускам *3*. Опалубку выполняют из досок с влажностью до 20% толщиной 30 *мм* и шириной до 70 *мм*; зазор между досками 2—3 *мм* предусматривают на их разбухание. Доски не строгают, их соединяют при помощи гвоздей. Перед заливкой бетоном зазоры заделывают изнутри опалубки паклей или



Фиг. 151. Арматура на опалубке, подготовленная для установки в форму.

ватой, а затем, после схватывания бетона, заделку извлекают. Наружные размеры опалубки должны быть такими, чтобы толщина тела железобетонной модели была равной 50—60 *мм*. Опалубку вместе с прикрепленным к ней каркасом *1* (фиг. 151), специально изготовленным по форме из проволоки диаметром 3 *мм*, опускают в форму. Проволоку 3 *мм* вяжут в двух взаимно-перпендикулярных направлениях так, что образуются квадратные клетки размером около 70 *мм*. Расстояние между поверхностью формы и каркасом должно быть примерно 8 *мм*.

После того как в форму опущены и сцентрированы рамка *3* и опалубка *2* с каркасом, форму заливают раствором бетона. Через 3—4 дня модель освобождают от земли, моют водой, после чего чистую влажную поверхность припудривают цементной мукой и заглаживают гладилкой (производится железнение). Поверхность модели получается настолько чистой и ровной, что ее можно не красить лаком, так как земля к поверхности модели не прилипает. Если у железобетонной или цементной модели есть выступающие части (бобышки, ребра и др.), то следует рекомендовать предварительно

изготовлять металлические обечайки (из листовой латуни) по форме и размерам этих частей и вставлять в оттиск, полученный в форме, а затем вместе с формой заливать раствором. При этом надо учесть, чтобы нерабочий конец обечайки как можно глубже входил в цемент. В том случае, если возникнет необходимость в получении отъемных частей у модели, надо заранее изготовить металлическую отъемную часть и гнездо для отъемной части и установить их в форме.

ГЛАВА VIII

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И СТЕРЖНЕВЫЕ ЯЩИКИ

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

За последние годы в связи с бурным развитием машиностроения в нашей стране производство большого количества литых деталей в различных отраслях промышленности приобретает массовый характер. Количество отливаемых одних и тех же деталей исчисляется в десятках и сотнях тысяч штук в год.

При массовом производстве литых деталей наибольшее применение получили модели и стержневые ящики, изготовленные из металла (сплавов). Металлические модели значительно тяжелее деревянных, и поэтому их применяют главным образом для машинной формовки. Основным преимуществом их является то, что они более долговечны и точны, чем деревянные и другие модели.

Сам процесс формовки по металлическим моделям на машинах значительно упрощается по сравнению с ручной формовкой, а качество отливок несравнимо повышается. Отливки получаются более точными, гладкими и с минимальными припусками на механическую обработку. Износ моделей в процессе эксплуатации их составляет в среднем 0,1—0,2 *мм*.

Вместе с металлическими модельными плитами выполняют также металлические стержневые ящики, драйеры и сушильные плиты. Модельную плиту со стержневыми ящиками и драйерами и пр. принято называть модельным комплектом. Металлические модельные комплекты изготовляют для мелкой машинной формовки, которая производится в опоках размером 500 × 400 *мм*, для средней — в опоках до 1000 × 800 *мм* и для крупной формовки — в опоках еще больших размеров.

Несмотря на то, что металлические модели и стержневые ящики стоят значительно дороже деревянных, они полностью себя окупают при массовом производстве литья.

Металлические модели и стержневые ящики при наличии дублеров и хорошем систематическом уходе за ними позволяют получить по нескольку десятков тысяч съемов форм (формовок). Срок службы зависит от многих факторов, в частности от сплава, из которого изго-

товлена модель; от конфигурации литой детали; от степени точности и качества изготовления самой модели; от ухода за ней и т. д.

В табл. 50 приведены некоторые данные о сроке службы моделей, изготовленных из различных сплавов.

Таблица 50

Срок службы модельной оснастки из практики отечественных заводов

Оснастка	Материал	Количество съемов (формовок)	Количество ремонтов	
			текущих	капитальных
Модель собачки для автосцепки	Алюминий . .	25 000	2	1
Горочный башмак для вагонов	„ . .	25 000	2	1
Модель буксы С-1	Чугун	80 000	2	1
„ „ С-2	Алюминий . .	60 000	3	1
Модель крышки замка Мелентьева	Чугун	60 000	2	1
Стержневой ящик для буксы С-1	Алюминий . .	10 000	2	—
То же, для буксы С-2 (ручная формовка)	—	—	—	—
Стержневой ящик центровой буксы (ручная формовка)	Алюминий . .	15 000	2	—
Стержневой ящик для горочного башмака (ручная формовка)	„ . .	8 000	2	—
Плиты монолитные для безопочной формовки	—	40 000	—	—
Плиты монтированные	Алюминий . .	30 000	—	—
Плиты формовочные для поршневых колец	Чугун	100 000	—	—
Драйеры	Алюминий . .	2 000	—	—
„	Чугун	7 000	—	—
Сушильные плиты (сварные)	Сталь	20 000	—	—
Кондукторы калибровочные	Чугун	150 000	—	—
Съемные опоки для безопочной формовки	Алюминий . .	25 000	—	—

Примечание. Долговечность металлических моделей при ручной формовке сокращается в 5—10 раз.

Поскольку металлические модели предназначены для формовки на машинах, то для удобства и быстроты формовки их устанавливают непосредственно на подмодельных плитах. Такие плиты с моделями принято называть формовочными модельными плитами.

Существует два типа модельных плит: монтированные, когда отдельно изготовленная модель смонтирована на плите, и цельнолитые или монолитные, когда плита изготовлена (отлита) вместе с моделью. В свою очередь, монтированные и цельнолитые модельные плиты делятся на односторонние и двусторонние. Если модель или часть модели располагается только на одной стороне плиты, то такие модельные плиты называются односторонними; если же модель располагается с обеих сторон (для нижней и верхней опок), то такие модельные плиты называются двусто-

ронними. При применении модельных плит исключается время на установку модели или нескольких моделей (мелких) перед формовкой и на прорезку литниковых каналов, а также на смачивание водой формовочной смеси у стенок модели и расталкивание модели вручную перед выемкой ее из полуформы.

§ 2. СПЛАВЫ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ, ДРАЙЕРОВ И СУШИЛЬНЫХ ПЛИТ

Для изготовления металлических комплектов употребляют различные сплавы, в зависимости от того, что нужно изготовлять: модель, плиту, стержневой ящик или сушильную плиту. Например, выбор сплава для изготовления модели зависит от сложности литой детали, ее размеров, количества съема форм с модели, от сложности обработки модели и т. д. Металлические модели отливают из алюминиевых сплавов, чугуна, бронзы и др. Рекомендуются следующие сплавы.

Алюминиевый сплав АЛ12 — для моделей с высокими выступающими частями, а также для других ответственных моделей. Износоустойчивость моделей высокая; они хорошо обрабатываются металлорежущими инструментами; поверхность моделей получается гладкой; усадка сплава составляет 1,2%; удельный вес 2,9 *г/см*^{3}, температура плавления 640° С. Модель получается легкой и удобной для формовки.

Сплавы АЛ24, АЛ26, АЛ27, АЛ28 — для моделей, модельных плит и стержневых ящиков. Последний сплав рекомендуется для моделей наиболее сложных очертаний и стержневых ящиков. Усадка сплавов — 1%; температура плавления 650° С. Обрабатываются модели вполне удовлетворительно, поверхности их получаются гладкими. Прочность высокая, число съемов форм до 70 000.

Преимущество алюминиевых моделей и стержневых ящиков состоит в том, что они наиболее легкие, удобны в работе, хорошо обрабатываются в механическом цехе. Однако алюминиевые модели, ящики и драйеры трудно паяются и по прочности они ниже чугунных и бронзовых — это является их недостатком. Из чистого алюминия модели не изготовляют ввиду его низких механических качеств.

Чугуны марок СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36 и СЧ 21-40 используют для изготовления моделей и стержневых ящиков несложной конфигурации и небольших размеров, а также для модельных плит. Количество съемов форм производится до 100 000—150 000. Модели, изготовленные из серого чугуна, отличаются невысокой стоимостью, высокой прочностью, хорошей обрабатываемостью. Модели большого веса обладают склонностью к ржавлению и, кроме этого, их трудно ремонтировать и хранить.

Латунь и бронзу употребляют редко ввиду их высокой стоимости. Модели, изготовленные из этих сплавов, значительно прочнее алюминиевых и других. Модели легче обрабатываются

и поверхность их получается гладкой. Кроме того, они легко поддаются ремонту и более долговечны. Усадка 1,5—2%. По бронзовым и латунным моделям можно снять до 150 000 форм. Для особо сложных небольших моделей с резьбой или с выступающими ребрами, а также для моделей с гравировкой применяют следующие сплавы: 82% Cu, 11% Sn, 7% Zn или 85% Cu, 12% Sn, 3% Zn. Для наиболее ответственных моделей не следует брать Cu > 85% и Zn > 3%.

Белые сплавы — безусадочные (специальные сплавы) применяют для получения мастер-модели — эталона для формовки металлических цельнолитых плит, а также получения модели при формовке по готовому изделию. Из безусадочных сплавов можно рекомендовать следующие составы: 1) 42% Sn, 42% Pb, 16% Sb; 2) 4% Sn, 80% Pb, 16% Sb; 3) 45% Pb, 55% Bi; 4) 40% Pb, 1% Zn, 40% Sn, 15% Sb, 3% Bi, 1% Cu; 5) 60% Pb, 40% Sb и др. Эти сплавы хорошо обрабатываются, достаточно прочны, но значительно дороже всех ранее рассмотренных выше сплавов, поэтому их применяют весьма ограниченно.

§ 3. ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ И МОДЕЛЬНЫХ ПЛИТ

Металлические модели

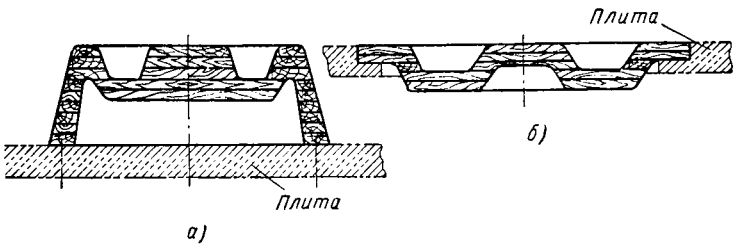
Металлические модели и стержневые ящики изготовляют путем отливки в земляных формах; при этом для формовки их применяют деревянные специальные модели, которые называются подмоделями (промодели), т. е. модели для моделей.

Подмодель (промодель) отличается от обычной деревянной модели не только размерами, но очень часто и конфигурацией. Вместо одной разъемной или целой модели (для формовки с подрезкой) часто используют две самостоятельные модели. Различие в размерах получается за счет их увеличения на усадку сплава, из которого изготовляется металлическая модель, т. е. при изготовлении подмодели учитывается двойная усадка металла: литой детали и сплава модели. Например, если металлическая модель, отливаемая из алюминиевого сплава, дает усадку 1,25%, а деталь, отливаемая из серого чугуна, дает усадку 1%, то подмодель нужно изготовлять с усадкой, равной 2,25%.

Припуск на механическую обработку в подмодели необходимо учитывать, исходя из величины припуска на механическую обработку тех мест детали, которые обозначены условными знаками (треугольниками) на чертеже, и величины припуска на обработку металлической модели (кругом), включая и плоскость, которой она прикрепляется к плите.

При применении сложных по конфигурации моделей в массовом производстве и при большом количестве формовок по металлической модели вместо деревянной подмодели изготовляют металлическую подмодель, называемую мастер-моделью.

При получении мастер-модели изготовляют деревянную модель, которая предусматривает тройную усадку сплавов, слагающуюся из усадки сплава, который принят для отливки мастер-модели, затем усадки сплава металлической модели и усадки сплава, из которого будут изготовлять литую деталь. Если металлическую модель изготовляют для получения цельнолитой плиты, то и в этом случае деревянную модель изготовляют также с т р о й н о й усадкой.



Фиг. 152. Промодели детали конического катка:
а — промодель для нижней полуформы; *б* — промодель для верхней полуформы.

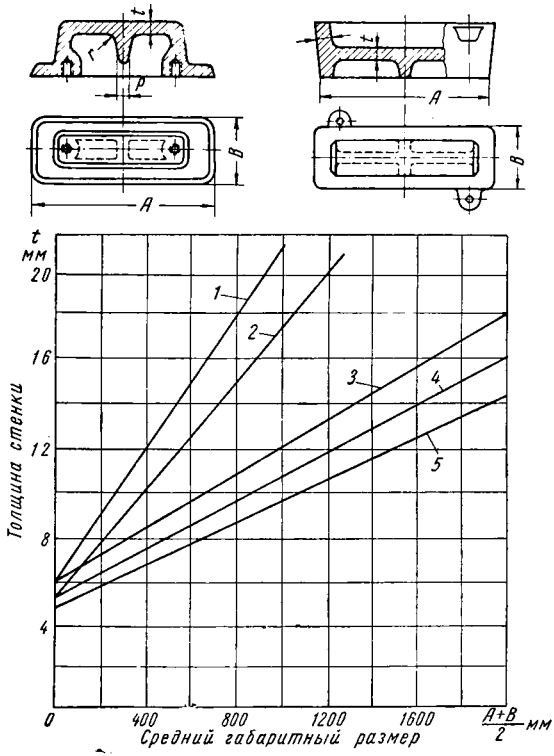
Припуск на механическую обработку на деревянной модели также учитывается суммарный. Во всех случаях надо стремиться не допускать излишнего припуска на механическую обработку и максимально снижать процессы ручной обработки. Что касается различия в конфигурации, то это объясняется тем, что часто подмодель приходится делать не целой, а из двух частей — одной для плиты к нижней полуформе, другой — к верхней, и поэтому каждая подмодель будет отличаться своей конфигурацией от модели.

Для примера рассмотрим модель, предназначенную для получения отливки катка (см. фиг. 141), и две подмодели для получения металлических моделей катка (фиг. 152). Подмодели не обеспечивают получения в полуформах таких оттисков, какие получаются от модели. Процесс изготовления подмоделей ничем не отличается от изготовления обычных деревянных моделей. Подмодели изготовляют по чертежам металлических моделей из первосортной древесины; при этом учитывают усадку сплава, припуски на механическую обработку, прочность модели и т. д. Величина припуска на механическую обработку металлической модели дается небольшая и зависит от сплава, из которого изготовляют модель, ее величины, конфигурации и способа обработки, ручного или механического.

Для ручной обработки (зачистки) припуск дается от 1 *мм* на сторону, для механической (станочной) — 2—6 *мм*. При обработке на фрезерном станке для чугунной модели припуск дается до 2 *мм*, а для алюминиевых — до 4 *мм*. Для обточки на токарном станке чугунной модели припуск предусматривают до 3—4 *мм*, для алюминиевых — до 4—5 *мм*. На обработку на строгальном станке чугунных

моделей припуск дается 3—5 *мм*, для алюминиевых — 4—6 *мм*. На бронзовые модели припуск дается несколько меньше, чем на чугунные.

Для удобства установки и обработки средних и крупных моделей на станках их делают пустотелыми в целях уменьшения их веса.



Фиг. 153. Графическое определение толщин стенок моделей (3, 4, 5) и стержневых ящиков (1, 2) из различных сплавов.

1 и 3 — алюминий; 2 и 4 — чугун; 5 — бронза.

Стержневые ящики также делают облегченными с целью удобства изготовления стержней и удобства обработки их, а также для экономии металла. Толщину тела моделей и стержневых ящиков можно определить по графику, изображенному на фиг. 153. Зная габаритные размеры модели и стержневого ящика и материал, из которого изготовляется модель или ящик, по среднему

габаритному размеру можно определить толщину тела. Зная толщину стенок модели, можно по табл. 51 найти толщину ребер жесткости и радиус галтелей.

Таблица 51

Толщина стенок, ребер жесткости и радиус галтелей в *мм*

Толщина стенок модели t	Толщина ребер модели p	Радиус галтелей r	Толщина стенок модели t	Толщина ребер модели p	Радиус галтелей r
7	6	5	14	11	8
8	6	5	15	12	8
9	7	5	16	13	10
10	8	5	17	14	10
11	9	5	18	14	10
12	10	8	19	15	10
13	10	8	20	16	10

Ребра жесткости у основания модели или стержневого ящика рекомендуется выполнять толщиной $0{,}8t$ (фиг. 153), но в отдельных случаях толщина их равна толщине модели.

Формовочные уклоны у моделей и стержневых ящиков меньше, чем у деревянных. Размеры формовочных уклонов (табл. 52) выполняют в зависимости от высоты формуемой поверхности модели в полуформе.

Таблица 52

Величина формовочных уклонов

Высота формуемой поверхности в полуформе H в *мм*	Уклоны		
	на поверхностях модели α	на стержневых знаках α_1	на внутренних поверхностях модели, образующих сырые болваны в форме
До 100	1°30′	5—10°	3°
100—200	1°	3—5°	2,5°
Более 200	0°30′	2—3°	1—2°

Полученная отливка металлической модели подвергается механической обработке в соответствии с чертежом. Для удобства и более точного изготовления металлической модели, как и при изготовлении деревянной модели, вычерчивают модельный чертеж соответствующей проекции в натуральную величину на алюминиевом листе, предварительно покрытом акварельной краской или светлым спиртовым шеллачным лаком. Вычерчивание отдельных проекцией металличе-

ской модели необходимо для изготовления металлических шаблонов, пригонки отдельных ее частей и т. д.

Перед тем как подвергнуть рабочие поверхности моделей обработке, их сначала строгают в плоскостях разъема (поверхность соприкосновения полумодели с плитой), а затем, чтобы они не смещались во время механической обработки и для удобства установки на плиты, спаривают при помощи контрольных шпилек из калиброванной проволоки (серебрянки).

Когда модели полностью обработаны в соответствии с чертежом и поверхности их доведены до гладкого состояния, их монтируют на заранее изготовленные для них металлические плиты. Но прежде чем приступить к монтажу, следует на самой модели, а также и на плите нанести монтажные разметочные линии (риски). Разметку и нанесение линий следует выполнять только от контрольного штыря каждой плиты, а не произвольно. Контрольный штырь следует отмечать каким-либо условным знаком, если второй штырь на плите не круглой формы, для того чтобы он совпадал с контрольным штырем другой плиты.

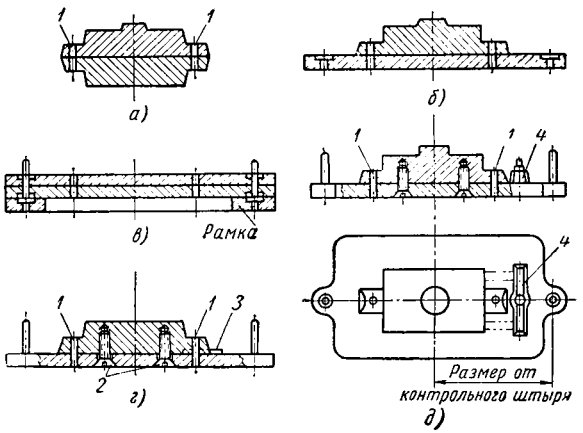
При монтаже полумоделей на плиты следует учитывать размеры и конструкцию опок, а также и то, какая полумодель назначается для нижней, а какая для верхней полуопок.

Детали для литниковой системы на всех плитах изготовляют отдельно и устанавливают после монтажа модели в местах, предусмотренных на плите, в соответствии с чертежом модельной плиты (для верха и низа). На фиг. 154 показан один из методов монтажа моделей на односторонних плитах, предназначенных для машинной формовки в опоках.

Две отлитые полумодели строгают в плоскости разъема, спаривают при помощи контрольных шпилек *1* (фиг. 154, *а*), обрабатывают на токарном станке; на поверхности полумоделей наносят монтажные осевые риски и таким образом их полностью подготовляют для монтажа. Затем подготовляют две плиты для верхней и нижней полуформ, на которые после их строжки наносят монтажные риски для установки моделей. После этого одну из частей модели накладывают на подмодельную плиту (фиг. 154, *б*) с таким расчетом, чтоб разметочные монтажные риски, нанесенные на модели и плите, полностью совпали. В таком положении полумодель прижимают к плите прижимами (струбцинками) и просверливают сквозные отверстия в плите, используя полумодель как кондуктор. После этого полумодель освобождают от зажима, снимают с плиты, а подмодельную плиту накладывают нерабочей плоскостью на другую плиту и центрируют их между собой при помощи направляющих штырей или специальной рамки (фиг. 154, *в*). Через отверстия контрольных шпилек наложенной плиты просверливают сквозные отверстия в другой плите, и после этого их разъединяют, ввертывают направляющие штыри, устанавливают полумодели на плиты, вбивают контрольные шпильки, которые служат для центровки полумоделей во избежание перекоса отливки

детали, и прикрепляют полумодели к плите. В рассматриваемом примере полумодели прикрепляют снизу при помощи стальных винтов *2* (фиг. 154, *г*); в других случаях их прикрепляют при помощи болтов.

Отверстия и резьбу для винтов изготовляют после посадки полумоделей на плиты, посредством контрольных шпилек. Далее прикрепляют на плиту для нижней полуформы детали *3* (фиг. 154, *г*) для полу-



Фиг. 154. Один из методов монтажа моделей на односторонних плитах.

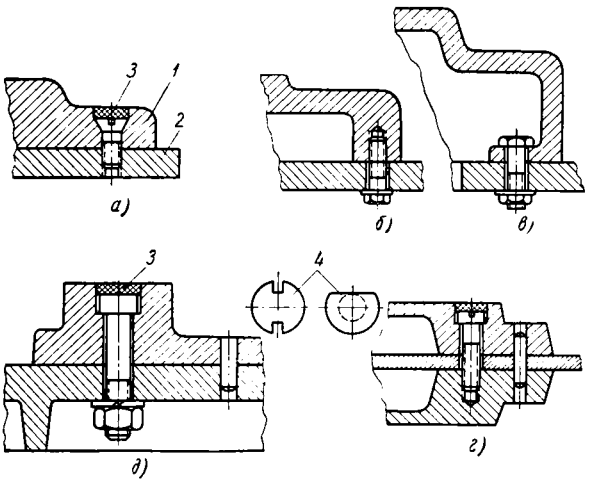
чения в ней каналов питателей, а на другую плиту-деталь *4* (фиг. 154, *д*), чтобы получить в верхней полуформе углубление для шлакоуловителя. Некоторые из способов крепления приводятся на фиг. 155.

Прежде чем направить модельные плиты в литейный цех, следует произвести опытную формовку по ним и заливку форм металлом. Только после того, как будет выявлено, что оттиск в полуформах получается хороший, а отливки — качественными (гладкими и без перекоса в разъеме полуформ), модельные плиты проверяют в ОТК, нумеруют и направляют для формовки по ним в литейный цех.

Существуют другие способы монтирования модельных плит; в частности, широкое распространение нашел способ монтажа моделей на обеих односторонних плитах с помощью монтажного шаблона.

Этот способ может быть применен и для двусторонних модельных плит. Если на плите необходимо разместить несколько полумоделей, то в этом случае следует пользоваться монтажным шаблоном, который изготовляют из листовой стали толщиной 2—5 *мм*; он может быть изготовлен и из авиационной фанеры (березовой, буковой) или из дельта-древесины толщиной 3—6 *мм*.

После того как в шаблоне будут просверлены отверстия для направляющих штырей, его накладывают на плиту и на нем намечают внутренний контур опоки или на плиту накладывают опоку для того, чтобы удобнее было правильно установить модели на плите в таком положении, в каком они должны быть расположены во время формовки. Окончательно отделанные в соответствии с чертежом спа-



Фиг. 155. Способы крепления металлических моделей на подмодельных плитах:

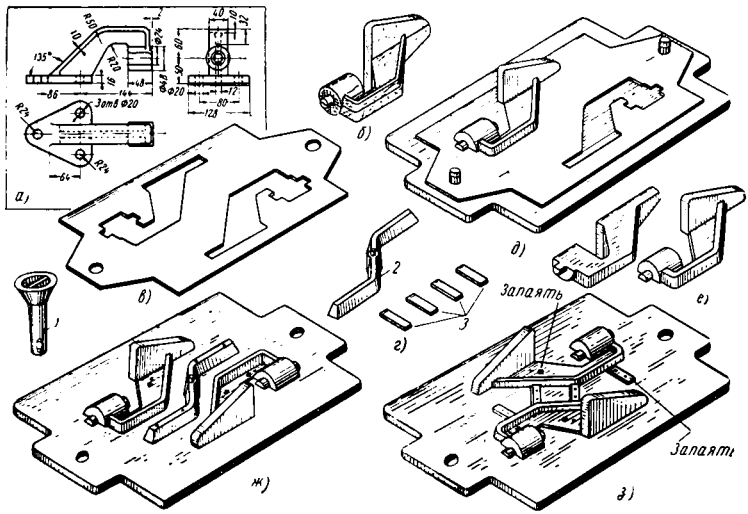
а — крепление модели винтами сверху при высоте ее прикрепляемой части не превышающей 25 *мм*, *б* — крепление болтами снизу к бобышкам модели, *в* — крепление болтами снизу посредством полок (бортов); *г* — крепление винтами моделей на двусторонних плитах; *д* — крепление сверху специальными болтами с цилиндрическими головками; *1* — модель; *2* — плита; *3* — баббит; *4* — конструкция головок болта.

ренные модели (установленные на контрольные шпильки) разъединяют, и полумодели, предназначенные для нижней или верхней полуформы (раздельно), накладывают на наложенный на плиту монтажный шаблон. Далее на шаблоне вокруг полумоделей очерчивают чертилкой их наружные контуры.

Выполнив эту операцию, модели и опоки убирают, а шаблон снимают для вырезывания в нем сквозных фасонных отверстий (окон) по рискам, нанесенным на шаблон по моделям. Отверстия в шаблоне тщательно подгоняют под контур полумоделей; при этом не допускается, чтобы в окнах между моделью и шаблоном были зазоры. После этого шаблон окончательно накладывают на плиту для размещения в сделанных в нем отверстиях полумоделей. Вложенные полумодели прижимают к плите струбцинками, и в таком положении в них вместе с плитой просверливают отверстия для контрольных

шпилек, а также для винтов, которыми прикрепляют к плите полумодели. Для мелких моделей можно обойтись и без винтов, используя для крепления контрольные шпильки.

Окончив монтаж одной плиты, приступают к монтажу другой; для этой цели снимают шаблон со смонтированной плиты и обратной (лицевой) стороной накладывают на другую плиту для расположения и прикрепления вторых полумоделей.



Фиг. 156. Монтированные односторонние модельные плиты:

а — чертеж детали; *б* — спаренная металлическая модель; *в* — монтажный стальной шаблон; *г* — модели для литниковых каналов; *д* — размещение полумоделей при помощи шаблона для верхней полуформы; *е* — деревянные промодели, *ж* — верхняя модельная плита; *з* — нижняя модельная плита; *1* — стояк; *2* — шлакоуловитель; *3* — питатели.

Модели для литниковых каналов изготовляют отдельно и укрепляют винтами по разметке в соответствии с чертежом на обеих плитах. Окончательно изготовленные плиты сдают в ОТК для проверки и нумерации.

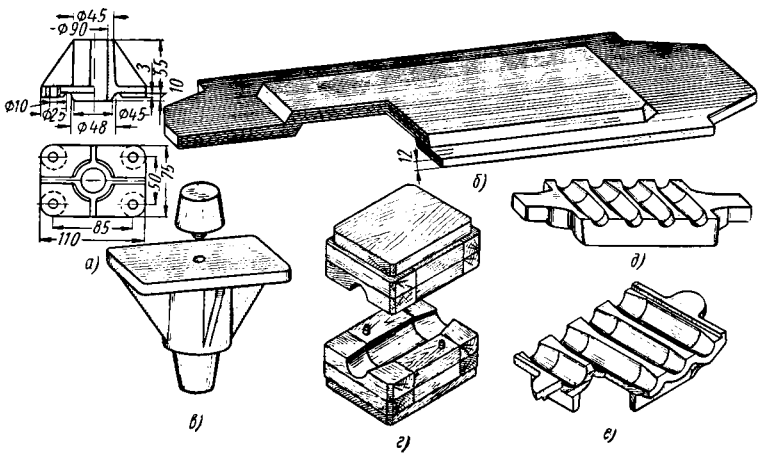
На фиг. 156 представлены две монтированные односторонние модельные плиты по шаблону, предназначенные для формовки нижних и верхних полуформ на двух машинах. Процесс монтажа плит, представленный на этой фигуре, соответствует описанному выше способу.

Технология изготовления монтированной двусторонней плиты для безопочной формовки представлена на фиг. 157 и 158.

Процесс изготовления модельного комплекта для безопасной формовки, обеспечивающей получение литых деталей (фиг. 157, *а*),

состоит в следующем: из березовой или буковой фанеры делают модель плиты (фиг. 157, *б*) для изготовления по ней металлической плиты; затем изготовляют из первосортной древесины промодель и стержневой ящик к ней для получения облегченной металлической модели, а также модели для многогнездового металлического стержневого ящика (фиг. 157, *е*) и фасонной сушильной плиты (фиг. 157, *д*).

После механической обработки литых частей модельной плиты, а также изготовления некоторых дополнительных деталей к ней



Фиг. 157. Деревянные модели для модельного комплекта безопочной формовки:

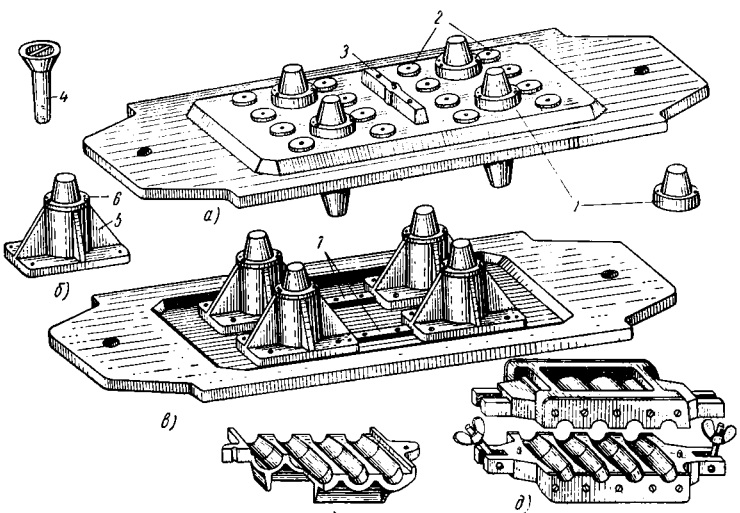
а — чертеж литой детали; *б* — модель двусторонней плиты; *в* — промодель; *г* — стержневой ящик для промодели; *д* — модель для многогнездного стержневого ящика; *е* — модель для фасонной сушильной плиты.

производится монтаж плиты. Металлические модели размещаются на плите или по разметке, или по шаблону и прикрепляются при помощи контрольных шпилек и винтов. На фиг. 158, *а* показана смонтированная верхняя сторона плиты для получения верхних полуформ. Части модели *1* (бобышки) и *2* (прилив со стержневым знаком) выточены из алюминиевых заготовок и прикреплены к плите. На этой же стороне прикреплена модель шлакоуловителя *3* и к нему изготовлена модель стояка *4*.

На фиг. 158, *а* показана нижняя сторона плиты для получения нижних полуформ. На этой стороне смонтированы основные части моделей. Модель (фиг. 158, *б*) изготовлена из двух деталей: знака *6*, закрепленного к плите (фиг. 158, *а*) и основания *5*, которое крепится к плите 158, *в*. Крепление основных частей модели к плите выполнено при помощи контрольных шпилек винтами. На этой же стороне прикреплены модели питателей *7*.

На фиг. 158, *д* показаны смонтированный многогнездовой стержневой ящик и на фиг. 158, *г* — фасонная сушильная плита (драйер). Следует заметить, что отверстия в плите сверлят по кондуктору и в них запрессовывают втулки под опочные штыри, которые на фигуре не показаны.

Изготовление монолитных модельных плит производится путем отливки плиты вместе с моделью. Монолитные плиты применяют



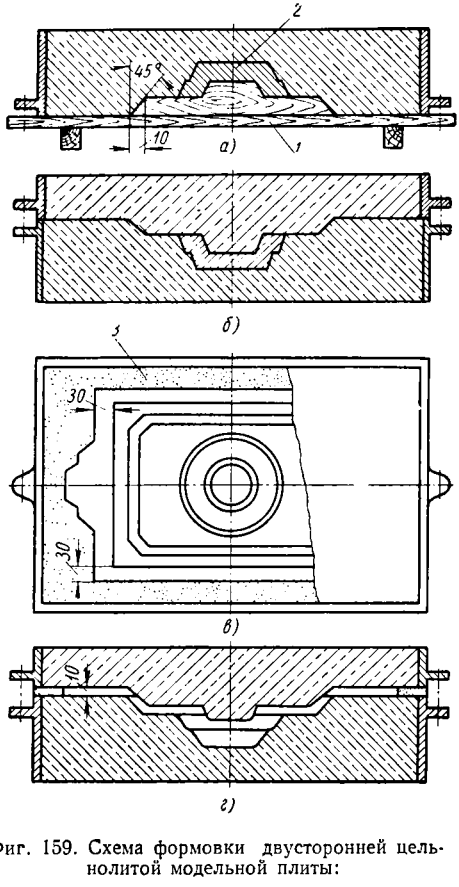
Фиг. 158. Металлическая модельная двусторонняя монтированная плита.

главным образом для формовки моделей с криволинейной поверхностью разъема.

Для отливки цельнолитой двусторонней плиты желательно изготовить металлическую неразъемную модель с хорошо отделанной поверхностью; при этом при ее изготовлении должна быть учтена двойная усадка сплавов и припуск на зачистку поверхности плиты (вместе с моделью) после ее отливки. Схема формовки цельнолитой плиты представлена на фиг. 159.

Вначале формуют нижнюю полуформу по модели, установленной на деревянном подмодельном щитке *1* (фиг. 159, *а*). Затем опоку вместе со щитком и моделью *2* перевертывают на 180°, щиток удаляют, накладывают вторую опоку и по оставшейся модели в нижней полуформе формуют верхнюю полуформу (фиг. 159, *б*). Затем верхнюю полуформу снимают, а на нижнюю накладывают деревянную или алюминиевую рамку *3* (фиг. 159, *в*), наружный контур и размеры

которой соответствуют будущей цельнолитой плите. Вокруг рамки на нижнюю опоку насыпают формовочную смесь, которую осторожно утрамбовывают на толщину, равную толщине рамки (10 *мм*). После этого рамку вынимают из формы; на углы нижней опоки накладывают металлические планки, толщина которых на 0,2—0,3 *мм* меньше толщины рамки; затем накрывают верхнюю опоку (фиг. 159, *г*) и на форму кладут груз; после этого форму заливают модельным сплавом.



Фиг. 159. Схема формовки двусторонней цельнолитой модельной плиты:

а — формовка нижней полуформы; *б* — формовка верхней полуформы; *в* — рамка в нижней опоке; *г* — собранная форма после удаления рамки.

Модели для литниковой системы (шлакоуловитель, питатели) чаще монтируют на плите после окончательной отделки ее. В случаях изготовления вместе с плитой модели литниковой системы с самого начала устанавливают на подмодельном щитке и заформовывают одновременно с моделью. При наличии пары односторонних цельнолитых плит вместо деревянного подмодельного щитка применяют фальшивки, изготовленные в опоках.

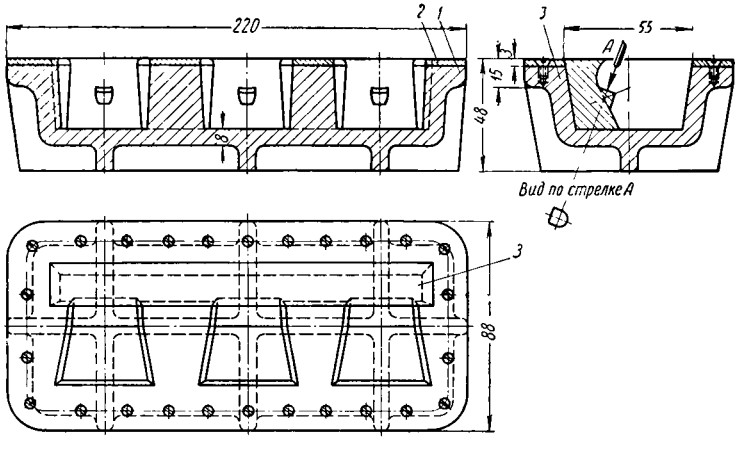
В целях облегчения работы модельщиков и повышения производительности труда необходимо для обработки моделей и стержневых ящиков использовать станочное оборудование и особенно универсально-фрезерные и копировальные станки.

Стержневые ящики

Процесс изготовления металлических стержневых ящиков мало чем отличается от процесса изготовления моделей. Стержневые ящики в основном сводятся к двум типам — разъемным и вытряхным.

К р а з ъ е м н ы м относятся такие ящики, которые состоят из двух или более частей. При извлечении изготовленных стержней, ящики обязательно приходится разъединять (см. фиг. 158, *г*).

В ы т р я х н ы е я щ и к и отличаются от разъемных тем, что их корпус изготовляют целым, хотя в него и могут быть вставлены



Фиг. 160. Стержневой ящик типа вытряхного:
1 — корпус; *2* — стальные пластины (броны); *3* — вкладыш (отъемная часть).

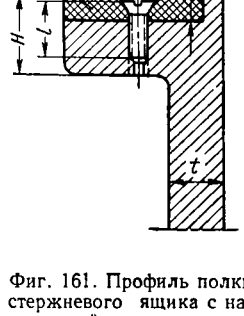
отдельные отъемные части (фиг. 160). Рабочие поверхности ящиков обоих типов, служащих для набивки стержней, предохраняют от быстрого износа путем бронирования, т. е. наложения на эти поверхности стальных пластин *1* (фиг. 161) частично или полностью на всю рабочую поверхность.

Толщина стальных пластин составляет 3—6 *мм* (фиг. 161 и табл. 53).

Таблица 53

Размеры полок стержневых ящиков в *мм*

Тело ящика, толщина *t*	Полки ящика		Толщина пластины *n*
	Ширина *A*	Толщина *H*	
6	16	12	3
6—8	16—20	12	3
8—10	20—25	16	3
10—12	25—30	20	4
12—16	30—36	25	4
16—20	36—40	30	6



Фиг. 161. Профиль полки стержневого ящика с наложенной на нее пластиной (бронь).

Сушильные плиты

Для сушки стержней изготовляют металлические сушильные плиты плоские, а также фасонные (драйеры) из чугуна или из алюминиевых сплавов. Сушильные плиты делают облегченными, с толщиной тела, равной 3—5 *мм* (чугунные) и 4—6 *мм* (алюминиевые). Промодели для сушильных плит изготовляют из дерева с учетом тройной усадки: усадки металлической модели плиты, усадки сплава самой плиты и усадки сплава, из которого будет отливаться деталь.

Наиболее сложные по конфигурации сушильные плиты предварительно перед механической обработкой подвергают термической обработке, чтобы предохранить от коробления в период пребывания их со стержнями в сушильной печи.

Обычно отливки плит нагревают в течение 4 час. до температуры 600° С и при этой температуре выдерживают 3—4 часа, а затем охлаждают до 230° С в течение такого же времени и после этого охлаждают на воздухе до комнатной температуры. Необходимая точность плит получается, во-первых, при наличии высокой точности металлической модели, по которой в процессе отделки должны предварительно производиться экспериментальные отливки, во-вторых, от пригонки внутренней полости по металлическому стержню (баббитовому) с применением окраски его поверхности.

На зачистку и пришабривание внутренних полостей плит предусматривают припуск 0,2—0,5 *мм*, а на плоскости 1,2 *мм*.

В процессе изготовления модельных комплектов как деревянных, так и металлических важную роль играет разметка. Для разметки в цехах устанавливают чугунные разметочные плиты размером примерно 2,5 × 3,5 *м* (контрольные плиты).

Для выполнения разметочных работ необходимо иметь мерительный инструмент и различные приспособления (разметочные призмы, винтовые домкратики, струбцинки, стойки и пр.). Поскольку разметочные операции составляют около 20—25% рабочего времени ручных работ, то целесообразно эту работу поручать разметчикам под руководством опытных контрольных мастеров.

§ 4. ЗАПАЙКА ПОРОКОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ МЯГКИМИ И ТВЕРДЫМИ ПРИПОЯМИ

Пайка есть процесс соединения между собой металлических частей при помощи металлических сплавов. Процесс пайки отличается от процесса заварки тем, что при нем не оплавляются исправляемая деталь или соединяемые между собой детали.

Припой есть сплав или металл, который обладает способностью сплавляться с другим металлом или сплавом; при этом температура плавления припоя значительно ниже температуры сплава, с которым он должен соединиться.

В процессе пайки припой и сплав смачивают друг друга и тем самым дают достаточно прочное соединение. При этом необходимо, чтобы поверхности их были чистыми, не загрязненными жирами и пр.

В практике широкое применение для исправления отдельных пороков металлических моделей и стержневых ящиков, особенно из алюминиевых сплавов, нашел процесс запайки их мягкими и твердыми припоями.

К мягким припоям относятся такие, температура плавления которых ниже 400° С. У твердых припоев температура плавления более 550° С и высокие механические качества (предел прочности при растяжении 40—50 *кг/мм*^{2}).

Пайка алюминиевых сплавов является трудным процессом. Рассмотрим некоторые способы пайки. На ряде заводов пороки исправляют способом запайки. Поскольку поверхность алюминиевого сплава покрыта тонким и вместе с тем устойчивым окислом, то очистку поверхности, предназначенной для пайки, производят механическим способом (шабровкой) с интенсивным нагревом исправляемого места пламенем горелки или паяльной лампы.

Когда поверхность нагрета до нужной температуры (температуры плавления припоя), то припоем в виде палочки водят по предназначенной для пайки поверхности до растирания припоя. В процессе трения припоя с поверхности исправляемого изделия с него снимается пленка окисла, и после этого она смачивается припоем. Применяют для этой цели и электропаяльники.

Таблица 54

Припои для пайки моделей, стержневых ящиков и деталей из алюминиевых сплавов

Химический состав припоя в %						Температура плавления в °С	Назначение
Олово	Цинк	Кремний	Медь	Алюминий	Кадмий		
40	60	—	—	—	—	350	Пайка алюминиевых моделей
—	—	5	27	68	—	525	Пайка термообрабатываемых деталей (драйеры)
—	—	10	—	90	—	577	То же
—	5	10	—	85	—	571	Устранение пороков в деталях из сплавов без термообработки
—	40	5	—	55	—	384	То же
40	25	—	—	15	20	—	Пайка алюминиевых моделей и стержневых ящиков
45	25	—	—	10	20	450	Пайка бронзовых стальных моделей и ленточных пил
—	46	—	54	—	—	865	

Примечание. Для пайки алюминиевых моделей или деталей обычным оловянным припоем поверхности их в нужном месте следует предварительно покрыть раствором хлористой меди.

Исправление модельных комплектов из алюминиевых сплавов производится путем заварки ацетилено-кислородным и электродуговым способом угольным электродом или металлическим электродом. При использовании твердых припоев обязательно применяют флюсы, которые должны растворять окислы на поверхности, предназначенной для пайки, а также предохранять очищенную поверхность от попадания воздуха во время пайки. Например, для твердого припоя можно брать следующий флюс: 8% хлористого цинка, 25% хлористого лития, 8% фтористого калия и 43% хлористого калия. Припои для пайки приведены в табл. 54.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П. Н., Балабин В. В., Рабинович Б. В., Технология литейного производства, т. I, ч. II, Модельное дело, под ред. проф. Л. М. Мариенбаха, Машгиз, 1946.

2. Труды Первой всесоюзной конференции работников модельных цехов, под ред. Д. И. Апатова, Харьков 1940.

3. Егоренков И. П., Гогулаев Б. И., Поскачеев Н. И., Современная технология производства станочного литья. Рациональные конструкции деревянных моделей и методы скоростного изготовления, ЦБТИ, 1952.

4. Медведев К. И., Оболенцев Ф. Д., Донской А. В., Васильев А. А. и др., Литейное производство. Изготовление деревянных моделей, Машгиз, 1950.

5. Руссиян С. В., Баранов И. А., Голованов Н. Н. и др., Проектирование технологических процессов литейного производства, Машгиз, 1951.

6. Аксенов П. Н., Литейное производство, Машгиз, 1950.

7. Бирюков В. А., Повышение эффективности сушильных установок, «Энергетик» № 11, 1954.

8. Андреев Н. В., Калюжный В. Г. и др., Неметаллические материалы, их обработка и применение, Оборонгиз, 1949.

9. Невяжская Л. М., Окраска моделей, Машгиз, 1951.

10. Андреев В. М., Основы изготовления деревянных и металлических моделей, Машгиз, 1946.

11. Справочник мастера по чугунному литью, Машгиз, 1953.

12. Егоренков И. П., Прогрессивные методы изготовления деревянных моделей. Новое в модельном производстве, Машгиз, 1955.

13. Поскачев Н. И., Новое в модельном деле, Профиздат, 1953.

14. Соколов Н. А., Металлические модели и приспособления для машинной формовки, ОНТИ, 1938.

15. Филатов А. С., Изготовление металлических стержневых ящиков, Машгиз, 1939.

16. Пленцов Г. И., Константинов Л. С., Плакаты по модельному делу под науч. ред. В. В. Балабина, Трудрезервиздат, 1954.

17. Дятлов В. Н. и Соколов Ф. С., Исправление пороков стального и цветного литья, Машгиз, 1955.

18. Балабин В. В. и Лиференко Н. Н., Учебное пособие по модельной мастерской, МВТУ, 1955.

19. Егоренков И. П., Модельное производство, Машгиз, 1956.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

ГЛАВА I

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЕМОВ ФОРМОВКИ

При изучении технологических приемов формовки выявилась возможность наметить приблизительную схему их исторического развития.

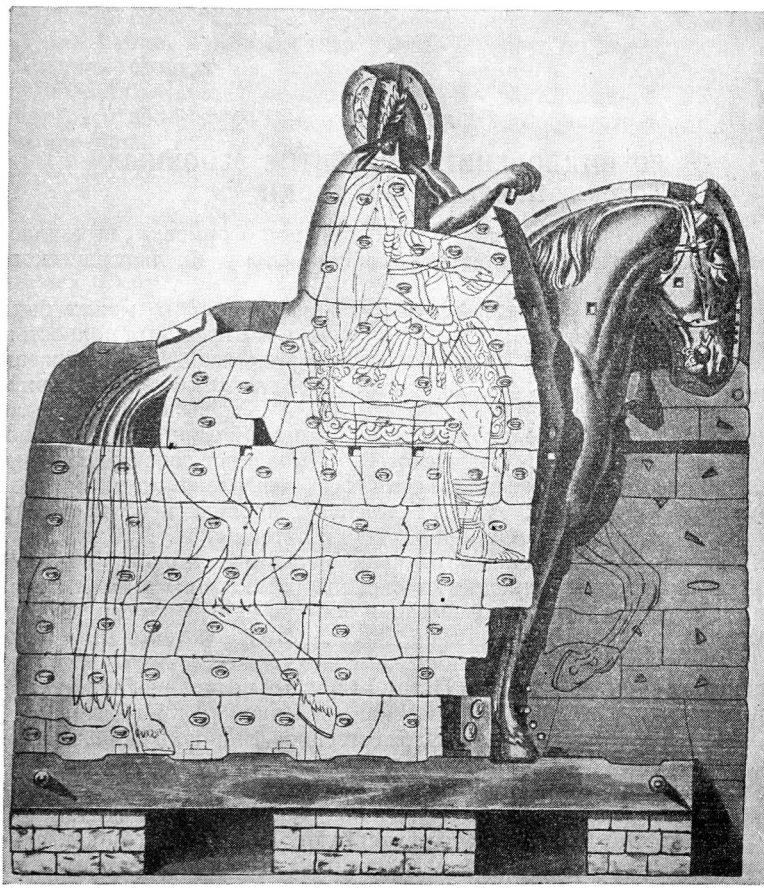
Уже в глубокой древности в античной Греции (а может быть и значительно ранее в Египте и, безусловно, в Китае) был полностью освоен восковой метод формовки; такие непревзойденные образцы античной скульптуры, как Дискобол Мирона, Отдыхающий Гермес Лизиппа или Аполлон Бельведерский могли быть выполнены и были выполнены в бронзе только по способу восковой формовки. С технологической точки зрения этот способ представляет собой достаточно полное и весьма удачное объединение всех наиболее важных приемов формовочной техники, являясь высшим проявлением искусства (опыта и ремесленных навыков) древних литейщиков. При выполнении высокохудожественных отливок методом восковой формовки требуются мастера-литейщики высокой квалификации, а также участия автора скульптурного произведения или по меньшей мере высококвалифицированного скульптора. Только при соблюдении этих условий возможно создание таких высокохудожественных отливок, каковы, например, памятник Петру I (Медный всадник в Ленинграде) или памятники Минину и Пожарскому и Пушкину в Москве).

Технологический процесс художественной формовки складывается из следующих операций.

1. Гипсовую модель памятника (фиг. 162), изготовленного скульптором, устанавливают на полу литейной на кирпичном постаменте; положение статуи тщательно фиксируют, после чего приступают к изготовлению гипсовой формы. Резко выступающие части модели, которые не служат поддержкой основной ее части (например, в конной статуе Петра I — передние ноги лошади, вытянутая рука всадника), формуют отдельно и прикрепляют к главной форме после ее изготовления.

Мастер размечает, на сколько кусков следует разбить поверхность модели, с тем чтобы каждый кусок, заформованный отдельно, можно было свободно снять и отделать. Опытный мастер осуществляет отливку при наименьшем количестве кусков. Каждый отдельный

кусок выполняют путем накладывания на соответствующие места модели небольшого количества разведенного до сметанообразного состояния гипса. Поверхность модели при этом предварительно сма-



Фиг. 162. Модель (гипсовая) памятника и изготовление гипсовой формы.

зывают жиром. В момент затвердевания куску придают ножом надлежащую форму, а затем и его смазывают жиром и вплотную к установленному куску накладывают на модель следующий кусок и т. д. После того как вся поверхность модели будет покрыта такими

кусками, несколько смежных кусков (пять-шесть) покрывают снаружи так называемой раковиной (кожухом). Наружные края раковины обрезают по внешнему контуру покрываемых ею кусков. Вследствие того,что каждый кусок может сниматься с модели лишь отдельно от других и в определенном для каждого куска направлении, раковина не может связывать их в одно целое и должна быть отделена от кусков изолирующим слоем.

Таким образом, всю поверхность модели покрывают двумя не зависимыми друг от друга слоями: внутренним, образующим профиль отливки, и наружным — кожухом (с числом кусков, в 5—6 раз меньшим по сравнению с внутренним), который по отношению к внутреннему слою служит как бы опорой. Общее представление о гипсовой форме дает фиг. 163, на которой можно видеть также и модель отливки.

На фиг. 163 дан поперечный разрез гипсовой формы при удаленной модели; на этой фигуре видны оба слоя формы — внутренний *1* и наружный *2*. Небольшие квадратные отверстия *3* в центральной части, а также прямоугольные отверстия в стенках формы показывают расположение стержневого каркаса.

Внутреннюю поверхность гипсовой формы, снятую с модели, предварительно смазанную жиром, покрывают слоем воска, толщина которого соответствует толщине тела отливки. Воск наносят кисточкой, тонкими слоями, один за другим. Затем удаляют гипсовую модель и на ее место устанавливают каркас для стержня, который прочно укрепляют при помощи металлических полос и промежуточных связей (фиг. 164). Бо́льшую часть этих связей вынимают из отливки после ее затвердевания.

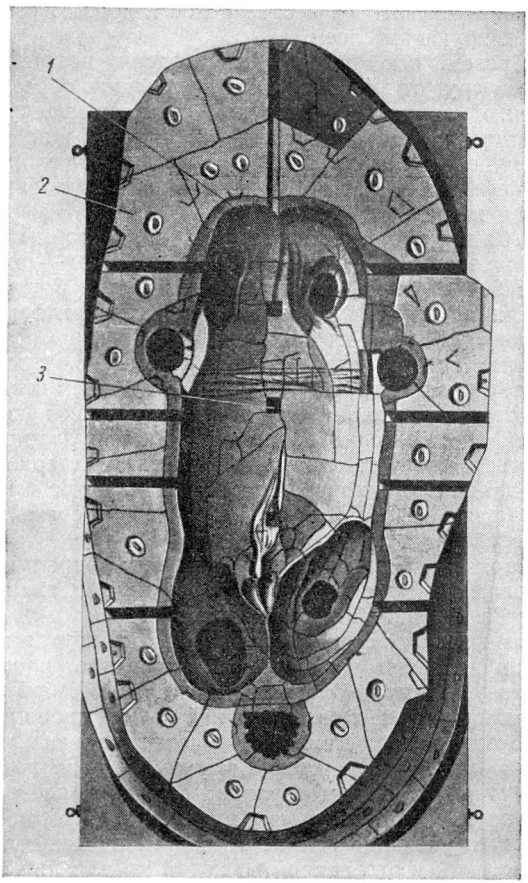
Вокруг каркаса собирают гипсовую форму, покрытую с внутренней стороны восковым слоем, что видно из фиг. 165, где дан горизонтальный разрез собранной формы со стержнем.

Собранную гипсовую форму с установленным внутри нее стержневым каркасом заливают через верхнее отверстие, например через отнятую голову, которую формуют отдельно, особой стержневой массой, состоящей из смеси гипса и кирпичной крошки (фиг. 166).

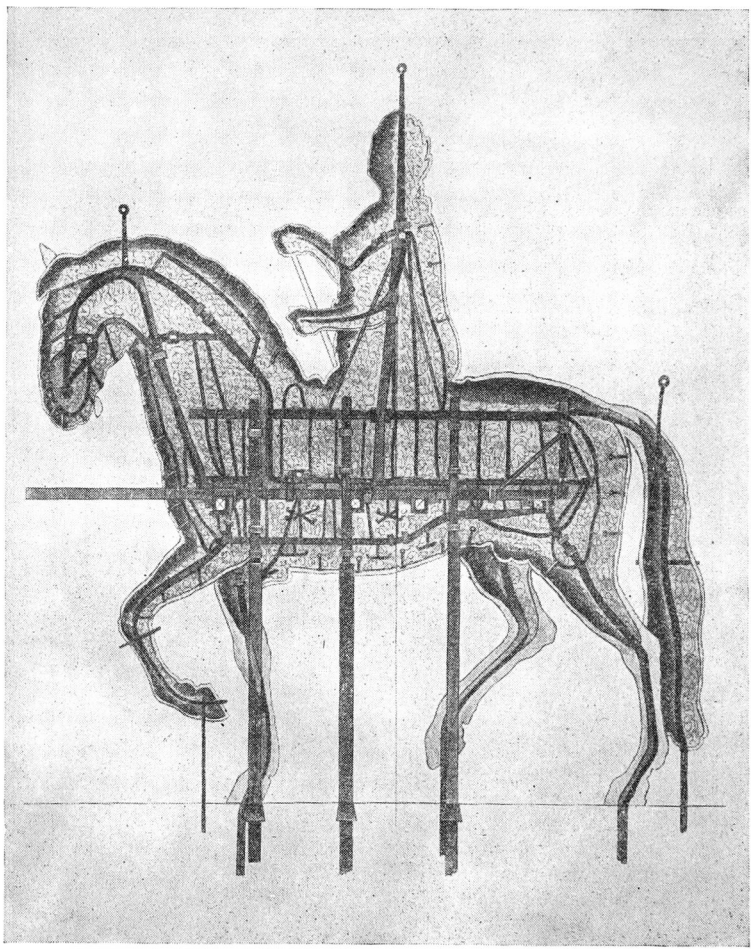
Через несколько часов стержневая масса затвердевает, после чего приступают к разборке гипсовой формы, причем восковой слой остается на стержне. Таким образом, получают восковую модель отливки, которую обязательно осматривает скульптор; он, когда это необходимо, дает указания исправить поврежденные места.

К исправленной и отделанной восковой модели литейный мастер прикрепляет на расстоянии 50—70 *мм* от основного тела сеть разнообразных восковых труб — модель литниковой системы с выпорами (фиг. 167).

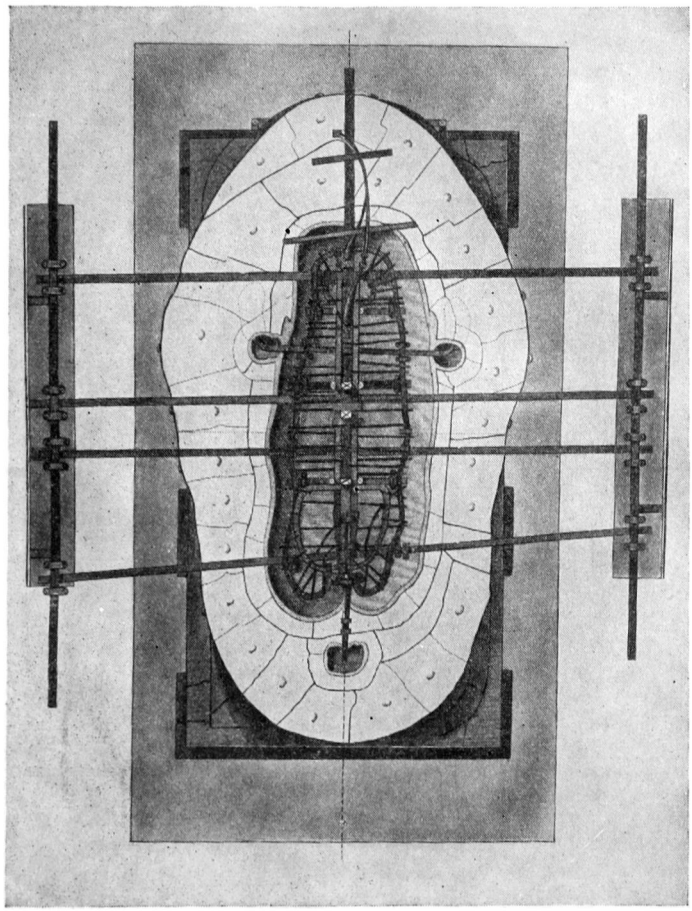
На фиг. 168 показана литниковая система памятника Минину и Пожарскому. После того как литниковую систему установят и укрепят, приступают к изготовлению глиняной формы. Специально приготовленную и разведенную до консистенции сметаны формовочную



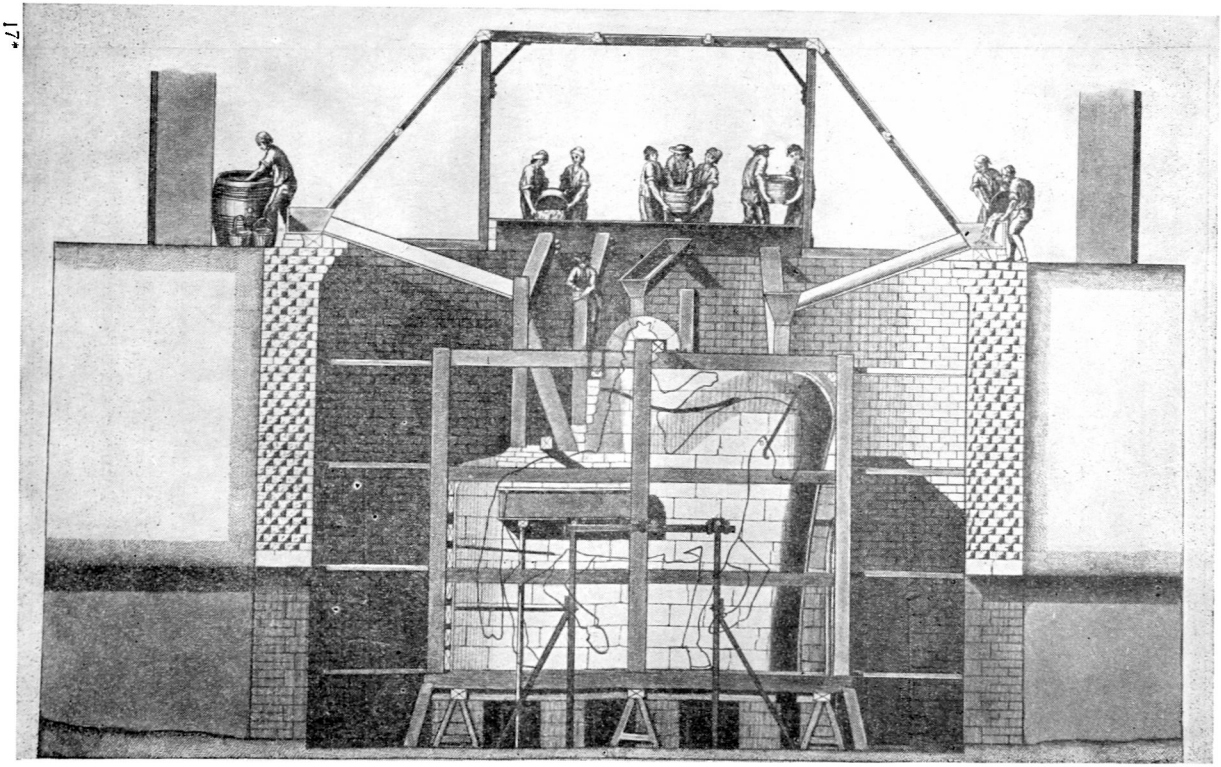
Фиг. 163. Поперечный разрез гипсовой формы.



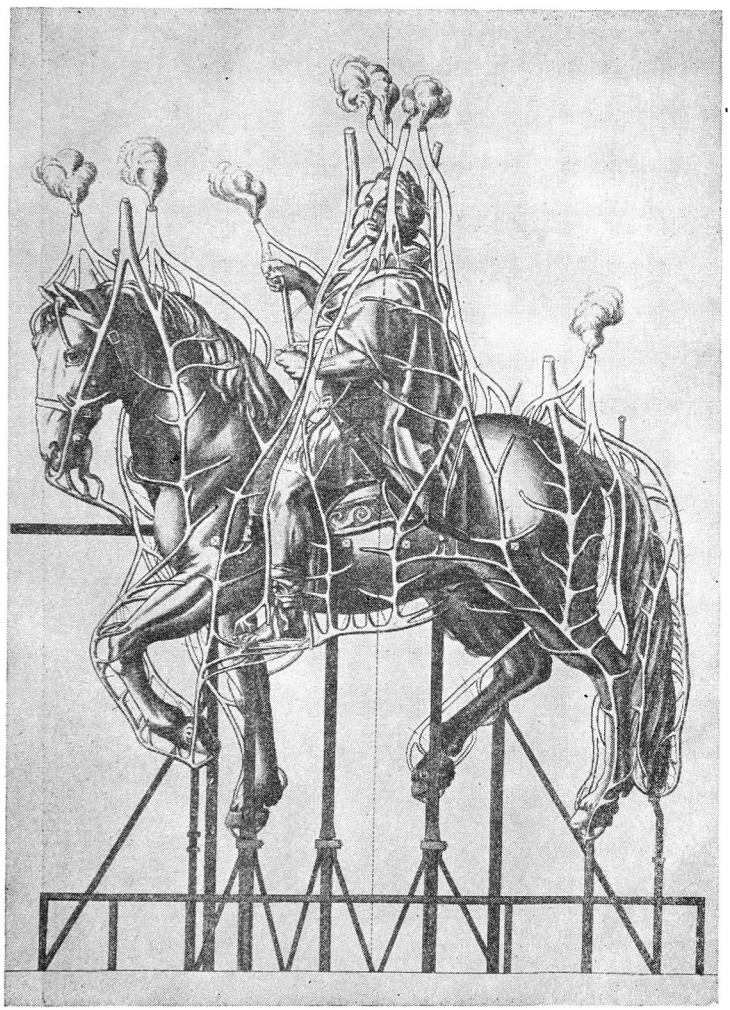
Фиг. 164. Каркас для стержня памятника



Фиг. 165. Разрез гипсовой формы с каркасом.

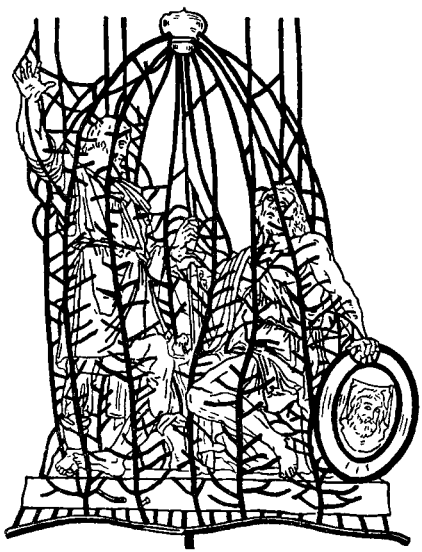


Фиг. 166. Заливка стержневого состава в форму



Фиг. 167. Восковая модель отливки.

смесь наносят кисточкой, отдельными слоями, причем каждый новый слой наносят лишь после того, как достаточно хорошо высохнет предыдущий. Когда все слои составят толщину 12—15 *мм*, форму начинают обкладывать кирпичом-сырцом до тех пор, пока толщина наружного слоя не достигнет ~ 200 *мм*. После этого приступают к укреплению формы, нагоняя на нее поперечные железные обручи, а на них накладывают продольные полосы-скрепы. Поперечные и продольные полосы в местах пересечения связывают проволокой и подмазывают глиной (фиг. 169). Когда основной массив формы собран и укреплен, к форме приставляют отнятые от нее и отдельно заформованные части. При этом особое внимание должно быть обращено на точность сборки и пригонку отдельных частей по отношению к главной форме.



Фиг. 168. Литниковая система памятника Минину и Пожарскому.

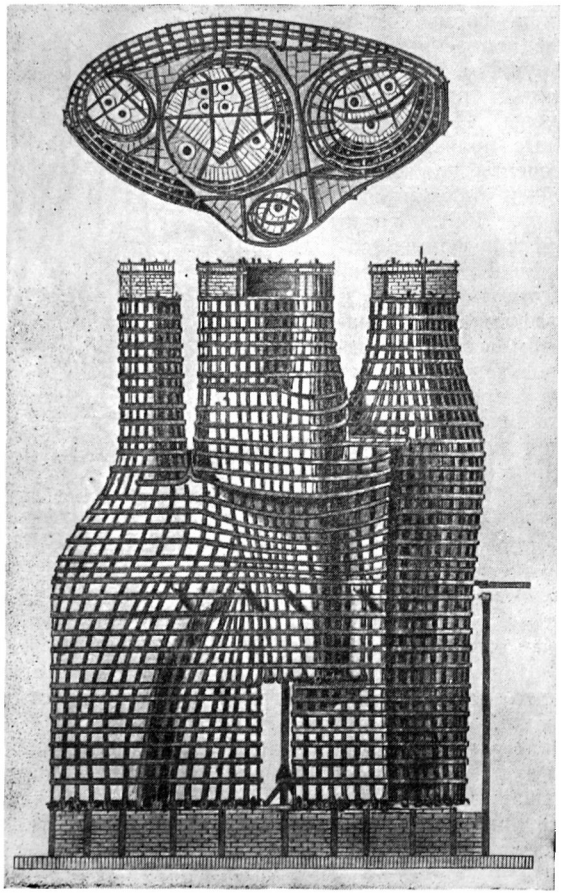
Следующие операции технологического процесса — вытапливание восковой модели и прокаливание формы.

При сушке формы воск стекает по особым каналам, проделанным в нижней части формы, где его собирают в бадейки и взвешивают. Вес отливаемой статуи определяют, исходя из того, что на каждый килограмм воска следует расплавить 12—14 *кг* меди.

Расплавленный металл заливают в горячую форму; чем горячее форма, тем лучше металл воспроизводит мельчайшие контуры формы. После остывания отливки форму разбирают, освобождая отливку, удаляют литники и приступают к окончательной очистке, а в случае необходимости и к чеканке статуи.

§ 1. ФОРМОВКА КУСКОВАЯ, ПО ШАБЛОНУ И ПО МОДЕЛИ

Кусковая формовка представляет собой упрощение воскового способа формовки, заключающееся в том, что вместо того, чтобы использовать гипсовые куски формы для изготовления восковой модели (фиг. 162), эти куски сразу выполняют из формовочной земли (реже из гипса), затем сушат и собирают вокруг земляного болвана-



Фиг. 169. Готовая форма (внешний вид).

стержня. Для того чтобы получить отливку требуемой толщины, выполняют следующую операцию. Вокруг болвана стержня собирают отдельные куски, между которыми и стержнем прокладывают глиняные прокладки — лепешки, соответствующие толщине стенки отливки. В тех местах, где эти лепешки сильно расплющиваются (обжимаются), тело стержня соответственно уменьшают, а в тех местах, где на лепешках не остается следов обжатия, тело стержня наращивают. Это очень кропотливая и трудоемкая работа. Вполне понятно, что при сборке могут быть сдвиги отдельных кусков, которые влияют на чистоту и точность поверхности отливки, вследствие чего художественные изделия, отлитые кусковым способом, всегда требуют дополнительной чеканки, а в особо ответственных случаях, например при отливке бюстов, участия в работе самого скульптора при окончательной отделке художественного произведения.

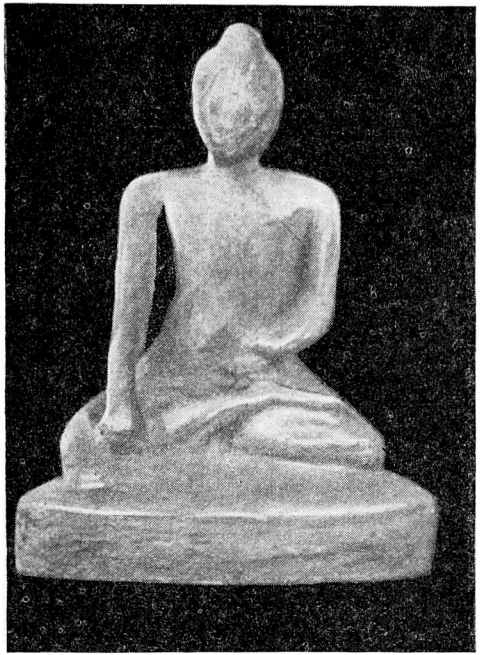
Способ кусковой формовки художественных деталей применяют преимущественно для небольших художественных изделий, так называемой «кабинетной» скульптуры (продукция Каслинского завода). Способом кусковой формовки отливают и огромные монументы; например, памятник Юрию Долгорукому в Москве отлит и собран из восьми отдельных кусков. Современный уровень сварочной техники упрощает сборку отдельных частей статуи. Но в отношении точности изготовления и соответствия художественной отливки проекту художника несоспоримое превосходство остается за изделиями, изготовленными по восковому способу, хотя это требует более высокой квалификации и лучшей организации работы.

На фиг. 170 и 171 показан ранний и более примитивный древнекитайский способ литья. Сначала готовили гипсовый стержень, сравнительно точно воспроизводивший (в уменьшенных размерах) основные очертания отливки (фиг. 170). На изготовленный стержень скульптор наносил слой воска и придавал ему окончательные очертания и размеры. Таким образом создавалась восковая модель отливки, литниковая система и форма, которая затем просушивалась и прокаливалась и т. д.

Отличительной особенностью воскового способа формовки было наличие неразъемной восковой модели и неразъемной прочной глинистой формы, способной выдержать прокалку при температуре до 950° С. Особенности этого способа обеспечивали получение отливок высокой точности и чистоты при высококачественном изготовлении земляной формы.

В эпоху феодализма способ восковой формовки был заметно упрощен, в частности, при отливке колоколов и пушек — этих наиболее характерных отливок того времени. Появился новый технологический прием — шаблонная формовка. Форма для отливки колокола состояла из трех частей: б о л в а н а (низа), т е л а и к о ж у х а (верхняя опока).

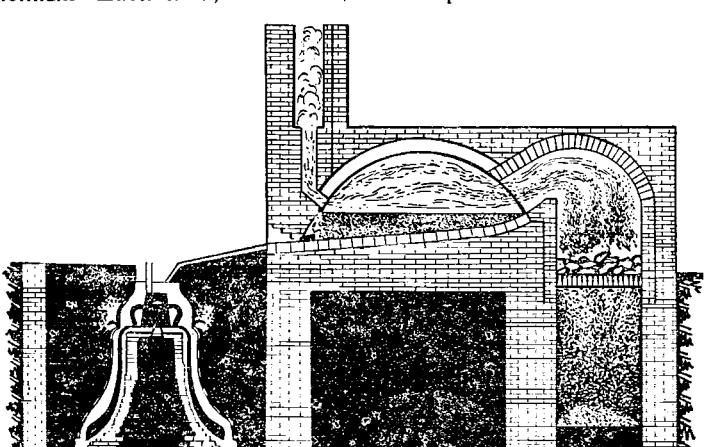
Большие колокола формовали в яме, недалеко от которой располагали плавильные печи (фиг. 172).



Фиг. 170. Старокитайский способ — гипсовый стержень.

Фиг. 171. Старокитайский способ — восковая модель.

В зависимости от величины отливаемого колокола на дне ямы вычерчивали круг несколько большего диаметра, чем нижняя часть колокола [1]. В центре этого круга (фиг. 173) устанавливали временную стойку *1*, нижний конец которой вращался в гнезде доски *2*, закопанной в земле и укрепленной под ямой. На стойке *1* укрепляли временный шаблон *3*, с помощью которого выполняли контур



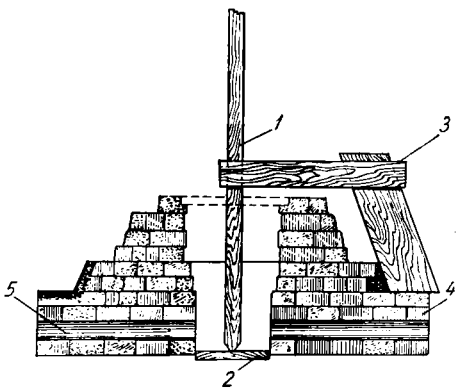
Фиг. 172. Схема отливки крупных колоколов.

цоколя *4*, с замком, а также форму болвана, примерно на половину его высоты. Цоколь выкладывали из обыкновенных кирпичей с каналами *5*, служащими для притока воздуха, и с полостью в середине болвана. Для выкладки болвана применяли кирпичи из тощей формовочной земли. После того как кладку болвана доводили до половины его высоты, временную стойку *1* (фиг. 173) снимали вместе с шаблоном и вмазывали в кладку болвана железную крестовину *1* (фиг. 174) с коническим гнездом посредине. В гнездо вставляли нижнюю пятку железного шпинделя *2*; верхний конец шпинделя укрепляли в перекладине, при передвижении которой шпиндель строго центрировали по отвесу перед окончательным закреплением.

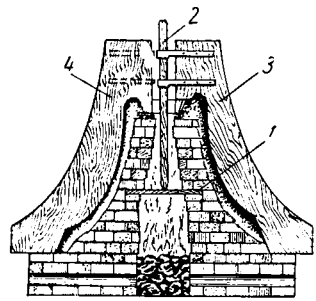
К шпинделю *2* прикрепляли шаблоны *3* и *4* с нанесенными на них контурами внутренней и наружной стенок колокола и несколькими параллельными контурами. При помощи шаблонов доводили до конца кладку болвана, имеющего вверху форму свода. Отделанный таким образом болван обвязывали проволокой и наносили на него слой толщиной около 25 *мм* из тощей глины, сначала обыкновенной,

[1] В. К н а б б е, Литейное дело, Библ. пром. знаний, т. VI, стр. 321—329, 1932.

а затем более тонкой, смешанной с мелкоистолченным и просеянным огнеупорным кирпичом и формовочным песком. Для того чтобы этот слой лучше держался, болван обматывали веревками или проволокой. Каждый новый слой наносили лишь тогда, когда высыхал предыдущий; для ускорения процесса сушки внутри болвана разжигали костер, используя для этого дрова и древесный уголь. Отделав окончательно при помощи шаблона профиль болвана, образующего внутреннее очертание колокола, болван подвергали сушке.



Фиг. 173. Изготовление стержня колокола (начало кладки болвана).



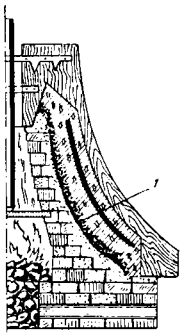
Фиг. 174. Нанесение глиняной рубашки.

Чтобы смесь, используемая для выполнения болвана, была более вязкой, прочной и не трескалась при сушке, обмазку двух последних слоев болвана выполняли из смеси глины и песка, разведенной на квасном сусле. Высушенный болван красили особой краской, составленной из тонкоразмолотого кирпича, разведенного квасным суслом, или же из золы, разведенной в мыльной воде или пиве. Часто после сушки болван смазывали салом.

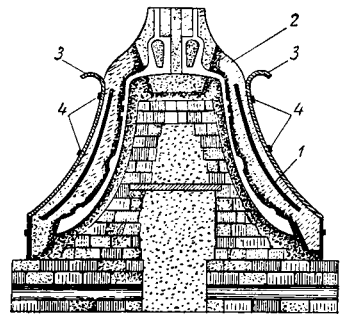
Следующий этап — приготовление тела колокола (рубашки) (фиг. 175 и 176). На фиг. 175 рубашка *1* колокола показана зачерненной. Тело колокола выполняли, нанося на болван несколько слоев жирной глины, для чего шаблон *4* (фиг. 174—176) постепенно урезывали до контура наружной поверхности колокола. Для того чтобы предотвратить растрескивание глиняного слоя при сушке, в слои рубашки, наносимые последовательно друг на друга, закладывали льняные волокна по окружности формы. Прогладив отделочным шаблоном наружный слой, для изготовления которого употребляли самую тонкую глину, тело колокола подсушивали, после чего наносили кистью на его поверхность слой краски, составленной из сала, мыла и воска. В дальнейшем поверхность тела колокола еще раз тщательно выглаживали шаблоном и просушивали краску на воздухе.

На высушенную поверхность рубашки колокола накладывали в соответствующих местах рельефные части, которыми украшали колокол: орнамент, надписи, фигуры и т. п. Эти украшения готовили отдельно в гипсовых ящиках из особой массы, состоящей примерно из 1 части (по весу) воска, 2 частей канифоли, 0,5 части сурика, а на каждые 20 частей воска добавляли 2 части сажи.

Закончив изготовление тела колокола, приступали к работе над кожухом (верхней опокой). Прежде всего на тело колокола нано-



Фиг. 175. Изготовление кожуха (формы) колокола.



Фиг. 176. Общий вид собранной формы колокола.

сили кистью слой жидко разведенной смеси, состоящей из тонкопросеянной формовочной глины, смешанной с конским навозом (также высушенным и просеянным), шерстью и рубленым льняным волокном (фиг. 176). Эту операцию повторяли несколько раз, до получения слоя толщиной 5—7 *мм*. Каждому нанесенному слою давали возможность хорошо просохнуть и затвердеть, на что обыкновенно требовалось от 10 до 16 час. После этого наносили второй, более густой слой из той же смеси, который также оставляли на воздухе для естественной просушки. Между отдельными слоями кожуха прокладывали льняные волокна и шерсть, обвивая их проволокой для предохранения кожуха от растрескивания при сушке. Для упрочнения кожуха в тело его, примерно посредине, вставляли изогнутые железные полосы-ребра *1* (фиг. 176), а на них надевали обручи, к котоным ребра *1* привязывали проволокой так, чтобы получился железный каркас. На внешнюю поверхность кожуха *2* накладывали железные, но более толстые ребра *3*, верхние концы которых были загнуты в виде крючков (для подхватывания краном), а нижние загибали под нижнюю кромку кожуха. Поверх ребер *3* надевали обручи *4* стягиваемые болтами.

Закончив сушку, кожух снимали с рубашки, устанавливали на козлы и осматривали внутреннюю поверхность, тщательно исправ-

ляя поврежденные при съемке места, затирали трещины, покрывали исправления краской и подсушивали их. В это же время разрезали ножом рубашку, удаляя ее по частям с болвана, после чего болван осматривали и исправляли. Затем приступали к отделке верхней части болвана: удаляли шпиндель, на край болвана устанавливали чугунную плиту, на которой выкладывали из кирпича приблизительную форму свода колокола, отделывая последнюю тощей пористой глиной, и вмазывали в свод железную петлю для языка колокола — все это затем подсушивали. Во избежание скопления взрывоопасных газов внутреннюю полость болвана засыпали сухим песком через отверстие в верхней части болвана, после чего это отверстие также заделывали. На отделанный болван снова надевали кожух с таким расчетом, чтобы он точно встал на прежнее место, после чего шов между кожухом и болваном замазывали глиной, и, наконец, в коническое гнездо, оставленное на верху кожуха, вставляли форму короны колокола. Попутно отделывали литники и выпоры.

Так как колокол отливали в яме, то пространство между спущенной в яму формой колокола и стенками ямы засыпали землей и плотно утрамбовывали. Следовательно, при сохранении основной особенности воскового способа формовки — неразъемной модели и формы — этот способ литья колоколов является упрощенным, так как вместо обычного применения воскового тела отливки при этом способе используют глиняную рубашку и новый прием — шаблонную формовку.

По способу формовки колоколов формовали и пушки, так называемая медленная формовка пушек[1]. Это было последней данью отходящему в прошлое архаическому способу восковой формовки. Старый способ производства пушек не мог удовлетворить возросшим требованиям ни в части сроков изготовления, ни по стоимости, вследствие чего взамен «медленной» формовки пушек началось внедрение нового способа формовки их по моделям в разъемных опоках и по разъемной модели в земляной формовке, т. е. применять так называемый способ «быстрой» формовки, которая в ближайшем будущем станет основным способом литья машиностроительных деталей. Введение способа отливки по моделям в земляные формы знаменует коренной перелом в производстве литья.

В период развивающегося машиностроения, особенно производства паровых двигателей, перед литейщиками возник ряд новых и ответственных задач, из которых наиболее трудной была отливка паровых цилиндров.

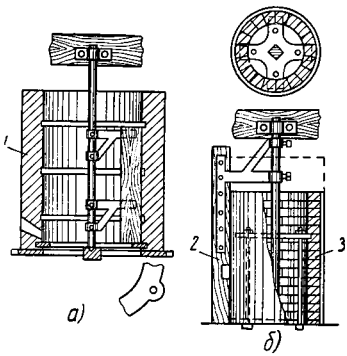
Первые конструкции воздушных и паровых машин были весьма несложны, и формовку по шаблону в глине — этот основной способ изготовления колоколов — начали применять и при отливке цилиндров.

---

[1] Подробнее см. Н. Н. Рубцов, История литейного производства, ч. I, Машгиз, 1947, стр. 104—127.

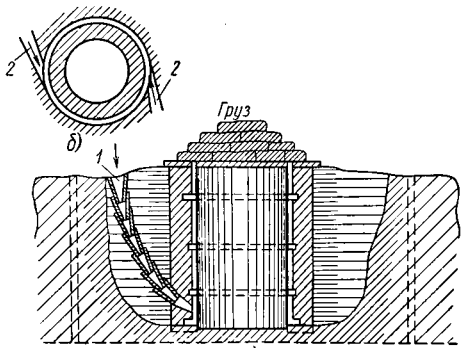
На фиг. 177, *а* изображен так называемый «вольный» способ формовки цилиндра воздуходувной машины.

Применяя этот способ, на чугунной плите выкладывали из огнеупорного кирпича цилиндрический кожух *1*, внутреннюю поверхность которого обмазывали слоем глины толщиной 18—25 *мм*, и с помощью шаблона *2* выполняли форму наружной поверхности цилиндра с ребрами и закраинами. Для закраин в кирпичной кладке делали соответствующие углубления, чтобы не накладывать слоя глины большой толщины.



Фиг. 177. Формовка цилиндра воздуходувной машины.

Стержень цилиндра *3* (фиг. 177, *б*) формовали также при помощи шаблона по кирпичу на полу литейной и, после того как форма и стержень были высушены и окрашены формовочными чернилами, опускали их в литейную яму, причем пространство между наружной поверхностью формы и стенками ямы плотно утрамбовывали формовочной землей. В стержень цилиндра *3* вмазывали два чугунных кольца, скрепленных болтами для удобства переноски и установки стержня. После вставки и выверки установки стержня при помощи циркуля и ватерпаса на собранную форму накладывали груз. Верхняя часть формы, служившая прибылью, оставлялась открытой, так что выделение газов и шлака происходило совершенно свободно.



Фиг. 178. Заливка формы воздуходувного цилиндра.

Заливка формы осуществлялась в большинстве случаев через сифонный литник, причем стояк выполняли из глиняных конусов *1* (фиг. 178, *а*). Предпочитали подводить металл с двух сторон цилиндра по касательным *2* (фиг. 178, *б*), вследствие чего расплавленный металл получал вращательное движение, что, по мнению специалистов того времени, способствовало лучшему выделению неметаллических включений и газов. Но уже и тогда многие литейщики предпочитали

осуществлять отливку сверху дождевым литником. Как видно из этого примера, «вольный» способ формовки воздуходувного цилиндра представлял собой не что иное, как упрощенный способ формовки колокола.

По мере усложнения конструкции цилиндров соответственно изменялись и приемы формовочной техники, примером чего может служить формовка цилиндра паровой машины более сложной конструкции с золотниковой коробкой, патрубками, лапами и т. п., изображенная на фиг. 179, *а—е*.

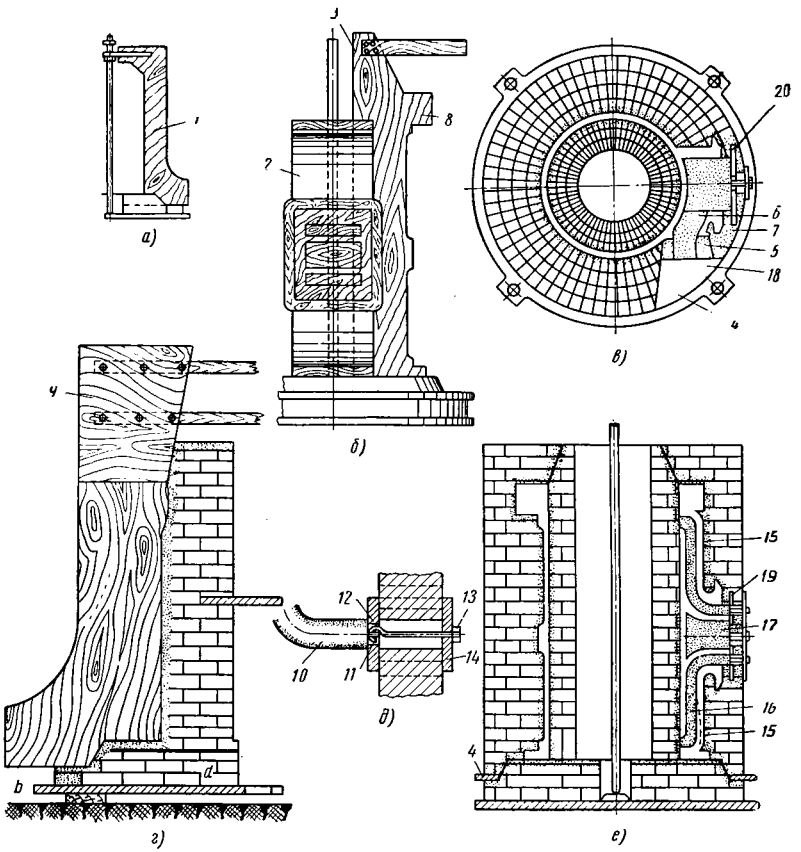
Формовка подобных цилиндров осуществлялась комбинированным шаблонно-модельным способом, который заключался в следующем. Прежде всего выкладывали и отделывали шаблоном № 2 (поз. *1* на фиг. 179, *а*) замковый цоколь, верхнюю часть которого отделывали особенно тщательно, и на нем расчерчивали положение золотниковой коробки, формовка которой выполнялась по особой деревянной модели *2* (фиг. 179, *б*).

После установки модели на цоколе приступали к изготовлению кожуха при помощи шаблона № 1 (поз. *3* на фиг. 179, *б*) сначала из кирпичей, а затем из глины. Кирпичную кладку выполняли как можно ближе к модели *2*; промежутки между моделью и кожухом заполняли тощей глиной, слои которой наносили также и на боковые поверхности модели до уровня фланца золотниковой коробки. В эту глиняную обмазку закладывали чугунную доску *19* (фиг. 179, *е*) с отверстиями, соответствующими знакам стержней паровых каналов. Затем вокруг глиняной обмазки выполняли кирпичную кладку, связывая ее с остальной кладкой и дополняя еще двумя-тремя рядами кирпича в перевязку по полной окружности кожуха. В кирпичной кладке (фиг. 179, *в*) оставляли сквозные гнезда для стержневых болтов и окошко *4*, служащее для простановки стержней *5*, *6* и *7*.

После этого вынимали модель, наносили на внутреннюю поверхность кирпичной кладки кожуха слой глины и обрезали ее с помощью шаблона № 1. При помощи выступа *8* шаблонов № 2, 3 в кожухе выполняли кольцевую впадину для прибыли. Выше этого выступа шаблон № 3 был скошен таким образом, чтобы при его вращении получался конический замок; верхняя грань кожуха горизонтальная. После обмазки и шаблонирования кожуха шаблон № 1 снимали и кожух на поддоне переносили в сушило, а на цоколе при помощи шаблона № 3 (поз. *9* на фиг. 179, *г*) готовили центровой стержень.

Верхняя скошенная кромка этого шаблона образовывала на стержне коническую поверхность, в точности соответствующую замковой поверхности кожуха, что обеспечивало правильность сборки формы и стержня и одинаковую толщину стенок цилиндра. Высушенные кожух, форму и стержень отделывали и окрашивали формовочными чернилами, т. е. готовили обычным способом к сборке. Стержни паровых каналов изготовляли в соответствующих стержневых ящиках, причем в них закладывали изогнутые железные каркасы *10* с ушками *11* на концах, выступающими наружу, в которые

входили крючки *12* затяжных болтов *13*, служащих для притягивания стержней к накладке *14* (фиг. 179, *д*), прикрепленной к поверхности кожуха, но не наглухо, чтобы стержни можно было несколько отклонять при надевании кожуха на центровой стержень.

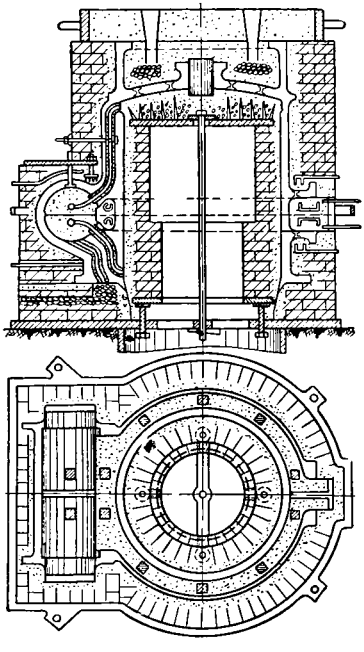


Фиг. 179. Формовка цилиндра паровой машины с применением (частичным) модели.

После того как кожух был поставлен на место, подбивали заранее вставленные шпильки *15* (фиг. 179, *е*), с помощью которых свободные концы стержней *16* могли быть прижаты к центровому стержню Одновременно со стержнями *16* в среднее ушко вставляли стержень паровпускного канала *17*, но не целиком, а только часть его, а остальные части стержней *5*, *6* и *7* вставляли позже. Стержни *16* и *17* при-

тягивали так, чтобы они могли несколько отклоняться, как показано пунктиром; это необходимо для того, чтобы при установке кожуха на центровой стержень концы стержней не задели кожуха и не сломались. Стержень изготовляли при помощи шаблона № 3 (фиг. 179, *г*).

Установив кожух на место, осторожно ударяли молотком по концам шпилек *15* (фиг. 179, *е*), вследствие чего свободные концы стержней *16* прижимались к центровому стержню, и затем болты затягивали окончательно. Затем через оставшееся в кладке окно *4* вставляли стержни *5*, *6* и *18* (фиг. 179, *в*).



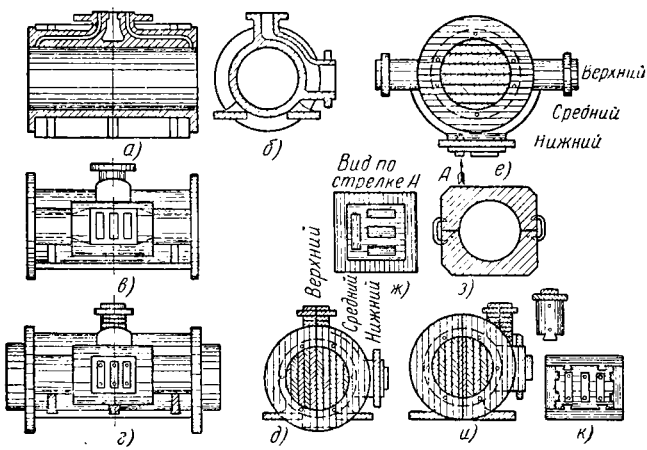
Фиг. 180. Формовка цилиндра пароходной машины.

На фиг. 180 изображена формовка цилиндра паровой пароходной машины, который отливают заодно с крышкой. Общие приемы формовки и последовательность операций те же, что и в предыдущем случае, но с той разницей, что центровой стержень устанавливают не на цоколе, а на отдельном чугунном поддоне поддерживаемом стойками; подвесной стержень укрепляли в перекрывающей опоке и т. д.

Эта «медленная» формовка литья цилиндров, соответствующая до известной степени «медленной» формовке колоколов и пушек, должна была по мере развития и роста машиностроения уступить место «быстрой» формовке по моделям в песчано-глинистой форме, что являлось таким же прогрессивным началом в развитии литья цилиндров фиг. 180, как и переход от «медленной» к «быстрой» формовке пушек.

Одним из самых ранних оформлений нового технологического процесса может служить схема, приведенная на фиг. 181, *а*—*к*, где показан способ формовки по модели парового цилиндра. Необходимо отметить значительное усложнение конструкции парового цилиндра по сравнению с разобранными выше — наличие патрубков, фланцев и т. п. Это создавало новые производственные трудности и, по аналогии с методом литья по восковым моделям, подобные части цилиндра должны были бы формоваться при помощи подрезки. В данном случае применяли более совершенный способ, так как были использованы модели с отъемными частями (фиг. 181, *и*, *к*). Формовка осуществлялась с двумя разъемами

(фиг. 182, *а—в*), причем зеркало золотниковой коробки формовали в почве, а остальные части цилиндра — в двух опоках. Центровой стержень приготовляли из жирного песка вокруг чугунного каркаса с иглами (фиг. 183), который обматывали соломенным жгутом и по всей длине его прокалывали газоотводные каналы. Впоследствии, с дальнейшим развитием и совершенствованием процесса формовки,

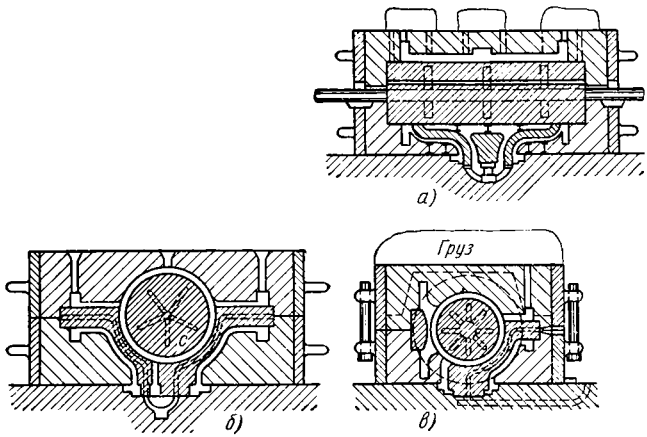


Фиг. 181. Модель парового цилиндра с отъемными частями.

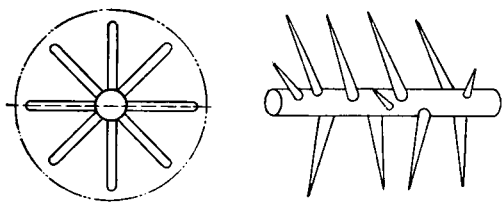
чугунный каркас был заменен железным барабаном, на всей поверхности которого просверливали отверстия, как это делают и в настоящее время.

Стержни паровпускных и паровыпускных каналов формовали из глины на каркас эллиптической формы из тонкого железа и устанавливали в форму при помощи жеребеек. Опоки скрепляли болтами и нагружали чугунными чушками. Формовка золотниковой коробки в почве была связана с неудобствами, вызывавшими перекосы и создававшими затруднения при отделке формы, что заставило литейщиков вскоре перейти на формовку в трех опоках *I*, *II*, *III* (фиг. 184). Для крепления стержней золотниковой коробки, вместо того чтобы делать знаки достаточной длины, в опоку заделывали прокладную доску, к которой прикрепляли стержни.

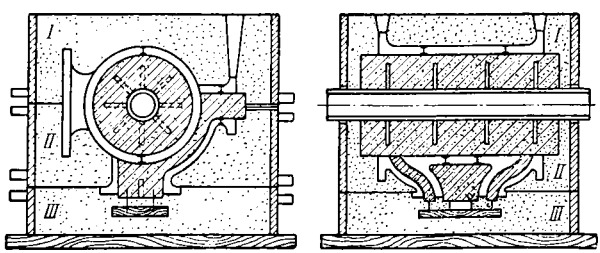
В дальнейшем конструкция паровых цилиндров все более усложнялась, в связи с чем усложнялась и технология формовки. На фиг. 185 приведен чертеж модели паровозного цилиндра серии 0-5-0. Наличие большого количества патрубков, фланцев и т. п. повлекло за собой устройство соответствующего количества отъемных частей модели *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*, *а*, *b*, *с*.



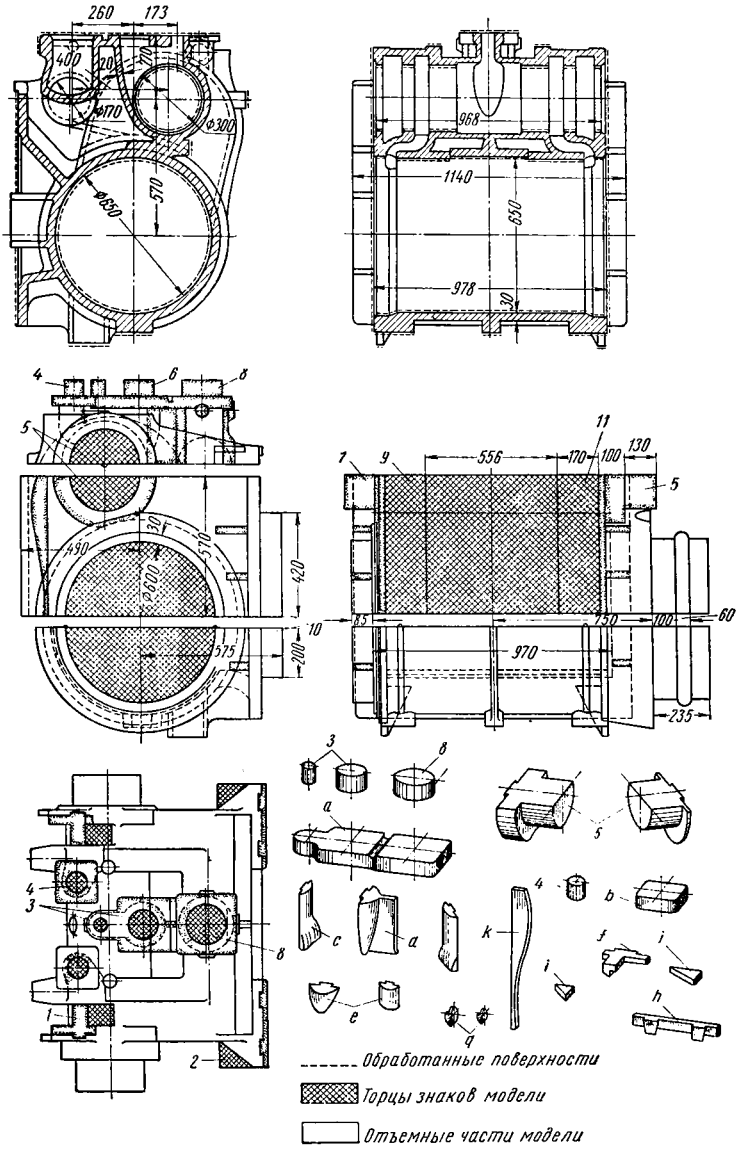
Фиг. 182. Формовка парового цилиндра в землю.



Фиг. 183. Типы стержневых каркасов с иглами.



Фиг. 184. Старинные способы крепления стержней.



Фиг. 185. Чертеж и модель паровозного цилиндра серии 0-5-0. Цифрами обозначены отъемные части моделей, указанные на чертеже, буквами — не указанные.

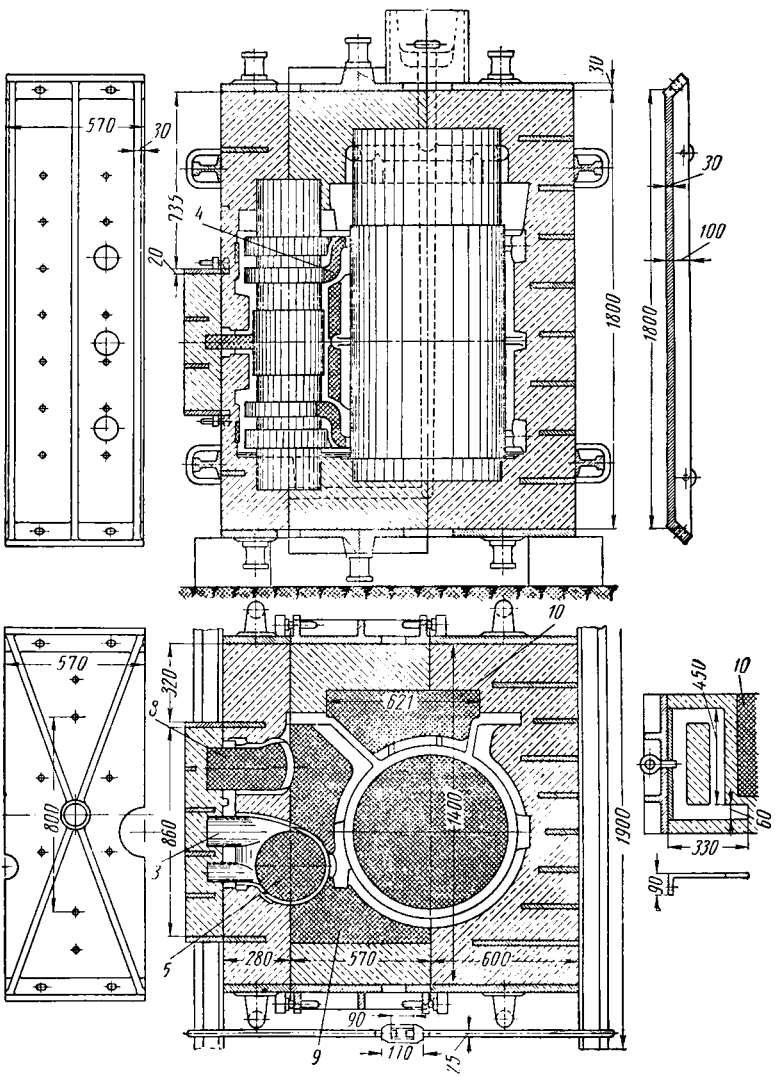
Собранная форма паровозного цилиндра серии 0-5-0 приведена на фиг. 186.

Подобные цилиндры формуют, преимущественно располагая плоскость разъема перпендикулярно или параллельно оси цилиндра. В первом случае создается большое количество разъемов (следовательно, и опок) — не менее шести, что связано со значительными трудностями в процессе формовки и в особенности при сборке формы.

При втором способе формовки, получившем большое распространение, плоскость разъема располагают параллельно оси цилиндра (см. фиг. 181), и формовка осуществляется в трех главных опоках и четвертой добавочной, лишь частично перекрывающей верхнюю опоку. Модель цилиндра делилась на три части соответственно трем главным опокам. Верхняя часть модели выполняется с отъемными частями *3*, *4* и *8* (см. фиг. 185), которые при формовке остаются в четвертой дополнительной опоке. Фланцы *a* и *b* отъемные, их вынимают из земли после снятия четвертой опоки. Части *d*, *f*, *c*, *e*, *h* и *g* выполнялись также отъемными, и извлечение их из формы предусматривалось в направлении, перпендикулярном к направлению выема в модели, конечно, только после того, как последнюю удаляли из формы. Около отъемных частей *1* делали знаки ложных стержней, которые предназначались для того, чтобы можно было вынуть части *1* из формы.

Модель, формуемая в средней опоке, представляет собой простую форму благодаря боковым знакам *9*, *10*, *11*. Она вынималась из опоки по направлению к нижней опоке, чем и вызывалось устройство отъемных ребер *k*. Ребра *k* выполняли также отъемными. Модель нижней части, кроме знаков центрового стержня («бочки») и половины модели прибыли, имела продолжение знака *10* и два отъемных ребра *i*; в остальном она повторяла форму нижней части цилиндра.

Форму цилиндра начинали изготовлять с формовки средней опоки (см. фиг. 185); при помощи крана ставили модель средней части на деревянный щит, а на нее среднюю опоку, которая представляла собой рамку, свинченную из четырех отдельных плит. На двух боковых плитах были просверлены отверстия, в которые с небольшим зазором входили винты, прижимающие к плитам чугунные ребра. Ребра различной формы, в зависимости от очертаний модели, предназначались для поддержки земли в опоке. После заливки для удаления из формы отлитого цилиндра ребра освобождали от винтов и отливка вместе с ребрами выпадала из опоки. Для того чтобы сблегчить выпадение отливки из формы, среднюю опоку выполняли составной, состоящей из четырех плит; болты, скрепляющие эти плиты, ослабляли в двух углах (по диагонали), вследствие чего внутренний периметр опоки увеличивался, что облегчало выбивку отливки из формы. После того как средняя опока была поставлена на модель, укрепляли отъемные ребра и приступали к набивке опоки; затем на плоскость разъема ставили модель нижней части



Фиг. 186. Собранная форма паровозного цилиндра серии 0-5-0.

цилиндра и нижнюю опоку, которую также уплотняли. Набивную нижнюю опоку снимали со средней, поворачивали на 180° (на весу) и ставили на отдельный деревянный щит, затем вынимали из нее модель и отъемные ребра. После отделки и окраски опоку отправляли на сушку.

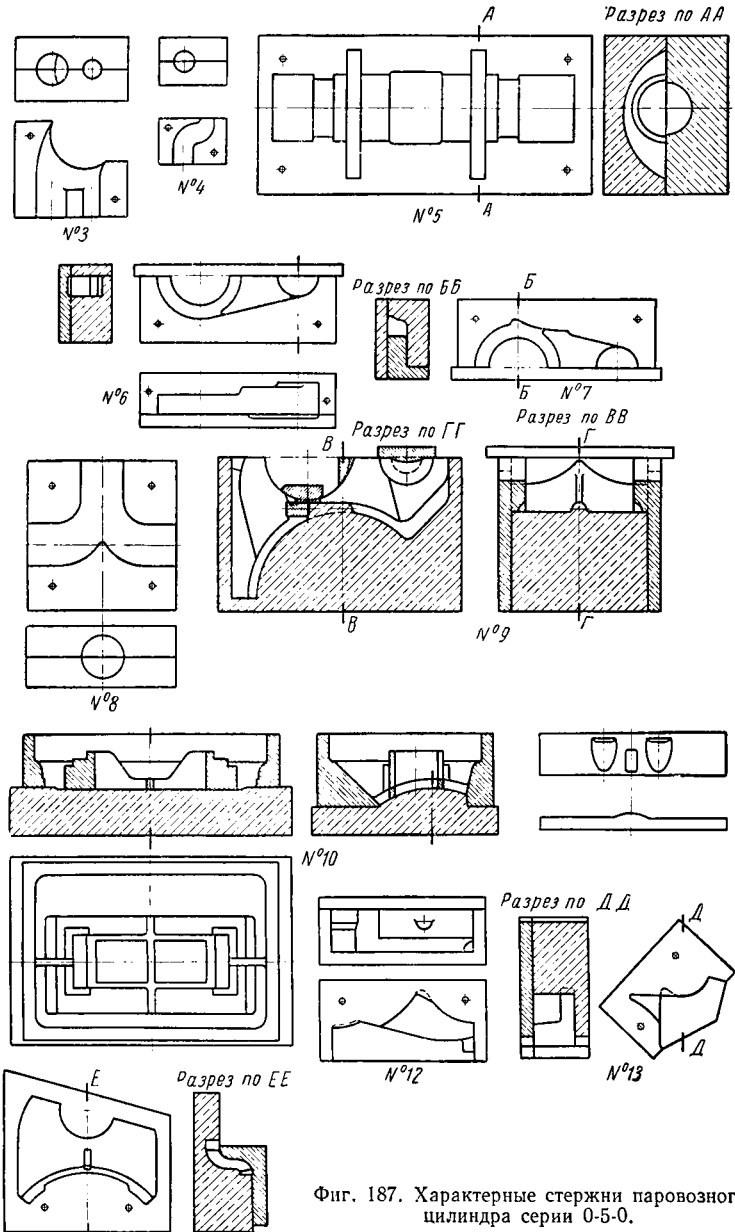
Среднюю опоку также повертывали на 180°, ставили на нее модель верхней части цилиндра, перекрывали верхней опокой, скрепляли ее со средней и уплотняли. После уплотнения верхней опоки на нее ставили дополнительную четвертую опоку, уплотняли ее и приступали к разборке: сначала снимали четвертую опоку и удаляли из нее знаки *3*, *4* и *8*, а затем отъемные фланцы *а* и *b*, после чего ее снова ставили на верхнюю опоку и скрепляли с ней. Затем все три опоки — среднюю, верхнюю и дополнительную — повертывали на 180° и ставили вверх средней опокой, из которой вынимали модель, открепляли среднюю опоку от верхней и относили ее в сторону для отделки и окраски, после чего она поступала на сушку. Из верхней опоки также удаляли модель и отъемные части, отделывали и крепили ее и вместе с прикрепленной к ней дополнительной четвертой опокой направляли в сушку, причем предварительно вставляли в верхнюю опоку четыре стержня, которые служили для образования верхних ребер, идущих от фланца. С помощью этих ребер цилиндр прикрепляли к раме паровоза.

§ 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

На фиг. 187 приведены схемы стержневых ящиков для изготовления наиболее характерных стержней паровозного цилиндра (всего для формовки цилиндра необходимо 24 стержня).

Стержень, выполняющий внутреннюю полость золотникового цилиндра и каналов, соединяющих цилиндр с паровпускным патрубком, изготовлялся из пяти частей в пяти отдельных ящиках. Основную часть его, выполняющую внутреннюю полость золотникового цилиндра, формовали в ящике № 5, разнимающемся на две части. В середину ящика закладывали каркас прямоугольного сечения с отверстиями против каналов, ведущих к патрубку. Стержень этих каналов составляли из двух частей. Верхнюю часть канала изготовляли в ящике № 6, а нижнюю — в ящике № 7. Для правого канала служил правый ящик № 6, для левого канала — левый ящик № 7.

Высушенные стержни прикрепляли болтами к стержню золотникового цилиндра. Собранный из пяти отдельных частей стержень вставляли как одно целое в форму. К этому стержню вплотную прилегал стержень, выполняющий полость паровыпускного патрубка; стержень этот готовили в ящике № 8. Изготовление стержней № 3 и 4 ясно из чертежей этих ящиков. Стержни № 1 и 2 вставные, как было указано выше, готовили в специальных ящиках (на фигуре не показаны). Ящик стержня № 9 (седло) выполнен с отъемной частью (бойка), которую вынимали из ящика после того, как самый стер-



Фиг. 187. Характерные стержни паровозного цилиндра серии 0-5-0.

жень из него был вынут. Стержни № 12 и 13 устанавливали в опоке рядом со стержнем № 9; изготовление их понятно из чертежа.

Стержень № 10 служит для выполнения с его помощью выемки во фланце цилиндра с ребрами, образующими коробку, которой цилиндр расклинивается в раме паровоза для разгрузки болтов от горизонтальных сил. Эта коробка в стержневом ящике сделана отъемной; ее вынимают из стержня после удаления его из ящика. Перед отправкой в сушку в этот стержень вставляли четыре маленьких стержня, подобных стержням, выполняющим поднутрения у ребра коробки.

Отъемная часть ящика (коробка) изготовлялась со знаками для этих стержней. Центровой стержень («бочка») № 15, образующий внутреннюю поверхность цилиндра, готовили по шаблону. Стержни № 14, служащие для выполнения канала, по которым пар из золотникового цилиндра поступает в рабочий цилиндр, опирались с одной стороны на стержень № 5, а с другой стороны — на стержень № 15.

При литье, которое осуществляли, когда форма находилась в вертикальном положении, места стыков стержней № 15 и 14 с нижней стороны могли засориться поднимающимся вверх шлаком и загрязнить отливку. Для предотвращения этого стержни № 14, так называемые «ленты», опирали на стержень № 15 лишь по краям, в середине же их делали щель, через которую шлак и сор могли свободно подниматься вверх.

Собирали форму, начиная с верхней опоки: ставили стержни № 3, 4, 5 и 8, затем на верхнюю опоку ставили стержень № 13.

После этого на другой щит ставили нижнюю опоку, а на нее среднюю. В среднюю опоку вставляли стержень № 12, причем его укрепляли болтами, притягивая к стенке опоки за каркас. После этого ставили стержень № 10 («коробку») и, проставив на нем жеребейки, примеривали стержень № 9 («седло»). После примерки вынимали стержни № 9 и 10, снимали с нижней опоки среднюю опоку и, перевернув ее на 180°, ставили на верхнюю опоку. Затем вставляли стержни № 14 («ленты») и опускали на них осторожно центровой стержень № 15 («бочку»). После этого ставили стержень № 9 («седло») и закрепляли его в опоке подобно стержню № 12. После установки последнего стержня № 10 («коробки») перекрывали среднюю опоку нижней, скрепляли их и собранную форму ставили в вертикальное положение, устанавливали опоку для литниковой чаши, после чего заливали формы.

Как видно из описания технологического процесса формовки паровозного цилиндра, главное отличие в приемах формовки заключалось в увеличении удельного веса стержневых работ и значительном увеличении количества отъемных частей на модели. Дальнейшее усложнение конструкции паровозных цилиндров, например цилиндра более мощных паровозов типа СУ, ФД и др., привело к тому, что в еще большей степени увеличился удельный вес стержневых работ по сравнению с формовочными. В общем объеме работ по изго-

товлению формы паровозного цилиндра СУ на собственно формовочные работы приходилось 33%, на стержневые работы — 38%, на сборку — 29%.

Подобный способ формовки с применением значительного количества отъемных частей мог быть более или менее оправдан только в условиях мелкосерийного и, в крайнем случае, среднесерийного производства, так как на работы, связанные с удалением из формы отъемных частей и отделкой соответствующих мест формы, затрачивалось много времени. При массовом производстве и машинной формовке блока цилиндра автодвигателя применение отъемных частей в процессе формовки становится тормозом в производстве, ограничивающим использование машинного времени формовочных машин. Вследствие этого отъемные части моделей в массовом производстве совсем не применяют — их роль при формовке выполняют стержни, и, следовательно, удельный вес стержневых работ в общем процессе формовки еще более возрастает. Так, в процессе изготовления формы блока цилиндров автомобильного мотора ЗИЛ на долю формовочных работ приходится 7%, на изготовление стержней 67% и на сборку 26%.

Дальнейшие усложнения конструкции цилиндров моторов обусловило развитие формовки, а именно переход на формовку в стержнях, где вся работа по изготовлению формы сводится к изготовлению и сборке стержней. Такие сложные конструкции, как головка авиационного двигателя воздушного охлаждения, у которой в некоторых вариантах более 100 тонких ребер, различно ориентированных в пространстве, наиболее целесообразно выполнять только способом формовки в стержнях.

Способ формовки в стержнях нашел широкое применение в авиа- и автостроении, а также и в общем машиностроении, при литье сложных и крупных отливок.

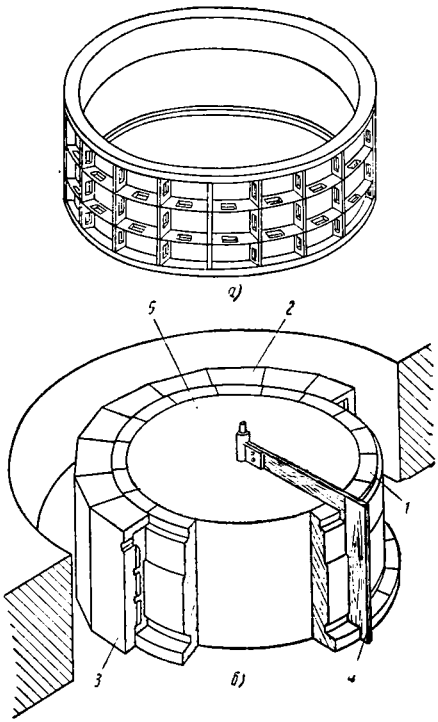
Один из характерных примеров формовки в стержнях приведен на фиг. 188, где изображена формовка закладного кольца пропеллерного насоса с диаметром $\sim 3{,}5$ *м* и высотой $\sim 2{,}5$ *м*, весом ~ 7 *т* (фиг. 188, *а*).

При обычном способе формовки вес опоки был бы не менее 30 *т* и приблизительно столько же весил бы и стержень. Ни подходящих сушил, ни достаточных транспортных средств у завода не было. Решено было изготовить способом формовки с использованием нескольких стержней (фиг. 188, *б*).

В яме вокруг песчаного болвана, служащего для литья всех колец, собирали внутренние *1* (фиг. 188, *б*) и внешние *2* стержни. Для этого требовалось 18 стержней внутренних и 18 стержней внешних. Точность установки стержней проверяли при помощи шаблонов. Для проверки простановки наружного стержня использовали шаблон *3*, а для внутреннего стержня — шаблон *4*. Болван *5* служил в качестве наполнителя. Вес отдельного стержня $\sim 1{,}5$ *т*; габариты его позволяли полностью использовать установленные в цехе сушила

и сократить время сушки. Следовательно, вся работа формовщика была передана конструктору стержневых ящиков.

Пространство между стенками ямы и внешним поясом стержней плотно утрамбовывали формовочной землей; сверху форму перекрывали опокой, в которой была расположена литниковая чаша. На фиг. 189—200 показана примерная схема отливки в стержнях сравнительно небольшой детали — соплового венца — весом 22 *кг*.



Фиг. 188. Формовка в стержнях корпуса пропеллерного насоса.

На фиг. 189 приведен чертеж соплового венца. Вся форма соплового венца собирается из шести отдельных кусков-стержней: стержня № 1 (низок — фиг. 190), сбразующего нижнюю поверхность сопла и служащего базой для стержня № 2 (кольцо лопаток — фиг. 191), и стержня № 3 (кольцо габаритное — фиг. 192). Затем следует стержень № 4 (звездочка — фиг. 193) и стержень № 5 (верх — фиг. 194), оформляющий верхнюю часть отливки. Подвод металла осуществляется через стержень № 6 (литниковая чаша — фиг. 195).

Технология сборки форм представлена на пяти позициях (фиг. 196—200):

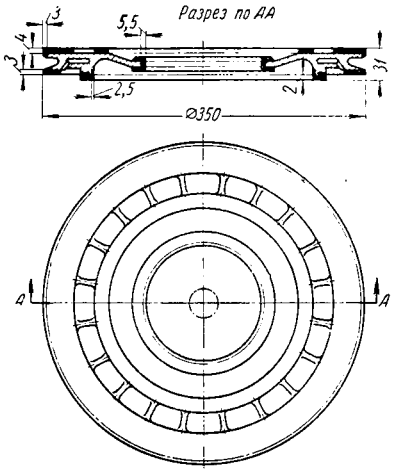
1) установка на специальный поддон стержня № 1, служащего базой для стержней № 2, 3 и 4 (фиг. 196);

2) установка на стержень № 1 стержня № 2 и проверка при помощи щупа правильности величины отверстий между стержнями № 1 и 2 (фиг. 197);

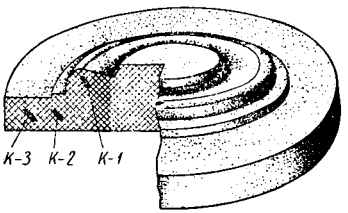
3) установка на стержень № 1 с примыканием к стержню № 2 стержня № 3 и проверка правильности расстояний между стержнями № 2 и 3 (фиг. 198); стержень № 3 служит базой для стержня № 5;

4) установка стержня № 4 на стержень № 1 (фиг. 199);

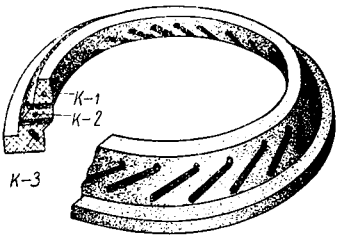
5) стержень № 5, являющийся замыкающим звеном формы, устанавливают на стержень № 3; затем на стержень № 5 устанавливают



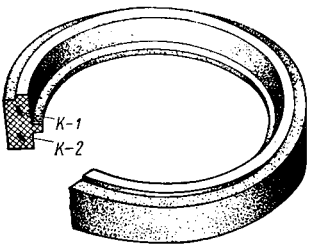
Фиг. 189. Чертеж соплового венца.



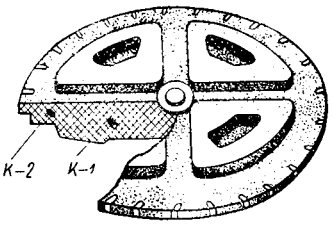
Фиг. 190. Стержень № 1 (низок); *К-1*, *К-2* и *К-3* — каркасы.



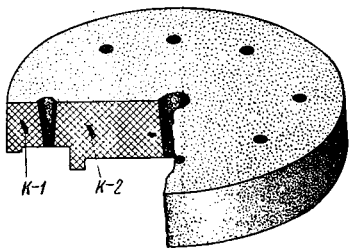
Фиг. 191. Стержень № 2 (кольцо лопаток); *К-1*, *К-2* и *К-3* — каркасы.



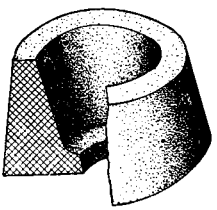
Фиг. 192. Стержень № 3 (кольцо габаритное); *К-1* и *К-2* — каркасы.



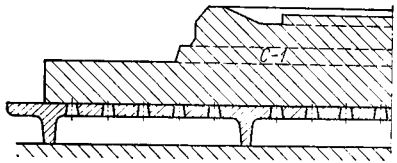
Фиг. 193. Стержень № 4 (звездочка); *К-1* и *К-2* — каркасы.



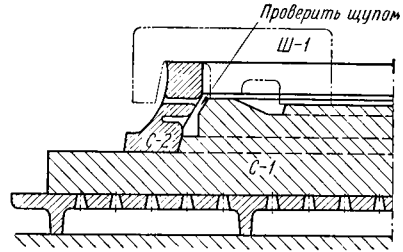
Фиг. 194. Стержень № 5 (верх); *К-1* и *К-2* — каркасы.



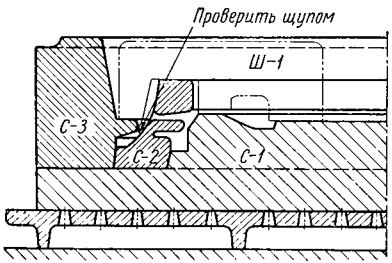
Фиг. 195. Стержень № 6 (литниковая чаша).



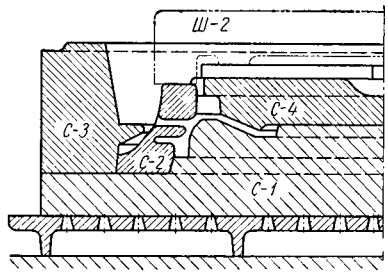
Фиг. 196. Установка стержня № 1.



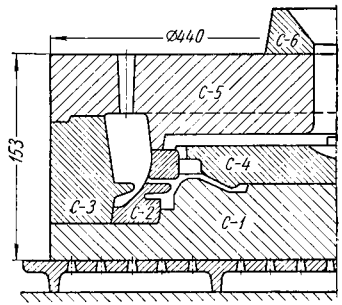
Фиг. 197. Установка на стержень № 1 стержня № 2; Ш-*1* — шаблоны № 1.



Фиг. 198. Установка на стержень № 1 с примыканием к стержню № 2 стержня № 3; Ш-*1* шаблон № 1.



Фиг. 199. Установка стержня № 4 на стержень № 1; Ш-*2* — шаблон № 2.



Фиг. 200. Установка стержня № 5 на стержень № 3.

литниковую чашу (стержень № 6) (фиг. 200); после этого остается надеть на форму жакет, нагрузить ее и залить жидким металлом

Рассматривая с технологической точки зрения формовку в стержнях, нетрудно заметить, что способ этот представляет собой не что иное, как процесс кусковой формовки, являющийся составной частью старой восковой формовки. В то же время нельзя не отметить и большой разницы, которая заключается в основных приемах оформления нового и старого способов. Если для изготовления кусковой формы для какой-либо статуи необходимо было участие высококвалифицированного мастера-формовщика, то при формовке в стержнях основная работа выполняется инженером-конструктором, который разрабатывает технологический процесс формовки в стержнях и соответствующие конструкции стержневых ящиков. Необходимо отметить, что способ формовки в стержнях может быть оправдан с экономической точки зрения только в условиях серийного или массового производства. В отдельных случаях способ формовки в стержнях, например, при отливке крупных и сложных по конфигурации деталей — цельнолитые паровозные рамы, отливаемые в моноблоке с цилиндрами, и т. п. — может оказаться наиболее выгодным вариантом даже в условиях малых серий, так как в этом случае отпадает необходимость в изготовлении дорогостоящих моделей и специальных опок; кроме того, уменьшаются и упрощаются транспортные операции и т. д.

Формовка в стержнях является особенно выгодной при изготовлении деталей со сложными внешними очертаниями, с большим количеством тонких различно ориентированных в пространстве ребер, например, авиадвигателей воздушного охлаждения и т. п. Формовка в стержнях широко применяется в сочетании с шаблонной и другими видами формовки. Дальнейшее развитие машиностроения, особенно в связи с развитием реактивной техники, предъявляет к литейному производству все более высокие требования в отношении повышения не только механических свойств, но и точности размеров и чистоты поверхности отливок. Применение в качестве конструкционного материала высоколегированных жаропрочных и сверхтвердых сплавов поставило перед литейщиками задачу получения деталей сложной конструкции повышенной точности и чистоты поверхности без их дальнейшей механической обработки. Она решена с помощью способа литья по выплавляемым моделям, который представляет собой современную модификацию способа восковой формовки. Перечень последовательности операций технологического процесса литья по выплавляемым моделям почти в точности повторяет операции восковой формовки, что подтверждается сопоставлением, приведенным в табл. 55.

Главное отличие нового метода от старого способа производства художественного литья заключается в том, что вместо изготовления каждый раз отдельной восковой модели (для чего требовались работники высокой квалификации, являющиеся специалистами по изго-

Таблица 55

Перечень технологических операций литья по выплавляемым моделям

Порядок операций	Способ литья	
	По выплавляемым моделям	Восковой
1	Изготовление эталона отливки	Изготовление гипсовой модели
2	Изготовление пресс-формы	Изготовление гипсовой формы
3	Отливки выплавляемой модели	Изготовление и отделка восковой модели
4	Изготовление литейной формы	Изготовление литейной формы
5	Выплавка модельного состава и прокаливание формы	Выплавка воска и прокаливание формы
6	Плавка металла и заливка формы	—
7	Выбивка отливки, удаление литников и очистка детали	—

товлению гипсовой формы, и участие самого скульптора при отделке восковой модели) применяют точно изготовленную пресс-форму, дающую возможность получать большое количество восковых моделей одинаковой точности; таким образом, основная работа по изготовлению формы передается конструктору-технологу.

Нанесение на выплавляемую модель специальной керамической обмазки дает возможность получать гладкую и чистую поверхность отливки.

Старинные, «дедовские» секретные рецепты изготовления формовочной смеси, переходящие из рода в род и давшие удовлетворительные результаты от случая к случаю, заменены процессами, точно разработанными на основе достижений современной науки. Они обеспечивают получение хороших результатов в массовом производстве. На помощь опыту старого ремесла пришла наука и открыла перед литейщиками новое поле деятельности.

§ 3. ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

На менее ярко выражена преемственность и постепенное совершенствование технологического процесса в развитии нового, прогрессивного способа — литья в оболочковые формы.

Обычная песчаная форма состоит из двух частей: внутреннего облицовочного слоя — оболочки, которая формирует отливку за период времени от заливки до выбивки, и внешнего наполнительного слоя, закрепляющего положение оболочки в форме.

Это деление имело место в старом способе восковой формовки статуй, в формовке колоколов (с применением рубашки) и при новом прогрессивном способе— литья по выплавляемым моделям.

Оболочка выполняет все основные функции литейной формы: выдерживает металлостатическое давление и термическое воздей-

ствие расплавленного металла и т. п., в то время как роль наполнительного слоя формы сводится лишь к фиксации положения оболочки в форме. Соотношение между объемами (толщиной) оболочки и наполнительного слоя никем и никогда не было определено в точности, но наполнительный слой обычно во много раз превышает облицовочный слой, что ведет к излишнему расходу формовочных материалов.

При литье по выплавляемым моделям оболочка формы образуется за счет твердения гелеобразного кремнезема при дегидратации кремневой кислоты, образующейся при гидролизе тетраэтилсиликата, применяемого в качестве крепителя. Оболочка, полученная таким способом, обладает высокой прочностью и жаростойкостью, что обеспечивает получение отливок повышенной точности и чистоты. При литье по выплавляемым моделям в качестве наполнителя применяют иногда сухой песок, что, по выражению проф. В. А. Ароновича, «подтверждает ведущее значение оболочки и в известном смысле паразитическую роль наполнителя»[1]. Отсюда понятно стремление литейщика избавиться в той или иной степени от применения наполнителя, который требует обновления, предварительной подготовки и транспортных операций.

Это стремление избавиться от применения наполнителя весьма отчетливо сказывается в процессе производства весьма крупных отливок, при так называемой формовке в стержнях, когда вместо обычных стержневых составов применяют фасонные цементные стержни. Для уменьшения расхода цемента и земли эти стержни изготовляют полыми (там, где это возможно) — это так называемые двухслойные цементные формы (стержни); толщина облицовочного цементного слоя у них достигает 40 *мм*, а наполнителем служит сухой песок. С этой точки зрения форму, получаемую при формовке в стержнях корпуса пропеллерного насоса (фиг. 188), можно рассматривать как оболочковую форму, где внутренние *1* и внешние *2* стержни являются как бы нижней и верхней оболочками, а болван и пространство между стенками ямы и внешними стержнями — наполнителем.

Наиболее ярко идея оболочковых форм выражена в новом способе литья с применением в качестве крепителя бакелита. Формовочные и стержневые смеси с такими крепителями позволяют получать формы и стержни с прочностью порядка 30—35 *кг/см*^{2}, а это дает возможность делать оболочки толщиной не более 4—6 *мм* (для небольших отливок), что резко снижает расход формовочных материалов.

Изготовление оболочковых форм

Процесс изготовления подобных оболочковых форм следующий. В качестве материала для оболочек (форм) берут мелкий кварцевый песок (маршалит), 7% крепителя, состоящего из 90% бакелита и 10%

[1] «Литейное производство» № 5, 1951.

гексаметилентетрамина (уротропин). Эту смесь засыпают в опоку на подогретую до 200° металлическую модель, и спустя 2—3 мин. на модели образуется прочная оболочка толщиной 5—6 *мм*. Затем оболочку передают в печь, подогретую до 300°С, и после 3-минутной выдержки оболочка приобретает окончательную прочность.

Готовые половинки формы (сболочки) соединяют по контрольным знакам, затем скрепляют и передают на заливку. В качестве наполнителя применяют или сухой песок, или чугунную дробь.

Преимущества данного способа следующие: 1) резко сокращается цикл изготовления формы; 2) уменьшается расход формовочных материалов; 3) создается экономия металла за счет точности отливки (0,05—0,06 *мм*); 4) уменьшается расход металла при механической обработке отливок; 5) получается более чистая поверхность отливок; 6) создаются благоприятные условия для механизации и автоматизации технологического процесса.

Основным недостатком этого способа является применение дефицитного и дорогого крепителя-бакелита, оно особенно сказывается при изготовлении крупных отливок. Поэтому при производстве тяжелых отливок весом более 5 *т* в качестве крепителя применяют жидкое стекло с последующей продувкой оболочки CO_2, что ускоряет процесс изготовления готовой оболочки, позволяя таким образом до известной степени сохранить основное преимущество оболочковых форм.

При изготовлении по такому способу оболочек (в стержнях) приходится применять металлические каркасы, конечно, значительно облегченной конструкции.

Подробности способа литья по выплавляемым моделям см. в разделе курса «Специальные виды литья».

ГЛАВА II

СПОСОБЫ ФОРМОВКИ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ ФОРМЫ, ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И КЛАССИФИКАЦИИ СПОСОБОВ ФОРМОВКИ

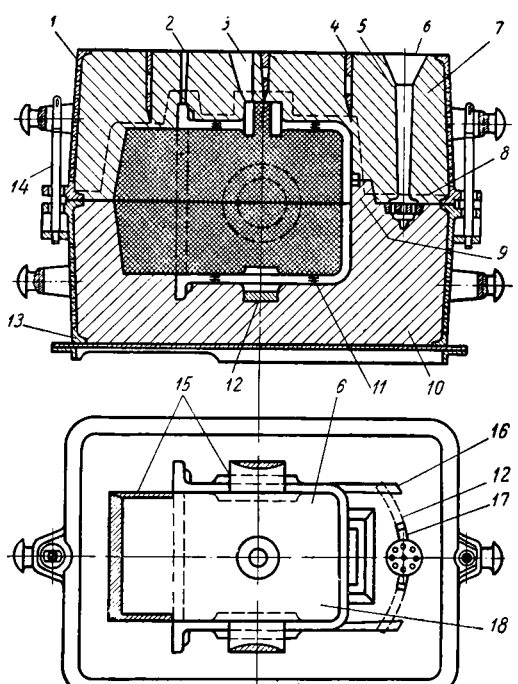
Процесс производства отливок состоит из следующих основных операций:

1. Изготовление формы для получения внешних, а иногда и внутренних очертаний детали.

2. Изготовление стержней, образующих внутренние очертания (пустоты, углубления, отверстия) отливки; реже стержни используются для получения внешних очертаний отливки.

3. Устройство литниковой системы для подвода металла в форму и питания отливки в процессе усадки.

4. Сборка отдельных элементов формы (спаривание верхней и нижней опок, установка и укрепление стержней, устройство литниковой системы, литниковых чаш, прибылей, выпоров, крепление и нагрузка форм).



Фиг. 201. Элементы литейной формы:

1 — верхняя опока; *2* — выпор, *3* — прибыль; *4* — крестовина; *5* — стояк; *6* — литниковая чаша; *7* — верхняя форма; *8* — фильтровальная сетка; *9* — болван; *10* — нижняя форма; *11* — жеребейка; *12* — кокиль-холодильник; *13* — нижняя опока; *14* — штырь; *15* — знак стержня; *16* — питатель; *17* — шлакоуловитель; *18* — стержень.

5. Заливка форм расплавленным металлом.

6. Выбивка формы после затвердевания отливки.

7. Отделка полученной отливки (очистка, обрубка, исправление дефектов, а иногда и термическая обработка).

Общее понятие о форме дает фиг. 201, на которой изображены верхняя *1* и нижняя *13* опоки, служащие для изготовления верхней *7* и нижней *10* половинок форм. Правильность положения одной

опоки относительно другой фиксируется штырями *14*. Внутренние очертания детали образуются при помощи стержней *18*, правильную установку которых обеспечивают знаками *15*, а в случае необходимости и жеребейками *11*. Для подвода металла в форму служит литниковая система, состоящая из литниковой чаши *6*, стояка *5*, фильтровальной сетки *8*, шлакоуловителя *17* и питателей *16*.

Для того чтобы повысить прочность (устойчивость против обвалов) формовочной массы в верхней опоке, где эта масса находится в подвешенном состоянии, верхнюю опоку, особенно при больших размерах, снабжают крестовинами *4*. В индивидуальном производстве для укрепления глубоко свисающих частей иногда применяют крючки, солдатики и т. п.

В тех случаях, когда можно избежать применения стержней и образовать то или иное углубление или выступ отливки, находящиеся вне плоскости разъема, прибегают к устройству из той же формовочной массы подрезки, причем стремятся образовавшийся болван *9* расположить в нижней опоке. В массивных частях отливки, расположенных так, что на них нельзя расположить прибыль *3*, помещают кокиль-холодильник *12*, назначение которого — выравнивать скорость охлаждения толстой и тонкой частей отливки; применение холодильников надлежащего размера позволяет избежать образования усадочных напряжений и раковин в отливке.

Гораздо целесообразнее, однако, располагать массивные части отливки, когда это возможно, вверху, чтобы установить на массивной части отливки прибыль. По мере уменьшения объема массивной части отливки в результате усадки и, следовательно, по мере образования усадочной раковины прибыль питает отливку, т. е. жидкий металл из прибыли заполняет образующиеся в процессе усадки пустоты и неплотности, вследствие чего необходимо добиваться того, чтобы прибыль застывала позднее, чем отливка. Для получения здоровой отливки необходимо вывести из формы газы и неметаллические включения с этой целью устраивают выпоры *18*, устанавливаемые в наиболее высокой части отливки.

Формы, в зависимости от назначения и материала, из которого они изготовляются, делятся на:

1) р а з о в ы е, изготовляемые из песчано-глинистой смеси для каждой отливки заново и служащие один раз;

2) п о л у п о с т о я н н ы е, изготовляемые из высокоогнеупорных смесей и используемые под заливку неоднократно (50—200 раз) с незначительными исправлениями после каждой отливки;

3) п о с т о я н н ы е чугунные или из легированной стали, выдерживающие большое количество заливок без повреждения.

Полупостоянные и постоянные формы применяются в серийном и массовом производстве и преимущественно для сравнительно несложных и некрупных деталей.

Метод разовой формовки одинаково пригоден в условиях индивидуального, серийного и массового производства, для деталей любой сложности и размера.

При индивидуальном и мелкосерийном производстве формовку и выемку модели из формы производят преимущественно ручным способом.

При крупносерийном и массовом производстве применяют исключительно машинную формовку с механизированным уплотнением земли и выемкой модели из формы.

Для изготовления разовых форм, а также для стержней применяют формовочные и стержневые смеси, состоящие из сыпучих материалов, как-то: кварцевых песков, шамотной крошки, размолотых кварцитов и материалов с пластическими связующими в виде глины, глинистых песков, бентонита и различных органических примесей и добавок. Органическими добавками являются: патока, декстрин, масла растительные и минеральные, канифоль, сульфитный щелок, пек и т. п. Кроме того, для увеличения пористости и формовочных смесей добавляют в смесь опилки, торф, навоз, солому, кокс. Для уменьшения пригара земли к отливке используют примесь к формовочной земле молотого длиннопламенного каменного угля, а также древесного угля,

Если основным материалом формовочной земли является кварцевый песок, то такой метод формовки называют формовкой в землю (или формовкой в песок); в этом случае глина и глинистые пески, входящие в состав формовочной земли, служат только связующими веществами.

Если же глину добавляют не только как связующее вещество, но и для повышения прочности формовочной смеси, то такой способ называют формовкой в глине.

Для получения особо прочных форм в некоторых случаях вместо формовочных смесей в качестве основного материала используют строительный красный кирпич, покрытый сверху слоем глины. Этот способ называют формовкой по кирпичу. Если отделанная и собранная форма поступает под заливку без подсушивания, такой метод изготовления называют сырой формовкой или формовкой по-сырому.

Если же форма до сборки под заливку предварительно сушится, то такой метод называют сухой формовкой (формовкой по-сухому).

Независимо от состава формовочной смеси и способа заливки в сырую или сухую форму, в практике литейного производства применяются следующие основные способы формовки:

1) формовка по моделям;
2) формовка по шаблону;
3) формовка в стержнях (без модели).

Выбор того или иного способа формовки зависит от особенностей наружного и внутреннего очертания отливаемой детали, а также ее размеров и степени серийности. Для заполнения формы расплав-

ленным металлом и питания отливки в процессе усадки служит литниковая система, основные элементы которой — литниковая чаша, стояк, сетка, шлакоуловитель и питатели.

После заливки формы жидким металлом и затвердевания отливки следуют выбивка отливки из формы, очистка ее, обрубка заусенцев и заливов в ней, исправление дефектов, а в некоторых случаях и термическая обработка (стальное литье и ковкий чугун).

§ 2. РУЧНАЯ ФОРМОВКА

Наиболее широкое распространение в литейном производстве получила формовка по модели, так как она одинаково пригодна при литье самых разнообразных деталей, любой сложности, размеров и веса.

Формовка по модели в зависимости от конструкции детали, веса и условий производства осуществляется или в почве, или в опоках двойных, тройных и т. п.

Формовка в почве

Этот способ применяется преимущественно для отливки деталей, к которым не предъявляют особых требований в отношении точности и чистоты наружной поверхности. Различают почвенную формовку по мягкой и твердой постели в открытую форму или с перекрышей соответственно для мелкого или крупного литья.

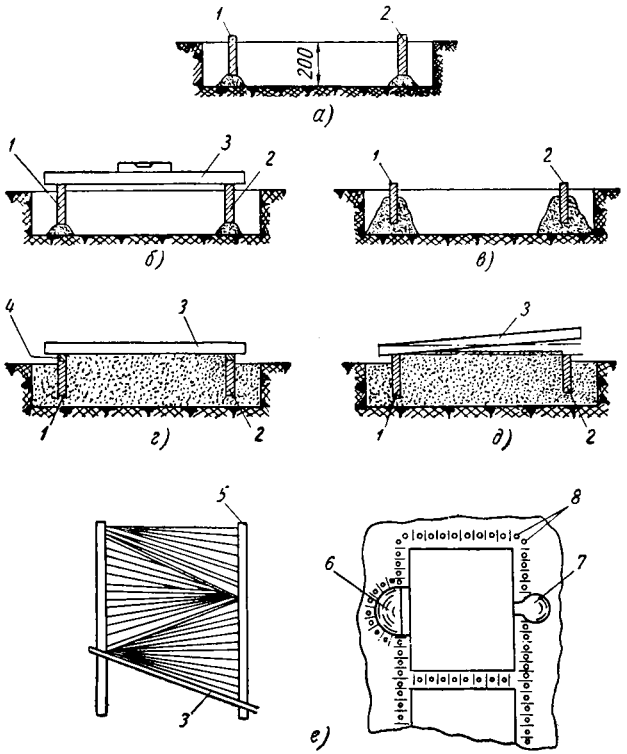
Формовка по мягкой постели

По этому способу формуют в открытой форме по неразъемной модели или с применением верхней опоки (с перекрышей).

Схема приготовления мягкой постели показана на фиг. 202. В полу литейной вырывают яму глубиной около 200 *мм* (фиг. 202); на дно этой ямы насыпают четыре кучки земли, а на них ставят два бруска *1* и *2* (фиг. 202, *а*), затем насыпают землю и уплотняют ее вдоль всей длины брусков до самого верха. Бруски *1* и *2* устанавливают на одной высоте в строго горизонтальном положении с помощью линейки *3* (фиг. 202, *б* и *в*). После этого пространство между брусками заполняют наполнительной землей (фиг. 202, *г* и *д*) до верхней их кромки и приглаживают линейкой *3*. После этого, просеивая через мелкое сито наполнительную землю, насыпают ее слоем толщиной 10 *мм* и более (в зависимости от требуемой плотности земли). На бруски *1* и *2* кладут планки *4* (фиг. 202, *г*) толщиной 10 *мм* и линейкой *3* приглаживают землю по высоте планки *4*; затем убирают планку *4* и линейкой *3* уплотняют землю до уровня верхней кромки брусков *1* и *2* (фиг. 202, *д*).

Полученную таким образом поверхность приглаживают линейкой *3*, опираясь на рейки *5*, и насыпают на приглаженную поверхность слой облицовочной земли, просеивая ее через мелкое сито.

Нанеся слой облицовочной земли толщиной 2—3 *мм*, его снова приглаживают при помощи гладилки. Модель легкими ударами деревянного молотка равномерно осаживают, соблюдая горизонтальное положение верхней поверхности модели. Затем прорезают на поверх-

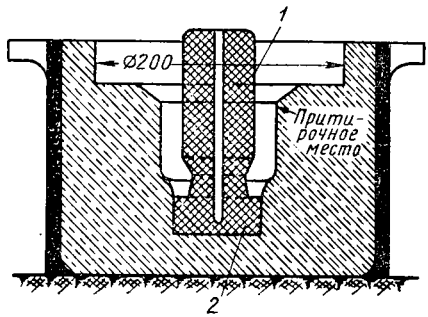


Фиг. 202. Формовка в почве по мягкой постели.

ности постели литниковую чашу *6*, питатели и сливной резервуар *7* и накалывают вентиляционные каналы *8* (фиг. 202, *е*). Для того чтобы обеспечить получение здоровой, без раковин и шлаковых включений, верхней поверхности, последнюю сразу же после заполнения формы металлом засыпают древесноугольным порошком и непосредственно вслед за этим сухой формовочной землей; теплота от сгорания угольной пыли замедляет остывание отливки, способствуя тем самым всплыванию газовых и шлаковых включений.

При отливке деталей в почве с сильно развитой горизонтальной поверхностью, но с применением верхней, перекрывающей опоки,

получить здоровую, без газовых раковин, верхнюю поверхность невозможно; верхняя поверхность в этом случае получается более гладкой и чистой, но с подкорковым слоем газовых раковин. Эти раковины могут быть удалены при механической обработке, для чего необходим достаточный припуск на обработку.



Фиг. 203. Формовка в почве сальника регулятора.

На фиг. 203 приведен пример отливки сальника регулятора в открытую форму. Стержень *1* имеет внизу уширение *2* для того, чтобы увеличить устойчивость и предохранить его от всплывания, а также предохранить дно формы от разрушения струей пылающего металла. Отливка обрабатывается со всех сторон.

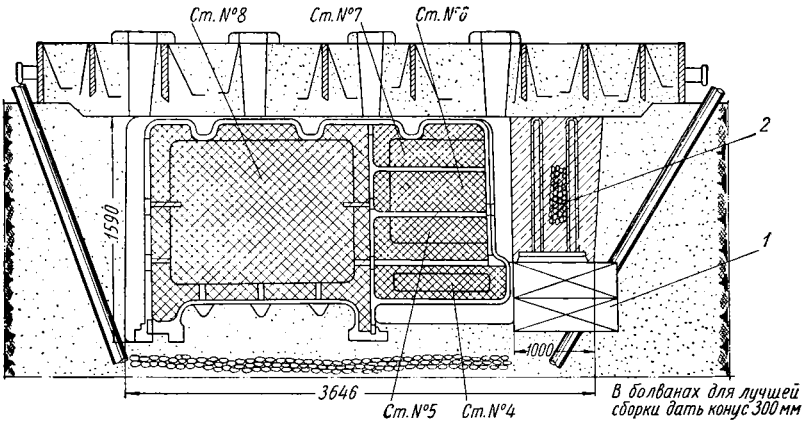
Формовка по твердой постели

При отливке в почве высоких и крупных деталей формовка по мягкой постели является непригодной вследствие недостаточной прочности и газопроницаемости. В этих случаях применяется формовка по твердой постели, которую устраивают следующими способами: так же как и в первом случае, вырывают яму, глубина которой должна превосходить высоту модели на 300—400 *мм*. На слегка увлажненное и сильно уплотненное дно ямы насыпают слой кокса или гари (размер кусков 50—70 *мм*) толщиной 100—250 *мм*. Слой этот также сильно уплотняют и пересыпают сверху более мелким коксом, который слегка утрамбовывают и покрывают сверху соломой или рогожами. Для вывода газов устанавливают трубы, выходящие верхним своим концом несколько выше уровня пола литейной.

Устройство твердой постели для отливки опоры весом 9,5 *т*, размером 3640 × 1590 *мм* приведено на фиг. 204. Размер ямы 4200 × ×4200 × 2100 *мм*.

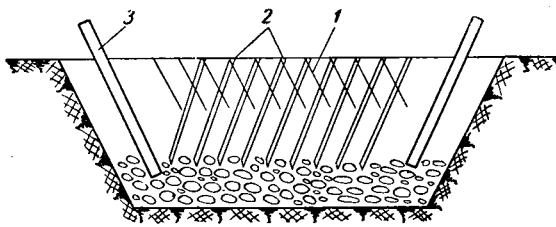
Между коксовым слоем и моделью формовочная земля должна быть хорошо провентилирована при помощи наколов шпильками. Твердая постель показана на фиг. 205.

Верхнюю плоскость формы перекрывают опокой, в которой расположена литниковая система.



Фиг. 204. Устройство твердой постели для крупной формы:
1 — груз; *2* — болван.

Применение формовки с твердой постелью оправдывается при индивидуальном и мелкосерийном производстве, так как это дает следующие преимущества: экономию на изготовлении нижней опоки,



Фиг. 205. Устройство вентиляционных каналов в твердой постели
1 и *2* — вентиляционные каналы большого и малого диаметра
3 — трубы для вывода газов.

что при крупных отливках является весьма существенным, и экономию на транспортных операциях. Такая формовка требует особо тщательной сборки во избежание неточности при накрывании верхней опоки.

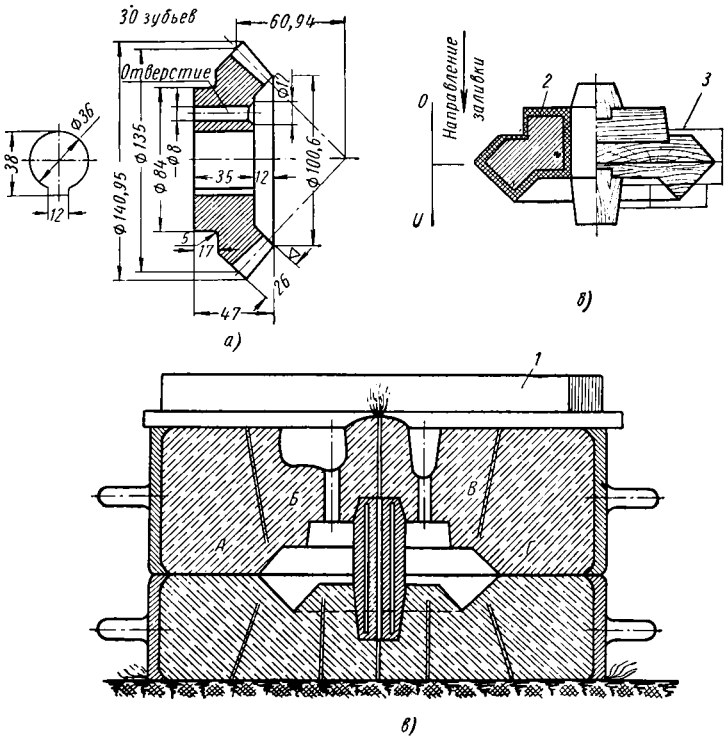
Формовка по модели в опоках

Наибольшее распространение получила формовка деталей по модели в опоках, причем чаще всего формуют в двух опоках, реже — в трех и более опоках.

Большей частью формуют по разъемным моделям и очень редко по неразъемной модели.

Формовка с фальшивой опокой

По этому способу формуют по неразъемной модели в условиях индивидуального производства или для ремонтных целей.

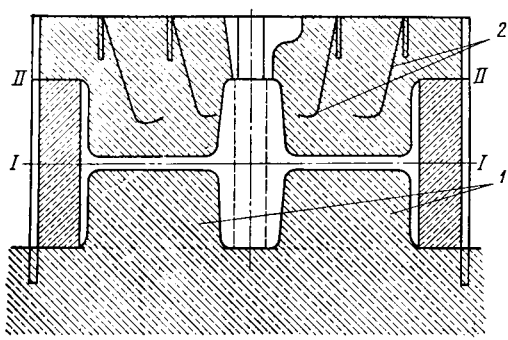


Фиг. 206. Формовка с применением фальшивой опоки:

а — чертеж детали, *б* — модель; *в* — собранная форма; *1* — груз; *2* — схема модели *3* —конструкция модели.

На фиг. 206 показана формовка конической шестерни с применением фальшивой опоки. Порядок работы следующий:

1. Берут опоку и ставят ее на подмодельную плиту разъемом кверху и вырезают в ней углубление до линии разъема *АБВГ*, куда вкладывают модель или деталь с соответствующей поверхностью; следовательно, назначение фальшивой опоки состоит в том, чтобы образовать фасонную линию разъема. Линию разъема посыпают разделительным песком. На фальшивую опоку со вложенной в нее моделью ставят нижнюю опоку, затем заполняют ее формовочной землей, уплотняют, счищают излишек земли, вентилируют и пере-



Фиг. 207. Формовка шкива на съеме.

вертывают. После этого разрушают фальшивую опоку и ставят верхнюю опоку на нижнюю, устанавливают литники, наполняют землей и уплотняют.

После этого снимают верхнюю опоку, удаляют модель, вставляют стержень и собирают опоку для заливки.

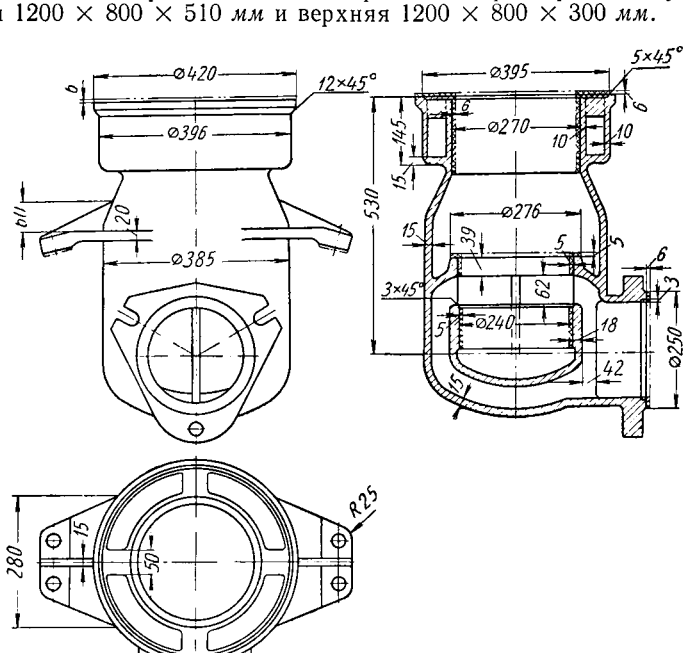
Если потребность в подобных отливках сравнительно большая, то выгоднее вместо изготовления каждый раз фальшивой опоки сделать гипсовую подмодельную плиту, которая дает необходимую при формовке в двух опоках линию разъема.

Подобный способ формовки часто встречается при выполнении ремонтных работ (формовка шкива на съеме). Пусть требуется отлить новый шкив по поврежденному ременному шкиву, диаметр которого 1,5 *м*, ширина обода 400—500 *мм*, а толщина обода около 15 *мм* (фиг. 207). Главное затруднение при формовке подобной детали по неразъемной модели (а шкив, по которому надлежит отлить новую деталь, является в данном случае моделью) состоит в том, что если каким-либо образом, особенно при выемке высокой модели, будет повреждена поверхность обода, то при формовке в двух опоках исправить повреждение невозможно. Для того чтобы избежать этого, формовку ведут следующим образом: сначала в почве или в отдельной опоке набивают земляной болван *1* до средней линии спиц (плоскость *I — I*, фиг. 207).

Болван приглаживают и посыпают разделительным песком, после чего на него ставят опоку и, если она выше шкива, ее осаживают до тех пор, пока плоскости их не совпадут (линия *II — II*). Установив таким образом опоку, приступают к набивке земляного кольца вокруг обода. Верхнюю поверхность кольца приглаживают и посыпают разделительным песком, после чего накладывают верхнюю опоку, ставят литники, засыпают формовочную землю и уплотняют ее. Свешивающийся болван укрепляют крючками *2*.

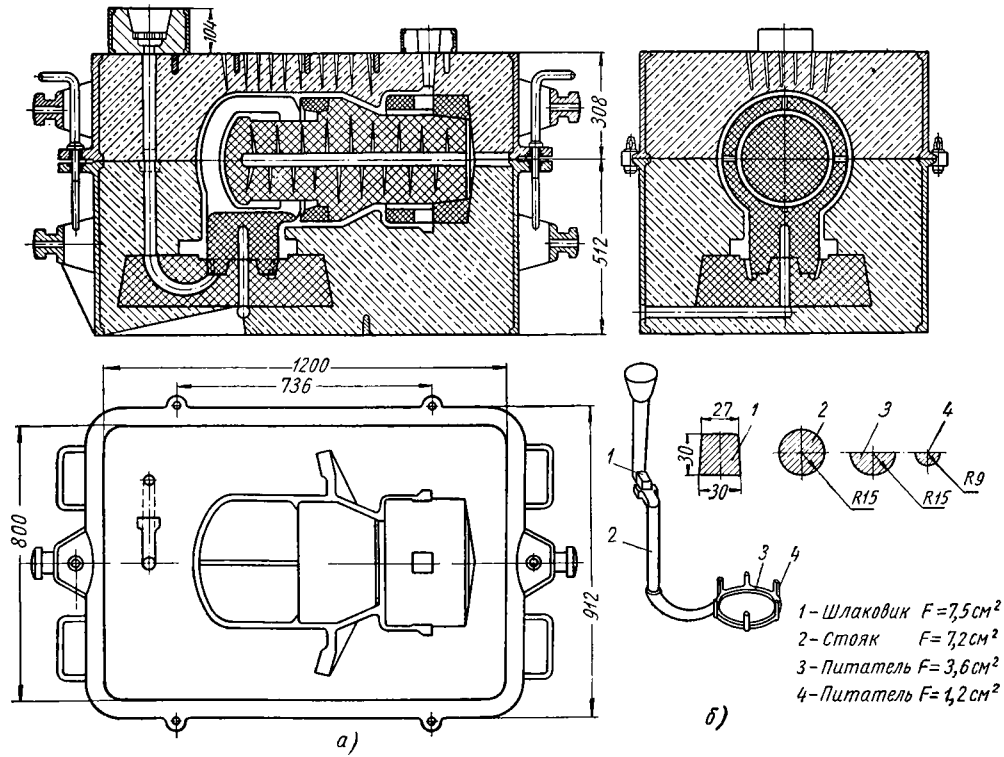
Формовка в двух опоках с прямолинейным разъемом

Формовку детали «нижняя часть корпуса клапана» (фиг. 208) выполняют в парных опоках, которые имеют размеры в свету: нижняя 1200 × 800 × 510 *мм* и верхняя 1200 × 800 × 300 *мм*.



Фиг. 208. Чертеж детали «нижняя часть корпуса клапана».

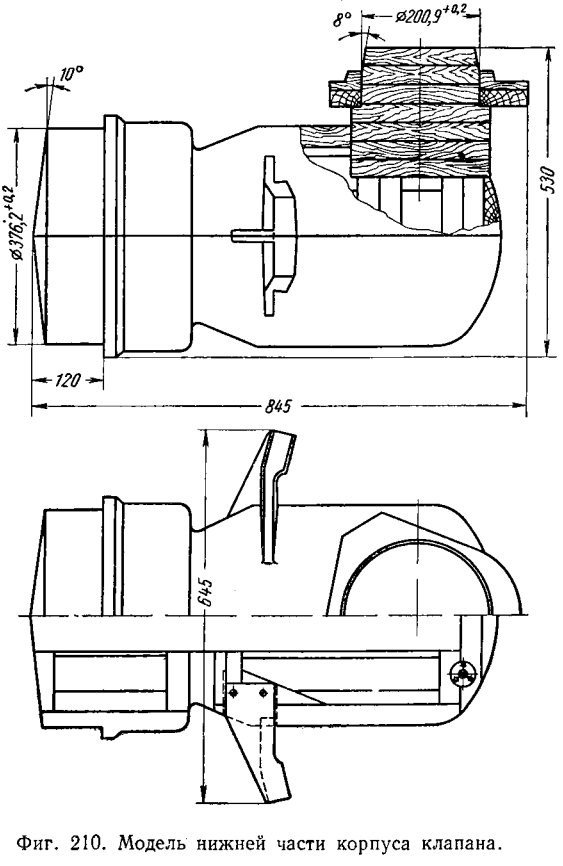
Для простоты формовки и сборки формы деталь располагают в форме горизонтально, нижним фланцем вниз, совмещая плоскость разъема с плоскостью симметрии детали относительно крепежных лапок (фиг. 209). Подобное положение детали позволяет максимально упростить сборку стержней, а подвод металла снизу обеспечит



Фиг. 209 Схема формовки нижней части корпуса клапана:

а — три проекции формы; *б* — литниковая система.

плавное и лучшее заполнение формы расплавленным металлом. На фиг. 210 изображены модель корпуса, а на фиг. 211 — стержневые ящики № 1, 2, 3, 4 и 5. Порядок работы: на подмодельную доску ставят верхнюю половину модели и нижнюю опоку и последнюю



Фиг. 210. Модель нижней части корпуса клапана.

уплотняют; набитую опоку перевертывают, поверхность ее зачищают, посыпают разделительным песком; затем ставят нижнюю половину модели, устанавливают модели литников и выпоров и верхнюю опоку, после чего приступают к уплотнению последней.

Затем опоки раскрывают и из них удаляют модели. Половинки формы отделывают, в нижнюю опоку вставляют стержни, после чего

ее накрывают верхней опокой, на которой устанавливают две небольшие дополнительные опоки — одну для литниковой чаши, другую для выпора.

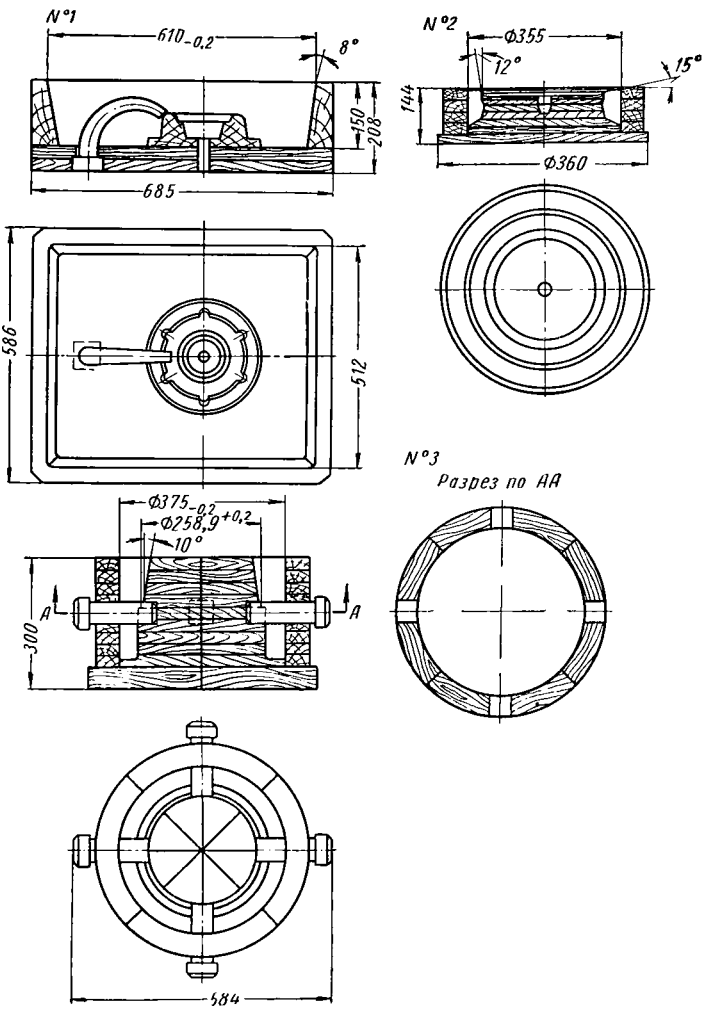
Формовка с отъемными кусками и отъемными частями модели

Иногда конструкция детали имеет резко выступающие части, которые делают невозможным удаление модели из формы. В подобных случаях приходится прибегать к формовке с отъемными кусками или же делать модель с отъемными частями. На фиг. 212, *а* изображен консольный подшипник с выступом *1*, не позволяющим вынуть модель из формы. При помощи фальшивой опоки формуют нижнюю опоку до средней линии подшипника (фиг. 212, *б*). От верхнего края опоки делается подрезка; землю из-под выступа выгребают, а всю поверхность опоки и полочки консоли подшипника посыпают разделительным песком. Затем из формовочной массы формуют отъемный кусок *2*, выполняющий поднутрение к выступу *1* (фиг. 212, *б*); он может быть отодвинут в сторону (фиг. 212, *в*), так что препятствие для удаления верхней опоки будет устранено и, следовательно, линия разъема между верхней и нижней опоками вместо прямолинейной окажется криволинейной. После того как изготовлен и отделен кусок *2*, поверхность его посыпают разделительным песком и приступают к изготовлению верхней опоки, которую после надлежащего уплотнения снимают, причем отъемный кусок *2* остается в нижней опоке. При помощи вилки *3* кусок отодвигают вправо (фиг. 212, *в*) и вкладывают в соответствующую полость в верхней опоке, где его закрепляют при помощи шпилек *4* (фиг. 212, *г*). Затем форму отделывают, прорезают литники и собирают под заливку.

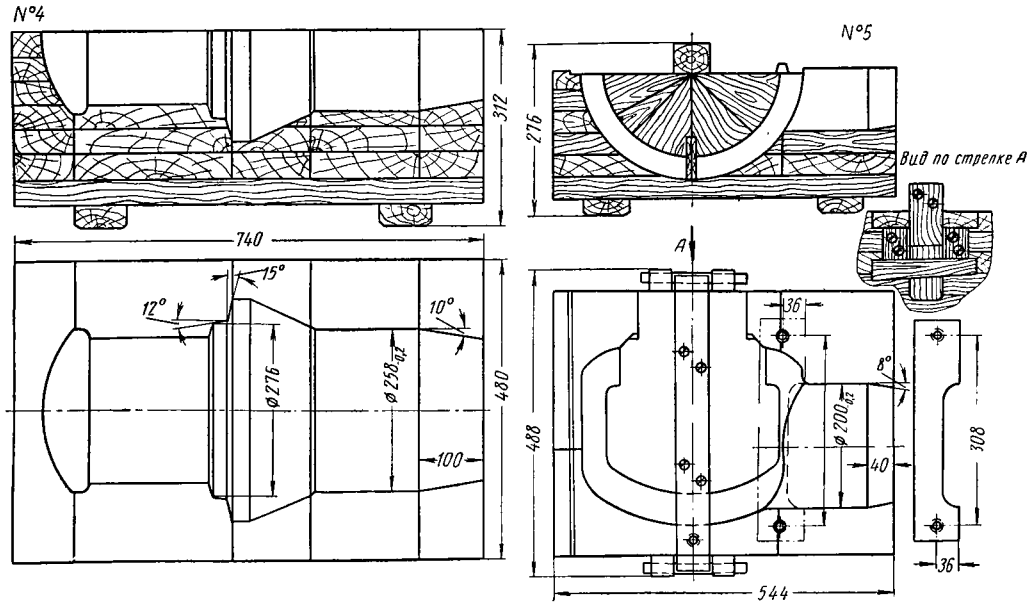
При более сложной конструкции отливки число кусков может быть весьма значительным, поэтому расположение их, а также изготовление требуют большого опыта.

На фиг. 213, *а*, *б*, *в* и *г* представлена схема изготовления кусков *1*, *2* и *3*; кусок *1* может быть удален только при движении влево при помощи вилки *5*, а кусок *3* может быть удален лишь после того, как будет отодвинут кусок *2*. Следовательно, после изготовления нижней опоки и соответствующего количества кусков на нижнюю опоку ставят верхнюю опоку и уплотняют ее, посыпав предварительно поверхность формы и кусков разделительным песком или ликоподием. После уплотнения верхнюю опоку снимают, вынимают из нижней опоки куски, отделывают и вкладывают их в соответствующие углубления в верхней опоке и укрепляют шпильками (фиг. 213, *г*)

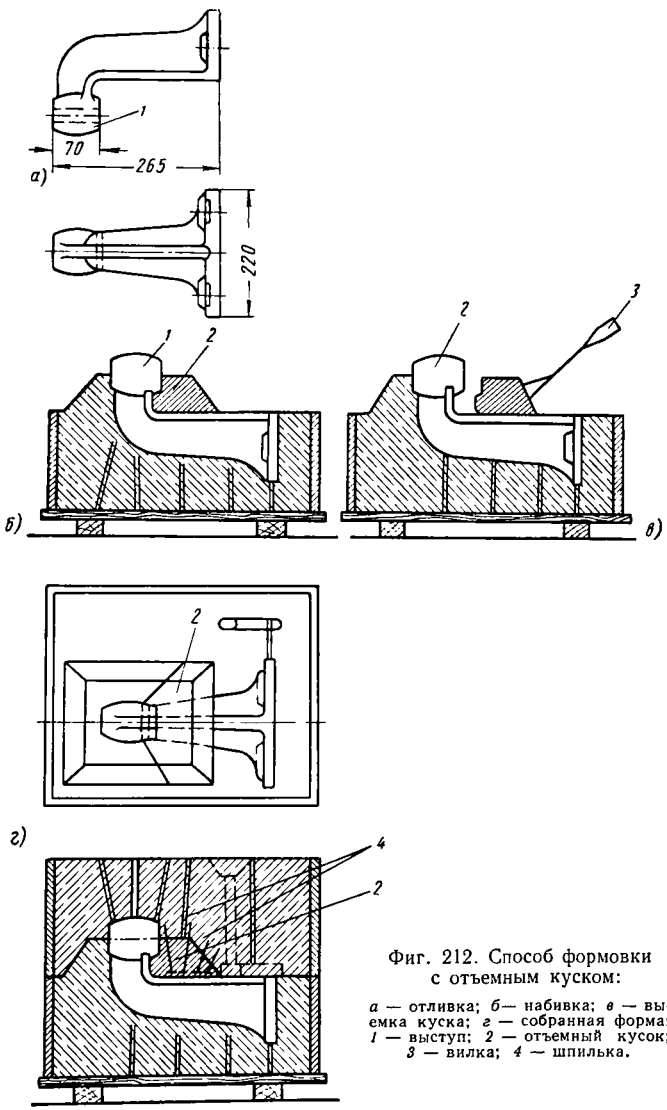
К фасонной линии разъема приходится прибегать и в тех случаях, когда очертания модели не позволяют осуществить легкий и свободный разъем заформованных опок. Такой случай формовки показан на фиг. 214, на которой изображена формовка станины токарного станка с подрезкой в трех опоках; подрезка по линии разъема *вг*


N°1
610-0,2
8°
150
208
685
586
512
N°2
Ф355
12°
15°
144
Ф360
N°3
Разрез по АА
Ф375-0,2
Ф258,9+0,2
10°
A
A
300
584

Фиг. 211.

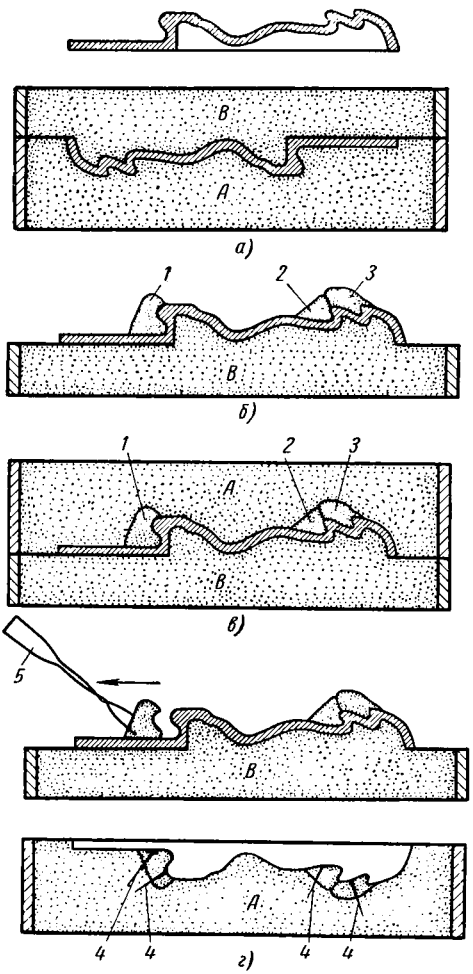


Фиг. 211. Стержневые ящики № 1, 2, 3, 4 и 5 корпуса клапана.



Фиг. 212. Способ формовки с отъемным куском:

а — отливка; *б*— набивка; *в* — выемка куска; *г* — собранная форма; *1* — выступ; *2* — отъемный кусок; *3* — вилка; *4* — шпилька.

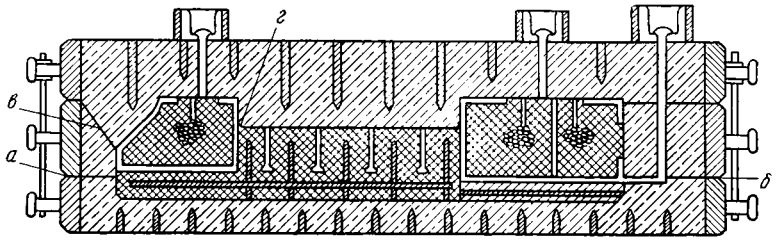


Фиг. 213. Схема формовки барельефа с отъемными кусками:

А — верхняя опока, *В* — нижняя опока; *а* — *д* — последовательность операции изготовления отъемных кусков *1—3*; *4* — шпильки, *5* — вилка.

сделана для облегчения сборки и проверки правильности расположения стержней, что было бы затруднительно выполнить при формовке в двух опоках с линией разъема по *аб*.

Формовка с отъемными кусками и с подрезкой отнимают много времени и экономически может быть оправдана только в условиях индивидуального производства. При переходе на серийное производство выгоднее применять в подобных случаях модели с отъемными



Фиг. 214. Формовка в трех опоках с подрезкой.

частями, примером чего может служить формовка колпака, представленная на фиг. 215. Порядок работ при формовке колпака следующий.

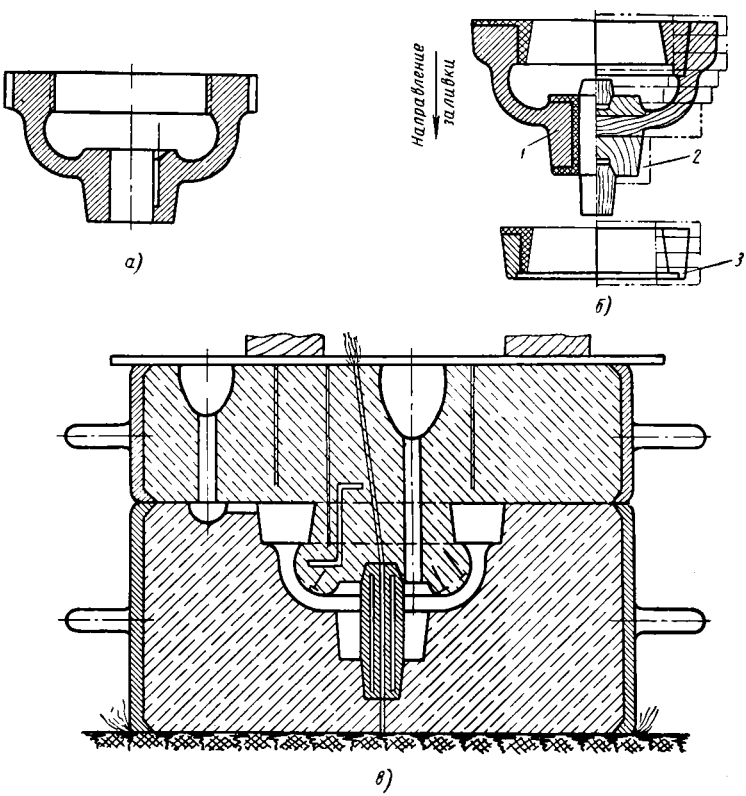
1. Изготовление нижней опоки. Поставить модель гладкой плоскостью на подмодельную плиту, накрыть нижней опокой, засеять облицовочную землю и обжать ее; вынуть гвозди из отъемных частей, насыпать и уплотнить наполнительную землю, после чего очистить излишек земли и наколоть душником газовые каналы. Затем перевернуть нижнюю опоку, посыпать разделительным песком и поставить модели литников.

2. Изготовление верхней опоки. Поставить на нижнюю опоку верхнюю, заполнить землей, поставить крючки, уплотнить и провентилировать форму.

3. Отделка формы. Раскрыть опоки, прорезать литниковые ходы, вынуть модель, прошпилить гвоздями и вынуть отъемные части модели, после чего отделать форму и собрать ее для заливки.

Чем сложнее конструкция отливки, тем большее количество отъемных частей приходится делать, как это, например, видно на фиг. 216, *а — д*, где даны типы отъемных частей на моделях, а стрелки обозначают направление их извлечения. Формовка по модели и с отъемными частями резко снижают производительность формовщиков, так как на удаление из формы отъемных частей и отделку формы тратится много времени, вследствие чего этот способ формовки может быть оправдан только в условиях мелкосерийного производства.

Насколько упрощается процесс формовки при замене отъемных кусков модели стержнями (кусками), видно на фиг. 216, *г* и *д*; для того чтобы отформовать деталь, показанную на фиг. 216, *г*, необходимо выполнить модель с отъемными кусками B_1, B_2, B_3, B_4. Линия разъема модели AA.



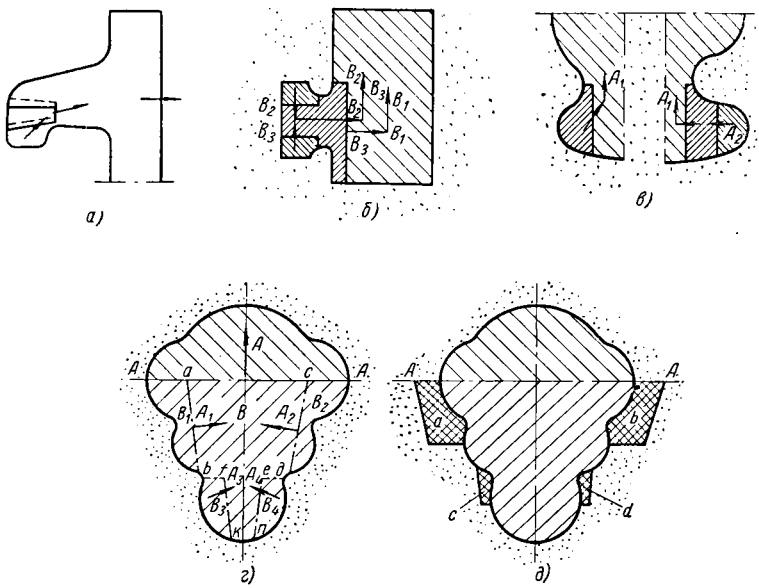
Фиг. 215. Формовка по модели с отъемной частью:

а — чертеж детали; *б* — модель; *в* — собранная форма; *1* — схема модели; *2* — конструкция модели; *3* — отъемное кольцо.

Верхняя опока после уплотнения в ней формовочной смеси может быть легко снята, после чего верхняя часть модели свободно снимается по направлению стрелки A.

Модель из нижней опоки удаляется более сложным путем: сначала удаляется центральная основная часть нижней половинки

модели, имеющей очертания *abfknedc*; эта часть модели удаляется из формы по вертикали вверх. Затем оставшиеся в форме отъемные части модели постепенно извлекаются из формы: отъемная часть B_1 — по направлению стрелки A_1, часть B_2 — по направлению стрелки A_2, B_3 — по направлению стрелки A_3 и B_4 — по направлению стрелки A_4. Эти операции, естественно, требуют для выполнения



Фиг. 216. Типы отъемных частей модели.

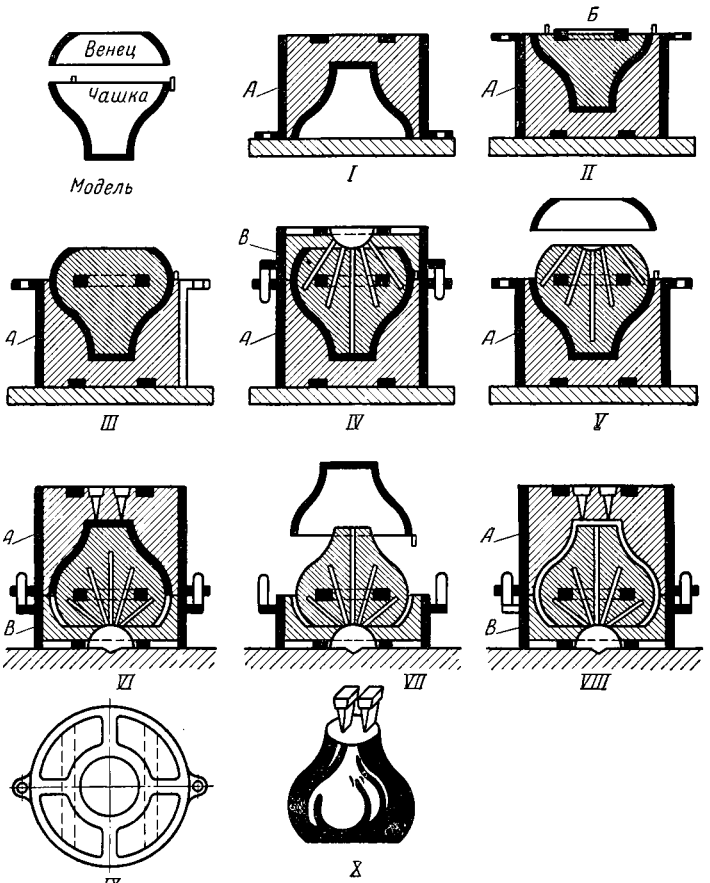
известного времени, к которому необходимо добавить еще и время, потребное на исправление повреждений в форме, полученных при извлечении отъемных частей модели.

Отказ от устройства отъемных частей модели и выполнение выступающих частей отливки при помощи стержней *a*, *b*, *c* и *d* (фиг. 216, *д*) в значительной степени упрощают технологический процесс формовки данной детали и резко сокращают время формовки; так же как и прежде, нижняя половина модели благодаря стержневым знакам формуется в один прием, так как при этом отпадает необходимость удаления модели по частям и извлечения отъемных частей модели. Отпадает также и необходимость осмотра и исправления частей формы, которые раньше образовывались отъемными частями.

Формовка с перекидным болваном

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства применяется способ формовки с перекидным болваном.

На фиг. 217 показана формовка горшка с перекидным болваном. Модель отливки состоит из двух частей — чашки и венца.



Фиг. 217. Формовка горшка с перекидным болваном.

Порядок работы следующий:

Положение *I*. Модель чашки ставят вверх дном на подмодельную плиту, затем накладывают опоку *А* и набивают ее формовочной землей.

Положение *II*. Отформованную опоку *А* переворачивают, набивают часть болвана и в качестве арматуры углубляют в болван до половины высоты чугунное кольцо *Б*.

Положение *III*. Ставят на чашку венец и заканчивают изготовление болвана — до верхней кромки венца. Плоскость разъема опоки и верхнюю плоскость болвана посыпают разделительным песком.

Положение *IV*. Ставят нижнюю опоку *В*, уплотняют ее и вентилируют.

Положение *V*. Снимают опоку *В* и удаляют венец.

Положение *VI*. Опоку *В* ставят снова на опоку *А* и обе опоки перевертывают.

Положение *VII*. В верхней опоке *А* ставят два клиновидных литника, после чего снимают опоку *А* и удаляют модель чаши.

Положение *VIII*. На нижнюю опоку *В* ставят опоку *А* и собирают форму для заливки.

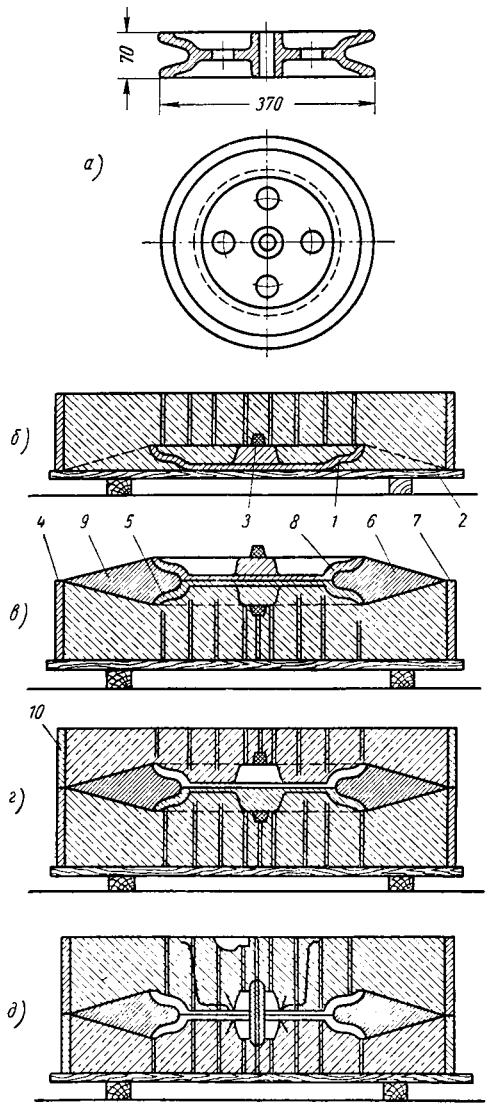
Следовательно, при переворачивании опок болван последовательно ложится то на модель чашки (положение *V*), то на нижнюю опоку (положение *VI*). На фиг. 217 показан также вид на форму снизу (положение *IX*) и горшок с неотбитыми литниками (положение *X*).

Другой пример формовки с перекидным болваном показан на фиг. 218. Модель веревочного блока (фиг. 218, *а*) делится на две равные части. Порядок работы следующий: половину модели *1* кладут на подмодельную плиту *2*, на ступицу блока ставят модель стояка *3*, после чего ставят и уплотняют верхнюю опоку (фиг. 218, *б*). Вынув модель стояка, накрывают верхнюю опоку деревянным щитком и перевертывают опоку вместе с подмодельной плитой, которую тотчас же снимают.

Чтобы сделать возможным удаление модели из формы, по всей окружности блока делают подрезку по линии *4—5—6—7* (фиг. 218, *в*) и посыпают образовавшуюся поверхность разделительным песком.

После этого ставят вторую половину модели *8* и набивают полость подрезки (перекидной болван *9* — кольцо). Верхнюю плоскость кольца приглаживают гладилкой и посыпают разделительным песком; полученное таким образом кольцо называется перекидным болваном.

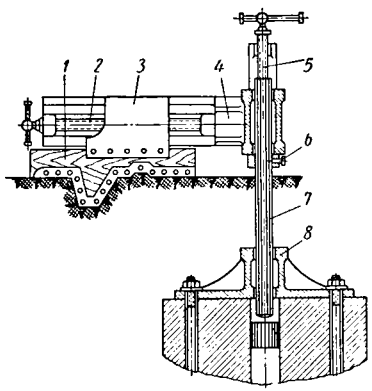
Затем ставят на верхнюю опоку нижнюю опоку *10* (фиг. 218, *г*), заполняют ее формовочной землей и уплотняют. Заформованную нижнюю опоку поднимают и удаляют половину модели, после чего нижнюю опоку ставят на прежнее место (фиг. 218, *г*); затем обе опоки переворачивают на 180%, снимают верхнюю опоку и удаляют вторую половину модели (фиг. 218, *д*) и накрывают верхней опокой нижнюю. Такой способ формовки применяют для небольших отливок, опоки которых может перевернуть один рабочий. В условиях средне- и крупносерийного производства этот способ формовки является невыгодным и заменяется формовкой в двух опоках со стержнем; стоимость изготовления стержневых ящиков быстро окупается вследствие удешевления формовочных работ и повышения производительности.



Фиг. 218. Формовка блока с перекидным болваном.

Формовка по шаблону

Сущность шаблонной формовки заключается в том, что очертания формы получаются при помощи профильных досок-шаблонов, которые выгребают формовочный материал, предварительно уплотненный, или же последний накладывают около шаблона, вращающегося вокруг оси или движущегося по направляющим. Следовательно, формовкой по шаблону можно изготовлять формы для тел вращения цилиндров, труб, втулок, шкивов, маховиков и т. п., а также для деталей, очертания которых могут быть получены при движении шаблона по направляющей линии (протяжные шаблоны).



Фиг. 219. Приспособление для вертикальной шаблонной формовки:

1 — формовочный шаблон; *2* — боковой винт; *3* — подвижной шаблонодержатель; *4* — рукав; *5* — упорный винт; *6* — упорное кольцо; *7* — шпиндель; *8* — башмак.

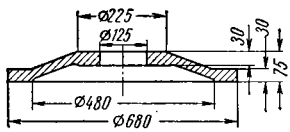
Преимущества шаблонной формовки заключаются в том, что в этом случае отпадает необходимость изготовления модели, которая при больших размерах отливки требует много времени и средств для изготовления при значительных эксплуатационных расходах на уход и ремонт. Изготовление же шаблона сбходится во много раз дешевле модели, а приспособления для шаблонирования требуют незначительных затрат.

Основным недостатком шаблонной формовки по сравнению с формовкой по модели следует считать потребность в формовщиках более высокой квалификации, а на изготовление формы при помощи шаблона затрачивается больше времени и, следовательно, форма обходится дороже.

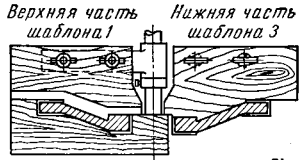
Вследствие этих соображений выбор между формовкой по модели и шаблонной формовкой решается технико-экономическим подсчетом и в каждом отдельном случае зависит от размера детали и количества требуемых отливок. Как правило, шаблонная формовка оправдывается при производстве небольшой серии крупных деталей, диаметром свыше 500 *мм*. Шаблонная формовка производится при помощи вращающихся шаблонов-вертикальных и горизонтальных, а также при помощи протяжных шаблонов.

Приспособление для вертикальной шаблонной формовки, наиболее распространенной в практике литейного производства, приведено на фиг. 219.

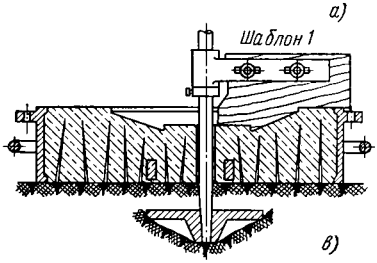
На фиг. 220 показана шаблонная формовка диска с применением контршаблона. Порядок работы следующий.



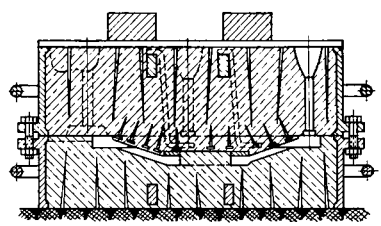
а)



Верхняя часть контршаблона б)

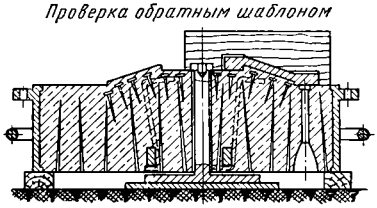


в)

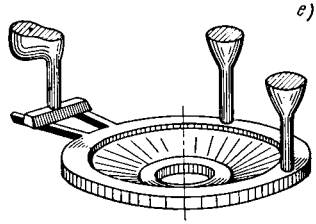


е)

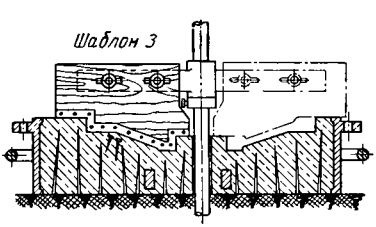
Проверка обратным шаблоном



г)



ж)



д)

Фиг. 220. Шаблонная формовка с применением контршаблона:

а — чертеж детали; *б* — схема шаблона; *в* — шаблонирование верхней части формы; *г* — набивка формы в верхней части; *д* — шаблонирование нижней части формы; *е* — собранная форма; *ж* — отлитая деталь.

Шаблоном *1* в предварительно уплотненной нижней опоке получают очертания внутренней кромки диска (шаблонирование верхней части формы).

Полученную поверхность посыпают разделительным песком и ставят на нижнюю опоку верхнюю; устанавливают модели литниковой системы, крючки для укрепления свешивающихся частей формы; насыпают и уплотняют формовочную смесь. Образовавшийся при помощи шаблона песчаный профиль в нижней опоке служит в этом случае моделью для получения очертаний верхней опоки.

Ввиду того что при относительно мягком, податливом материале, каким является песчаный профиль нижней опоки нельзя получить четких очертаний формы в верхней опоке, а следовательно, и отливки, необходимо сделать очертания фасонного профиля верхней опоки настолько четкими, чтобы обеспечить получение годной отливки. Это достигается применением контршаблона.

После отделки верхней опоки шаблоном *3* (фиг. 220, *г*) в нижней опоке снимают слой смеси, соответствующий толщине детали, образуется очертание внешней кромки диска; сгребают излишек земли и приглаживают, затем шаблоном *1* проверяют точность полученного профиля.

После этого следуют сборка и подготовка формы к заливке.

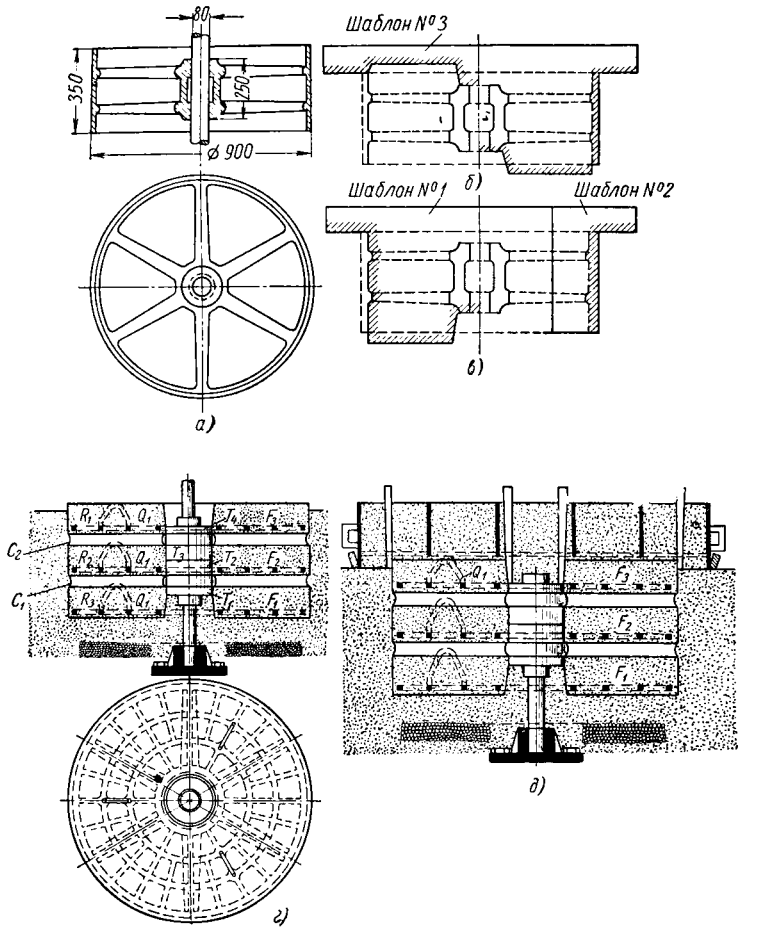
Формовка шкива с двумя рядами спиц

Для формовки шкива с двумя рядами спиц (фиг. 221, *а*) необходимы шаблоны № 1 и 2 (фиг. 221, *в*).

С помощью шаблона № 1 образуют внешнюю форму стержня; затем поверхность посыпают разделительным песком или обкладывают бумагой. После этого на дно формы насыпают слой земли толщиной около 50 *мм* и кладут на него решетчатый каркас R_3. Решетчатые каркасы R_2 и R_1 со скобами Q_1, служащими для их подъема, применяют в процессе дальнейшей формовки (фиг. 221, *г*). Их набивают землей до середины нижнего ряда спиц. Приглаживают горизонтальную поверхность прямым шаблоном и осаживают нижнюю часть втулки T_1, после чего намечают оси спиц, осаживают нижние половинки моделей спиц C_2 и отделывают плоскость разъема. Ставят на нижние половинки верхние половинки моделей спиц C_2 и модель T_2, после чего набивают средний стержень F_2, а затем верхний стержень F_3, который снаружи и сверху сбтачивают шаблоном № 3.

Вынимают шпиндель, закрывают получившееся отверстие, отделывают и посыпают песком или обкладывают бумагой поверхность разъема; ставят и набивают верхнюю опоку (фиг. 221, *д*).

Затем верхнюю опоку отнимают, землю вокруг стержня удаляют и поднимают за скобы Q_1 верхний стержень F_3, отделывают его и отправляют в сушку. Вынув затем модели спиц и втулки, таким же образом поднимают средний F_2 и нижний F_1 стержни. После этого шаблоном № 2 изготовляют внешнюю форму для обода, отделывают



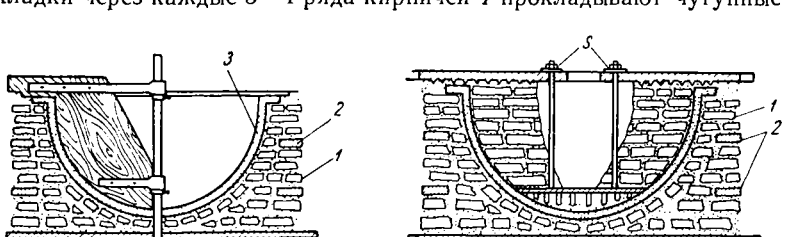
Фиг. 221. Чертеж шкива с двойным рядом спиц:

а — ременный шкив с двумя рядами спиц; *б* — шаблоны № 3 и 4; *в* — шаблоны № 1 и 2; *г* и *д* — формовка шкива с горизонтальным делением средней части; R_1, R_2 и R_3 — решетчатые каркасы; T_1, T_2 и T_3 — части модели втулки; F_1, F_2 и F_3 — стержни; Q_1 — скобы; C_1 и C_2 — спицы.

ее и сушат. Формы собирают следующим образом: сначала ставят стержень F_1, потом центральный стержень втулки, затем стержни F_2 и F_3 и накрывают последний верхней опокой.

Шаблонная формовка с применением глиняной рубашки

Этот способ формовки представляет собой упрощенное видоизменение формовки колоколов (см. § 1 «Кусковая формовка», часть II, глава I. «Возникновение и развитие основных приемов формовки»). Сущность его заключается в следующем. Выкладывают из кирпича нижнюю часть формы для котла (фиг. 222), причем для упрочнения кладки через каждые 3—4 ряда кирпичей *1* прокладывают чугунные



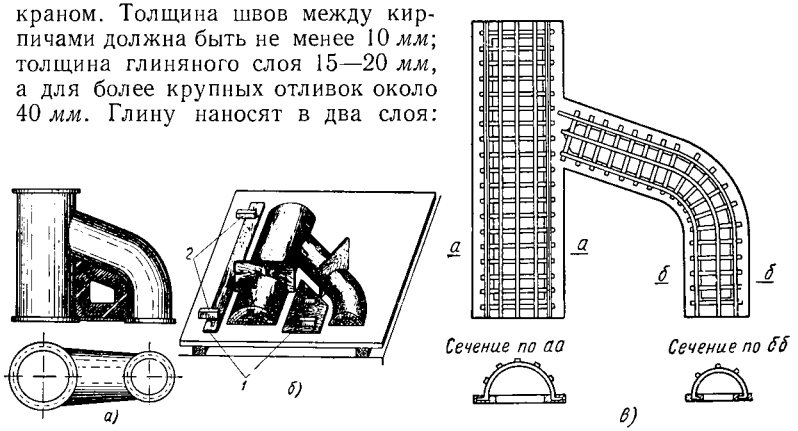
Фиг. 222. Формовка чугунного котла с применением глиняной рубашки.

кольца *2*. После нанесения шаблоном, соответствующим внешнему очертанию котла, слоя глины *3* и высушивания его смазывают поверхность формы жиром, после чего снова наносят слой глины такой же толщины, как и отливка, и форму сушат.

Таким образом делают глиняную модель отливки. Для тонкостенных котлов ограничиваются нанесением одного слоя глины, а для толстостенных котлов наносят несколько слоев, последовательно подсушивая каждый слой. Внутреннюю поверхность глиняной модели (по отношению к стержню она является стержневым ящиком) тщательно зачищают шкуркой и смазывают жиром. На дно глиняной модели наносят слой жирной глины, а на него кладут стержневой каркас-плиту с шипами внизу и с длинными анкерными болтами (фиг. 222, *б*), устанавливая по ватерпасу. На плиту кладут кирпичи, кладку не доводят до поверхности глиняной модели на 10—20 *мм*. Толщина швов кладки составляет 10—20 *мм*. На верхний ряд кирпичей и на поверхность фланца наносят толстый слой глины, который перекрывают чугунной плитой с шипами; эту плиту болтами *S* соединяют со стержневым каркасом. Стержень при помощи крана удаляют из формы, отделывают и сушат, а за это время из формы удаляют глиняную модель-рубашку, после чего форма готова к сборке. При формовке колоколов порядок работы был обратный:

сначала готовили стержень, на который наносилась глиняная модель колокола, а затем приступали к изготовлению формы-кожуха.

Формовка по шаблону в глине и в кирпиче применяется для крупных деталей, так как подобные формы выдерживают без повреждения большое давление столба расплавленного металла. Внешнюю часть формы-кожуха, а также и стержень выкладывают на чугунных плитах толщиной 75—80 *мм*; плиты снабжают петлями для захвата их краном. Толщина швов между кирпичами должна быть не менее 10 *мм*; толщина глиняного слоя 15—20 *мм*, а для более крупных отливок около 40 *мм*. Глину наносят в два слоя:



Фиг. 223. Формовка по шаблону стержня трубы с отводом (протяжной шаблон).

облицовочный слой из тощей глины с хорошей газопроницаемостью и слой, не соприкасающийся с отливкой из более жирной глины.

Для увеличения газопроницаемости в глину примешивают конский навоз, опилки, рубленую солому, молотый кокс и т. п.

Вместо формовки с применением глиняной рубашки, которая может быть оправдана только для единичных отливок, при серийном производстве применяют раздельную формовку стержня и кожуха.

Стержень в этом случае готовят путем нанесения глиняного слоя на особый чугунный каркас. Изготовление особого каркаса может быть оправдано только при серийном производстве.

В качестве примера формовки при помощи протяжных шаблонов рассмотрим формовку стержня для трубы с отводом, которая показана на фиг. 223, *а*.

Стержень, показанный на фиг. 223 *б*, изготовляют из двух половинок. На чугунной плите, покрытой тонким слоем высушенной глины, очерчивают габариты стержня и устанавливают направляющие доски *1* для шаблонов; на доски кладут груз *2*.

Стержни изготовляют полыми; для этого на плите из кирпичей и формовочной земли выполняют кладку, соответствующую форме стержня. На нее наносят тонкий слой глины и ставят стержневой

каркас (фиг. 223, *в*), поверх которого кладут слой тощей глины, тщательно приглаживаемый протяжным шаблоном. Изготовленные таким образом и высушенные половинки стержня покрывают слоем глины, равным толщине стенок отливки, подсушивают и далее сбе половинки стержня связывают проволокой за каркасы. Таким сбразом получается глиняная модель детали, по которой готовят форму-кожух, сушат ее, после чего, удалив глиняную рубашку, укрепляют в форме стержни и собирают ее под заливку.

Формовка по контрольным сечениям

Формовка по контрольным сечениям является одним из видоизменений шаблонной формовки с частичным применением формовки по модели (лапы, задний прилив, фланец).

Формовка детали спирального кожуха водяной турбины (фиг. 224). Предварительно заготовляют деревянную раму (фиг. 224, *б*), внутренний контур которой соответствует наружному контуру продольного сечения кожуха, включая и толщину стенки, а также частичные модели лап *1*, заднего прилива *2*, вставки *3* и фланца *4* и модели всех сечений кожуха (контрольные сечения); места контрольных сечений отмечаются рисками на рамке.

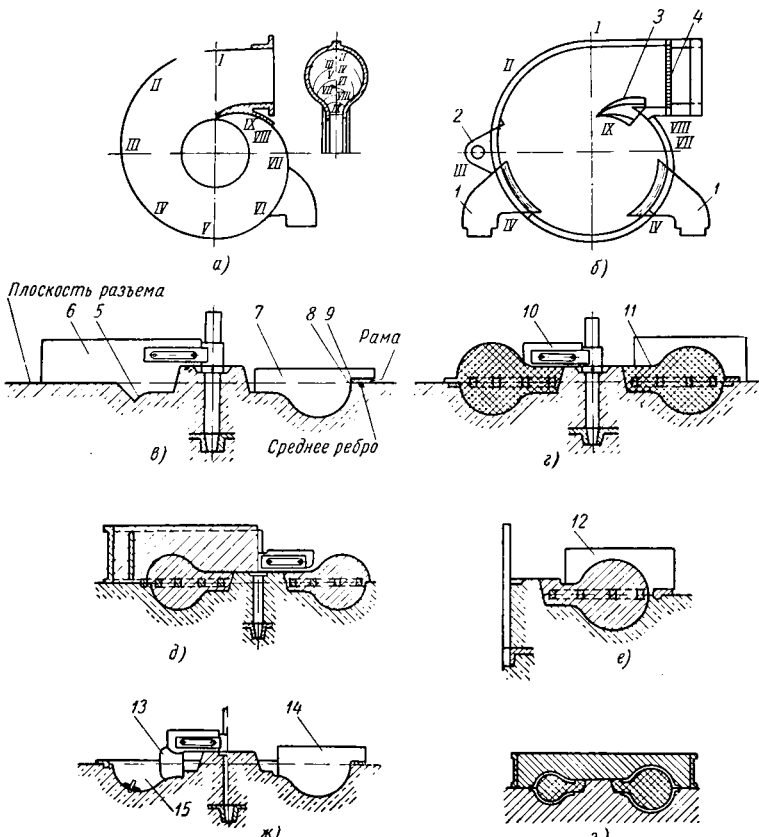
Порядок работ следующий. Первоначально шаблоном *6* сбразуют поверхность *5* до точки *4*, от которой поверхность вращения переходит к поверхности изменяющихся сечений.

Одновременно шаблоном *6* вытачивают плоскость, на которую кладут рамки с прикрепленными к ней половинками моделей. На рамку, установленную на плоскости разъема, ставят радиально девять контрольных шаблонов *7* (фиг. 224, *в*), которые одним концом ложатся на соответствующие отметки на рамке, а другим — на заточенную шаблоном поверхность *5*. Часть поверхности формы между двумя соседними контрольными сечениями выгребают вручную. Намеченные поперечные сечения проверяют при помощи контрольных сечений. Для получения в песчаной форме более четкой кромки *8* к рамке прикрепляют с внутренней стороны брусок *q*, ширина которого равна толщине стенки спирали. Полученная таким образом форма является стержневым ящиком, по которому изготовляют стержень (фиг. 224, *г*).

Часть стержня, представляющую ссбой тело вращения, делают шаблоном *10*, а основную часть формуют вручную по контрольным сечениям *11*, которыми пользуются следующим сбразом. Контрольные сечения устанавливают соответственно номерным обозначениям на рамку и на поверхность, образованную шаблоном *6*, и углубляют их до соприкосновения сечения с рамой; переходы между оставленными следами от сечений выгребают вручную. Полученную поверхность приглаживают.

Контрольные сечения соответствуют наружным очертаниям отливки, т. е. включают в себя и толщину стенки спирали. Отделав полученную форму-модель, накрывают ее верхней опокой, которая

уплотняется обычным способом, после чего верхнюю опоку снимают и отделывают (фиг. 224, *д*). Излишек смеси на стержне снимается частично шаблоном (фиг. 224, *д*) и вручную, соответственно контрольным сечениям *12* (фиг. 224, *е*).



Фиг. 224. Формовка по контрольным сечениям:

а — схема спирального кожуха водяной турбины; *б* — рамка и частичные модели; *в* — изготовление песчаного стержневого ящика в нижней части формы; *г* — изготовление глиняной модели для набивки верха; *д* — набивка верха и снятие шаблоном части лишнего слоя со стержня; *е* — снятие лишнего слоя со стержня с применением контрольных сечений, *ж* — снятие лишнего слоя с нижней части формы; *з* — собранная форма.

Готовый стержень удаляют из формы, отделывают, сушат и красят.

В заключение остается выбрать из нижней части формы излишек земли на толщину стенки спирали.

Шаблоном *13* (фиг. 224, *ж*, слева) удаляется часть земли, основная масса которой выбирается по контрольным сечениям *14* (фиг. 224, *ж*, справа).

Высушенная и собранная форма показана на фиг. 224, *з*.

§ 3. МАШИННАЯ ФОРМОВКА

Область применения машинной формовки — массовое и крупносерийное производство. За последние годы в связи с успехами в области модельного производства и формовки машинную формовку с успехом применяют в некоторых случаях также и в мелкосерийном производстве. Кроме того, применение пескомета дает возможность механизировать процесс формовки и при индивидуальном способе производства, главным образом при отливке крупных деталей.

Формовка на машинах выполняется почти исключительно в двух опоках с применением модельных плит; исключение из этого правила представляет формовка на пескомете, где количество опок не играет сколько-нибудь значительной роли. Изобретение модельных плит и применение их в процессе формовки явилось крупным шагом вперед в историческом развитии технологии литейного производства. При применении модельных плит формовщики избавились от необходимости находить каждый раз оптимальное расположение моделей в опоке, выбирать типы литниковой системы и подсчитывать размеры ее элементов, а также размеры прибылей и выпоров и т. п., так как значительная часть этой работы, требовавшая высокой квалификации формовщика, перешла к технологу цеха. Это позволило использовать при машинной формовке рабочих более низкой квалификации. При массовом и крупносерийном производстве изготовление модельных плит, специальных опок и других приспособлений полностью окупается в короткие сроки.

Преимуществами машинной формовки являются бо́льшая, нежели при ручной формовке, точность, однородность и лучшее качество отливок. Это обеспечивается применением металлических моделей, механизированным способом удаления модели из формы вместо расталкивания последних при ручной формовке, более точной центрировкой опок и более равномерным уплотнением формовочной земли.

Контроль за качеством формы (т. е. контроль степени уплотнения формовочной земли) и точностью сборки формы приобретает особенно важное значение в условиях массового производства; так, неправильное уплотнение или сборка формы влекут за собой повышенный брак по раздутию формы, газовым раковинам, засорам, несоответствию размерам отливки и т. п.

При массовом производстве допуски на литье значительно снижены, вследствие того, что детали обрабатываются не по разметке, а в приспособлениях.

Механизация процесса формовки

Процесс изготовления форм складывается из трех основных операций: наполнения опоки формовочной землей, ее уплотнения и удаления модели из формы и снятия опок. Ручная работа по заполнению опок, особенно крупных, требует значительной затраты труда и времени, вследствие чего механизация этой операции приобретает большое значение в процессе формовки. Это мероприятие осуществляется в большинстве случаев при помощи бункеров, расположенных над формовочными машинами. Бункер снабжается дозатором, который при каждом открывании его отмеривает определенную порцию формовочной смеси. Механизированное наполнение опок может быть также выполнено пескометом.

Какое преимущество дает механизация этих процессов, видно из табл. 56, где приведен хронометраж процесса изготовления формы для боковины швейной машины ПМЗ (формовка опок производилась на прессовой машине).

Из табл. 56 видно, какое количество труда затрачивается непроизводительно при отсутствии механизации не только уплотнения формы, но и всех других звеньев технологического процесса. Операция заполнения опоки формовочной землей требовала 40,3% затраты труда на изготовление формы или 254,2% от времени, затраченного на процесс уплотнения формы при затрате к тому же большой и тяжелой физической работы.

Таблица 56

Данные хронометража процесса изготовления форм для боковины швейной машины ПМЗ

Операция	Фактическое время в % от затраты труда на изготовление формы	Процент от времени, затраченного на прессовку
Взять из штабеля и поставить опоку на стол машины	9,8	61,4
Засеять в опоку модельную землю (из закрома)	9,2	58,2
Наложить с пола наполнительную землю в опоку и отправить на следующую операцию	31,1	196,0
Прессовка — подвести опоки под пресс, отпрессовать и вывести опоки из-под пресса	15,9	100
Отнести отливки на место заливки . . .	34,0	214

При механизации процесса заполнения опок формовочной землей труд рабочего по этой операции сводится к минимуму.

Еще больший эффект дает применение подвижных опок, т. е. введение поточного способа производства: 43,8% затрат труда

на установку опок на стол машины и доставку их к месту заливки сокращаются при поточном способе производства более чем в 10 раз.

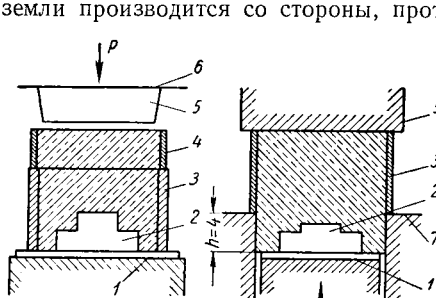
Механизация процесса уплотнения

Различают следующие способы механизации процесса уплотнения формовочной земли: прессование, встряхивание и уплотнение пескометом.

Прессование

Уплотнение формовочной земли при помощи прессов осуществляется двумя способами — верхним и нижним прессованием. Схемы верхнего и нижнего прессования представлены на фиг. 225.

При верхнем прессовании (фиг. 225, *а*) уплотнение формовочной земли производится со стороны, противоположной модели: модельную плиту *1* с укрепленной на ней моделью *2* ставят на стол формовочной машины; на модельную плиту устанавливают опоку *3*, а сверх нее — наполнительную рамку *4*. После заполнения опоки и наполнительной рамки формовочной землей производится уплотнение, которое может быть осуществлено двумя способами. Первый способ состоит в поднятии стола формовочной машины, который при подъеме упирается в неподвижную траверсу *5* и колодку *6*, закрепленную на траверсе. Колодка *6*, несколько меньших размеров чем наполнительная рамка *4*, входит внутрь рамки и, осаживая находящуюся в ней землю до верхней кромки опоки *3*, уплотняет формовочную землю. Высота наполнительной рамки определяет степень уплотнения.



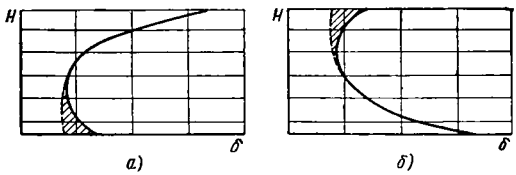
Фиг. 225. Схемы прессования:
а — верхнего; *б* — нижнего.

Второй способ отличается от первого тем, что стол машины остается неподвижным, а траверса *5* с колодкой опускается вниз; колодка входит внутрь наполнительной рамки и производит уплотнение. На фиг. 225, *б* представлена схема нижнего прессования; стол машины с укрепленной на нем модельной плитой *1* и моделью *2* могут перемещаться внутри наполнительной рамки, которая выполняется в виде проема в неподвижной рамке *7*.

Модельную плиту *1* с моделью *2* устанавливают перед прессованием ниже верхней кромки рамки *7*; опока *3* ставится на рамку *7*, играющую в этом случае роль наполнительной рамки со слоем земли, высота которого также определяет степень уплотнения. Наполнив

опоку землей, подводят ее под неподвижную траверсу *5* (без колодки) и при подъеме стола *1* вверх формовочная земля из рамки *7* впрессовывается в опоку снизу, со стороны модели. Ход прессования должен точно соответствовать высоте рамки *4*.

Изменение степени уплотнения формовочной смеси в зависимости от условий производства осуществляется на прессовых машинах



Фиг. 226. Распределение уплотнения по высоте опоки:
а — при верхнем и *б* — при нижнем прессовании.

посредством изменения высоты наполнительной рамки. Высота наполнительной рамки определяется следующим уравнением:

$$h = \left(H - \frac{V}{F}\right)\left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1\right), \tag{37}$$

где H — высота опоки;
V — объем модели;
F — площадь опоки в плане;
δ_0 — объемный вес земли до уплотнения;
δ — объемный вес земли после уплотнения.

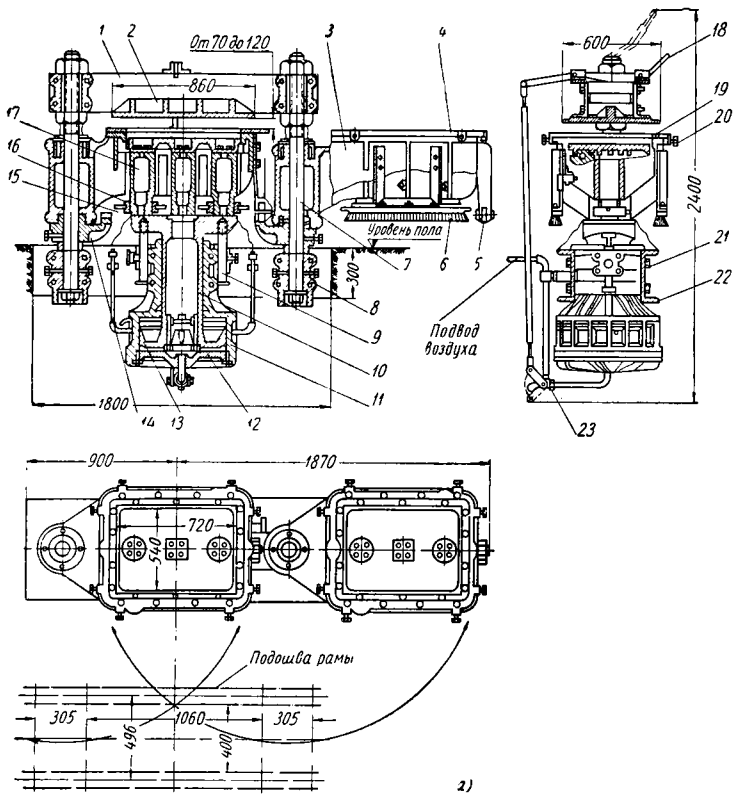
По эмпирической формуле, установленной проф. Н. П. Аксеновым, связь между величиной среднего уплотнения δ и давлением колодки выражается

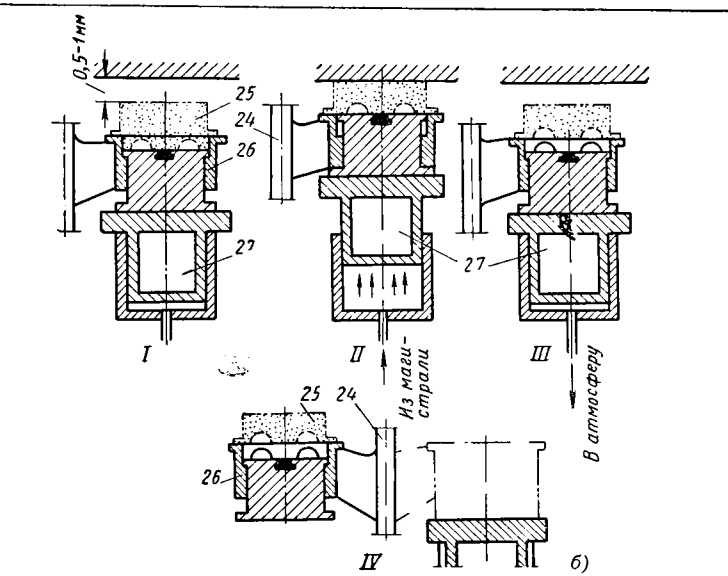
$$\delta = 1 + Cp^{0.25}, \tag{38}$$

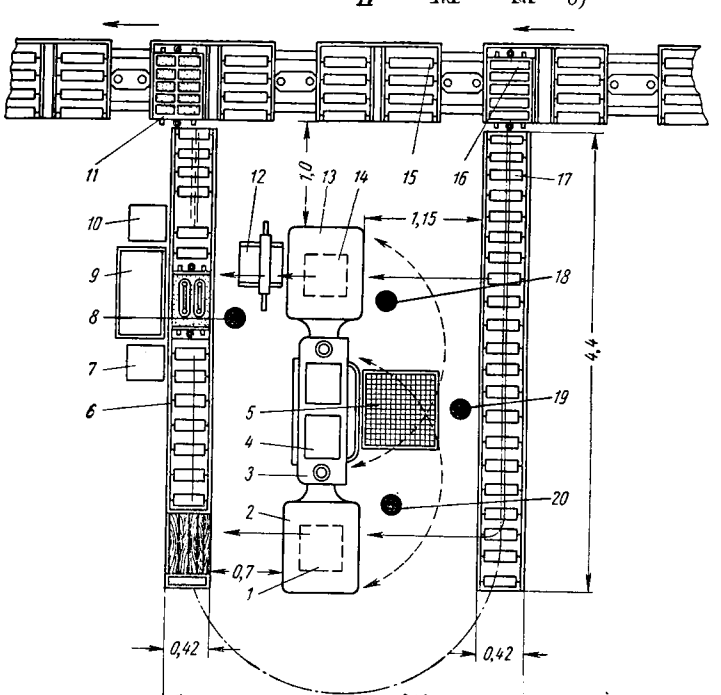
где C — коэффициент уплотняемости смеси в данных условиях при $p = 1$ *кг/см*^{2}; коэффициент $C = \delta = 1$.

Величина C колеблется в пределах 0,4—0,6, причем нижний предел относится к однородным по зернистости синтетическим смесям, а высший — к смесям из естественных свежих глинистых составляющих. Характер распределения уплотнения около разъема опоки при верхнем прессовании (заштрихованный участок, фиг. 226, *а*) вызывается сопротивлением вертикальному движению земли жесткой плоскости разъема; заштрихованный участок на фиг. 226, *б* показывает эффект сопротивления жесткой плоскости колодки.

Из фиг. 226, *а* видно, что при верхнем прессовании наибольшая степень уплотнения получается в верхней части опоки, а наимень-







Фиг. 227. Прессовая формовочная машина ПФ-3:

а — чертеж машины; *б* — кинематическая схема; *1* — траверса; *2* — плита; *3* — поворотный стол; *4* — рамка; *5* — ролик; *6* — щетка; *7* — колонка; *8*—башмак; *9* — направляющий шток; *10* и *23* — стаканы; *11* — прессующий цилиндр; *12* — крышка; *13* — поршень; *14* — кронштейн; *15* — прессующий стол; *16* — гайка; *17* — рольганг; *18* — рукоятка; *19* — подмодельный стол, *20* — вибратор; *21*—болт; *22* — швеллер; *23* — кран; *I* — состояние покоя; *II* — прессование; *III* — вынимание модели; *IV* — поворот; *24* — колонна; *25* — опока; *26* — поворотный стол; *27* — прессовый поршень; *в* — схема организации рабочего места формовщиков в конвейерной литейной; *1* — бункеры с формовочной смесью; *2*— стол для нижней опоки; *3* — формовочная машина; *4*— ящик в траверсе для жеребеек; *5* — решетка для ссыпания смеси; *6* — рольганг; *7* — тумбочка; *8* — рабочее место бригадира-сборщика; *9* — ящик для стержней; *10* — тумбочка для бляшек и номеров; *11* — форма; *12* — козлы для отделки верхней формы; *13* — стол для верхней опоки; *14* — второй бункер с формовочной смесью; *15* — конвейер; *16* — пустая опока; *17* — рольганг для пустых опок; *18* — место формовщика у верхней полуопоки; *19* — место подсобного рабочего у нижней полуопоки, *20* — место формовщика у нижней полуопоки.

шая — вокруг модели, т. е. уплотнение очень неблагоприятное с точки зрения производства: если уплотнение внизу опоки будет достаточно для того, чтобы выдержать без повреждений давление столба расплавленного металла, то верх опоки будет чрезмерно уплотнен, что создаст большие трудности для отвода газов из формы. Снижение же степени уплотнения вверху опоки приводит к браку из-за недостаточной прочности формы в самом ответственном месте.

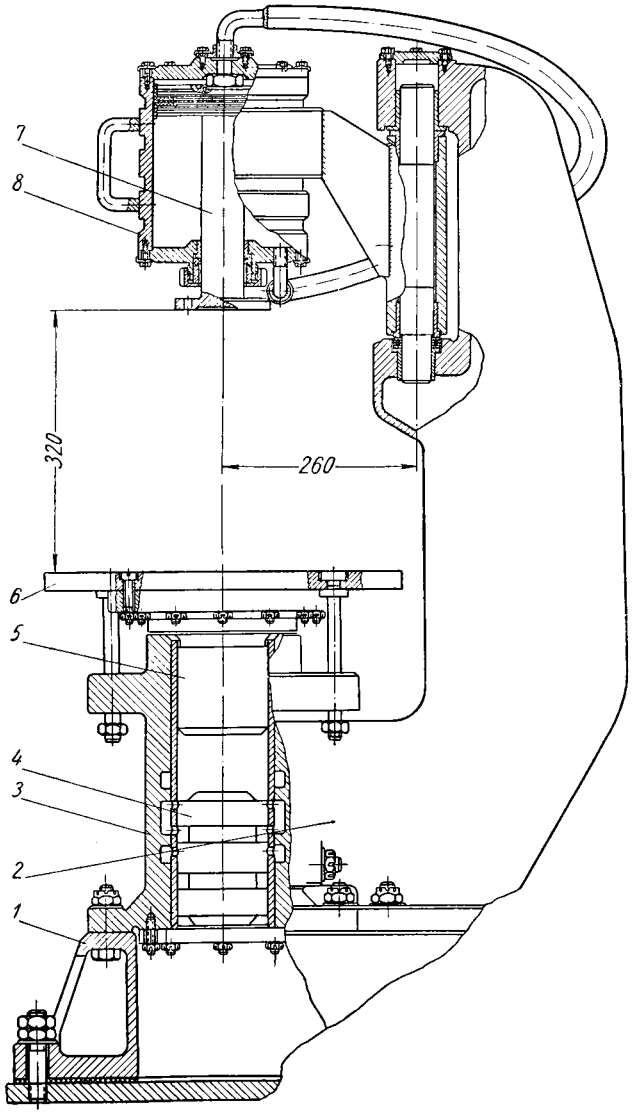
Распределение уплотнения при нижнем прессовании более удачное, вследствие чего преимущественное распространение в практике литейного производства получили прессовые машины с нижним прессованием. На фиг. 227, *а* изображена формовочная машина ПФ-3, на фиг. 227, *б* — кинематическая схема машины.

При верхнем и нижнем прессовании, помимо вертикального давления, развивается еще и горизонтальное боковое давление, которое в отдельных случаях может достичь 30—40% давления на колодке. Трение между землей, движущейся вдоль опоки и стенками последней, поглощает известную долю внешней работы, и чем больше высота опоки, тем большая часть внешней работы поглощается этим трением. Вследствие этого при одинаковом давлении в высокой опоке при прессовании уплотнение будет меньше, чем в низкой.

Если удельное давление прессования доходит до 2,0—2,5 *кг* на 1 $см^2$ площади опоки, общее усилие прессования крупных опок составит весьма значительную величину. В силу этих соображений уплотнение прессованием применяется главным образом для небольших по площади опок, не более 800 × 600 *мм*. Оптимальная высота опок 150—200 *мм*.

Согласно опытам, проведенным в литейной лаборатории МВТУ, можно достичь достаточного уплотнения и для опок значительно большей высоты, если включить во время прессования вибратор. Вибропрессование улучшает равномерность уплотнения по высоте опоки и устраняет тем самым основной недостаток процесса прессования.

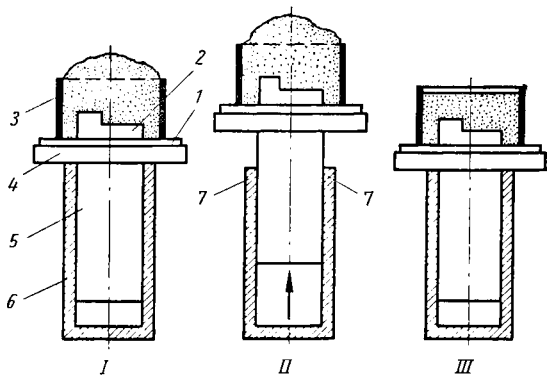
На фиг. 228 показана схема вибрационно-прессовой машины, состоящей из рамы *1*; стойки *2*; цилиндра-вибратора *3*; плунжера вибратора *4* (число ударов у которого составляет 1300—1400 в минуту); стола, снабженного хвостовиком *5*, принимающим удары вибратора; плиты *6*; пресса *7*; цилиндра *8*. Цилиндр с прессом вращается на кронштейне. На стойке укреплены пусковые клапаны вибратора и пресса. Плита крепится на столе. Рама устанавливается на плите на прорезиненной прокладке. Уплотнение равномерное во всех частях формы. Крепить форму к столу машины нет надобности, так как она прижимается и удерживается во время работы прессом. Расход воздуха при давлении 6 *ати* относительно невелик; время изготовления опоки размером 325 × 175 *мм* 3—4 сек.



Фиг. 228. Схема вибропрессовой формовочной машины.

Встряхивание

Сущность способа уплотнения посредством встряхивания заключается в следующем: модельную плиту *1* (фиг. 229) с установленной на ней моделью *2* и опокой *3*, наполненной доверху формовочной землей, ставят на стол формовочной машины *4* (фиг. 229, положение *I*). Стол машины поднимается на определенную высоту (30—100 *мм*) при помощи поршня *5*, передвигающегося в цилиндре *6* (положение *II*), и затем падает вниз вместе с опокой, ударяясь о преграду *7* (положение *III*), вследствие чего живая сила земли



Фиг. 229. Схема уплотнения земли встряхиванием.

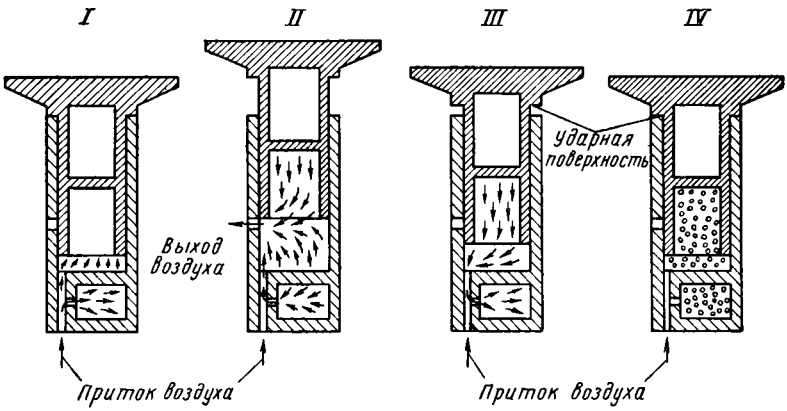
при ударе стола погашается, производя в этот момент уплотнение земли.

Время действия уплотняющих сил измеряется тысячными долями секунды, поэтому, чтобы получилась необходимая степень уплотнения, число ударов должно колебаться в пределах от 10 до 80 в зависимости от требований.

На фиг. 230 показаны четыре положения в процессе уплотнения: положение *I* — впуск сжатого воздуха, начало подъема встряхивающего поршня; положение *II* — конец подъема и начало падения встряхивающего поршня; выпуск сжатого воздуха; положение *III* — момент начала падения стола машины; положение *IV* — конец падения стола машины, удар.

По мере увеличения числа ударов степень уплотнения возрастает (фиг. 231). В первый момент с увеличением числа ударов уплотнение растет быстро, но в дальнейшем увеличение числа ударов дает все меньший и меньший эффект вследствие того, что по мере возрастания плотности земли последняя все с бóльшим усилием поддается дальнейшему уплотнению.

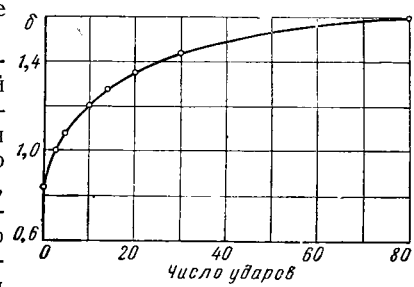
После определенного числа ударов наступает стабилизация уплотнения или равновесие между энергией ударов, сообщаемой земле при каждом падении опоки с данной высоты подъема, и сте-



Фиг. 230. Схема работы встряхивающей формовочной машины.

пенью уплотнения. Это равновесие приводит к тому, что кривая уплотнения становится горизонтальной, и дальнейшее уплотнение с той же высоты подъема не имеет места.

Следовательно, если уплотнение, получаемое при данной высоте подъема, является недостаточным, то с точки зрения производительности необходимо увеличивать не число ударов, а высоту подъема стола машины. Слишком большое число ударов может привести к появлению трещин на форме: при длительном встряхивании крупные зерна группируются вверху, а внизу скапливаются наиболее мелкие; поэтому в тех местах, где образуются прослойки с одинаковой зернистостью, степень уплотнения уменьшается, так как зерна, одинаковые по величине, не могут быть плотно утрамбованы как зерна различных размеров. В результате появляется местное разрыхление, которое при дальнейшем встряхивании может привести к образованию трещин.



Фиг. 231. Рост уплотнения с числом ударов при встряхивании.

В качестве приближенного критерия уплотняющего действия на формовочную смесь принимается удельная работа, сообщаемая смеси за n ударов стола:

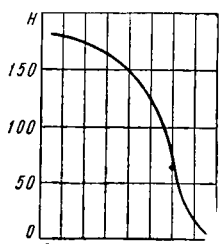
$$a = \frac{Q}{F} hn\eta \text{ кг/см на 1 см}^2 \text{ площади опоки,}$$

где Q — вес смеси в опоке в *кг*;
F — площадь опоки в $см^2$;
h — высота подъема встряхивающего стола в *см*;
η — коэффициент, учитывающий потери живой силы падающих частей машины, значение которого колеблется от 0,3 до 0,7 в зависимости от производственных условий.

Связь средней степени уплотнения δ с удельной работой встряхивания дается (по Н. П. Аксенову) эмпирическим уравнением

$$\delta = 1 + Ka^{0,3}, \qquad (39)$$

где a — выражается в *кгдм* на 1 $см^2$;
K — коэффициент уплотняемости формы; $K = 0,35 \div 0,55$.



Фиг. 232. Распределение уплотнения по высоте опоки.

Последнее уравнение дает удовлетворительное совпадение с опытными данными для значений a, встречающихся на практике, и только при весьма больших, а также и весьма малых значениях a отклонения становятся значительными. Поскольку эти условия в практике литейного производства почти не встречаются, практического значения отклонения не имеют.

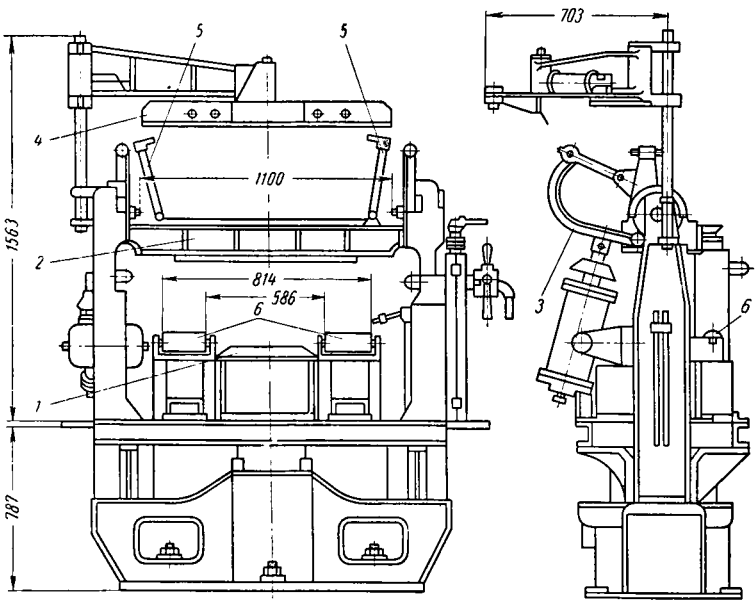
Характер распределения уплотнения по высоте опоки H при встряхивании показан на фиг. 232. Как и в случае прессования, внизу опоки уплотнение δ значительно возрастает, что можно объяснить сопротивлением плоскости модельной плиты передвижению смеси сверху вниз при ее уплотнении.

Верхние слои опоки уплотнены недостаточно. Дополнительное уплотнение больших опок осуществляется ручными и пневматическими трамбовками в условиях мелкосерийного производства или посредством подпрессовки профильными и плоскими (что менее рационально) колодками. При этом процесс уплотнения на встряхивающих машинах усложняется дополнительной операцией — подпрессовкой. Следовательно, производительность встряхивающе-прессовых машин по сравнению с прессовыми машинами значительно ниже.

Более производительным методом уплотнения верхних слоев опоки при встряхивании может служить динамическая подпрессовка с помощью чугунного груза-плиты, который накладывается на поверхность опоки перед встряхиванием. Размеры груза-плиты

должны быть несколько меньше размеров опоки в свету, чтобы груз мог свободно следовать за осадкой смеси.

Необходимо, однако, отметить, что накладывание груза, а при крупных опоках с ребрами и нескольких грузов ухудшает использование машинного времени установки, вследствие чего способ



Фиг. 233. Встряхивающая формовочная машина 253 с подпрессовкой:

1 — встряхивающе-прессовый стол; *2* — поворотная плита; *3* — механизмы поворота плиты; *4* — скребок; *5* — зажимы для опок; *6* — приемный рольганг.

динамической подпрессовки не получил сколько-нибудь широкого применения.

Встряхивающие формовочные машины применяются для уплотнения как небольших, так и самых крупных опок, высотой свыше 250 *мм*, с подъемной силой стола от 100 *кг* до 40 *т*.

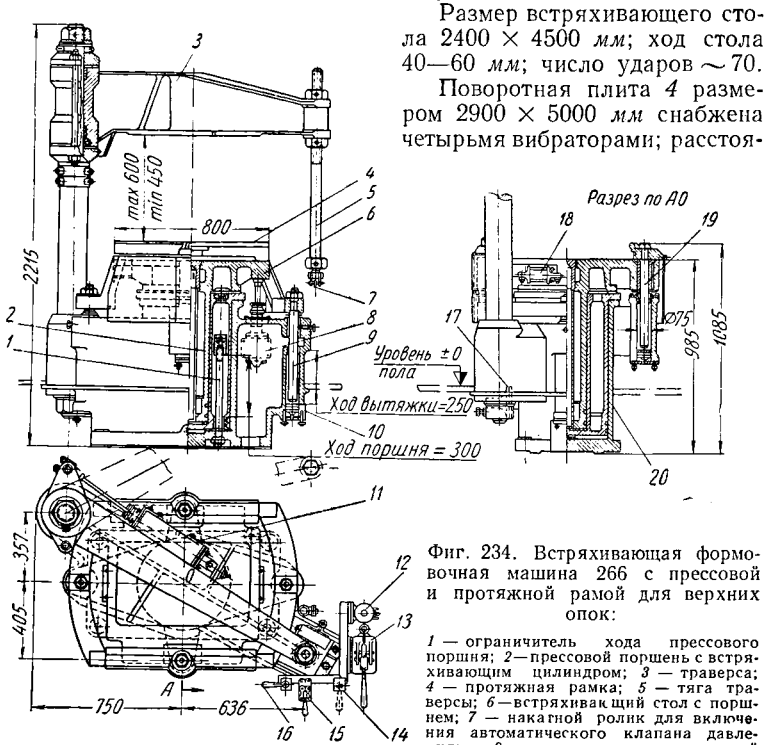
Ниже приводятся типы встряхивающих формовочных машин: на фиг. 233 — для нижних, а на фиг. 234 — для верхних опок среднего размера, т. е. для опок, которые могут снять со стола машины 1—2 рабочих. Для опок более крупного размера применяются встряхивающие формовочные машины с перекидным столом (фиг. 235, *а—в*).

Пневматическая встряхивающе-поворотная машина полезной грузоподъемностью 17 *т* предназначена для формовки крупногабаритных отливок.

Встряхивающий стол *3* (фиг. 235, *а—б*), опокодержатели *6* и вибраторы приводятся в движение непосредственно сжатым воздухом при давлении 5 *кг/см*^{2}, а приемный стол *11* и поворотный механизм — маслом под действием сжатого воздуха.

Размер встряхивающего стола 2400 × 4500 *мм*; ход стола 40—60 *мм*; число ударов ~ 70.

Поворотная плита *4* размером 2900 × 5000 *мм* снабжена четырьмя вибраторами; расстоя-

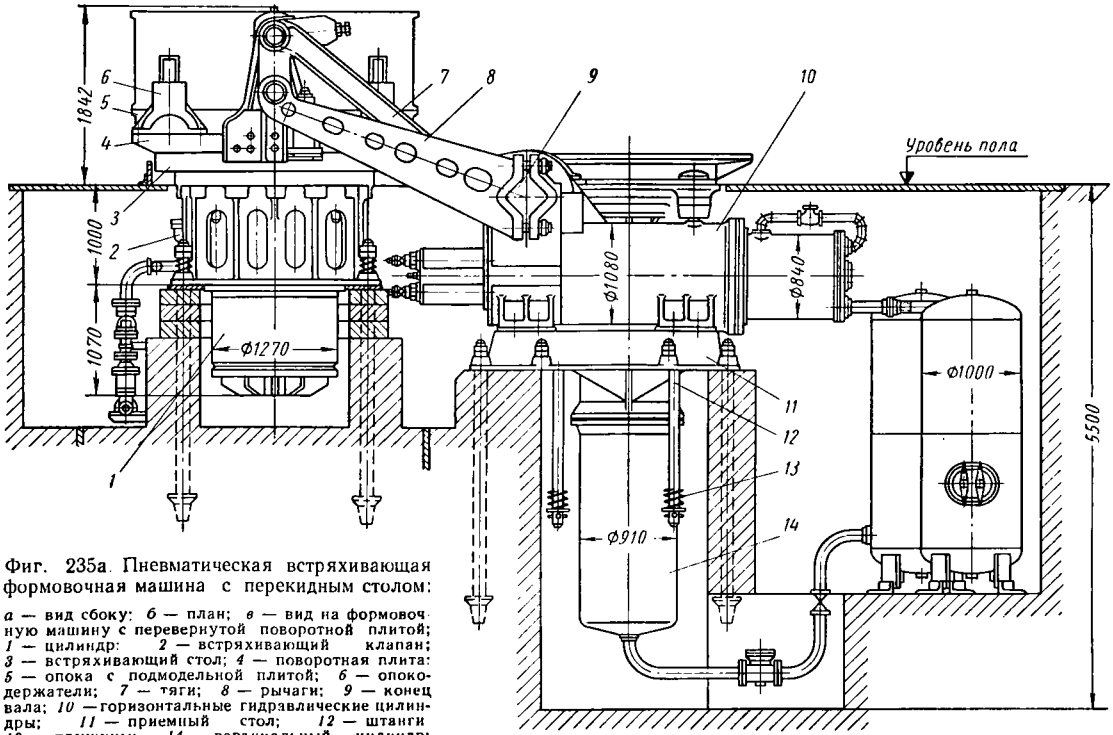


Фиг. 234. Встряхивающая формовочная машина 266 с прессовой и протяжной рамой для верхних опок:

1 — ограничитель хода прессового поршня; *2*—прессовой поршень с встряхивающим цилиндром; *3* — траверса; *4* — протяжная рамка; *5* — тяга траверсы; *6*—встряхивающий стол с поршнем; *7* — накатной ролик для включения автоматического клапана давления; *8* — воздухораспределительный перекидной двухседельный клапан; *9* — направляющие рамки относительно станины; *10* — фиксирующие поршни; *11* — цилиндр поворота траверсы; *12* — пневматический лубрикатор; *13* — автоматический клапан времени; *14* — кран подъема фиксирующих поршней; *15* — кран управления цилиндром поворота траверсы; *16* — кран фиксации протяжной рамки; *17* — клапан включения вибраторов; *18* — вибратор; *19* — направляющие рамки относительно встряхивающего стола и станины; *20* — прессовый цилиндр.

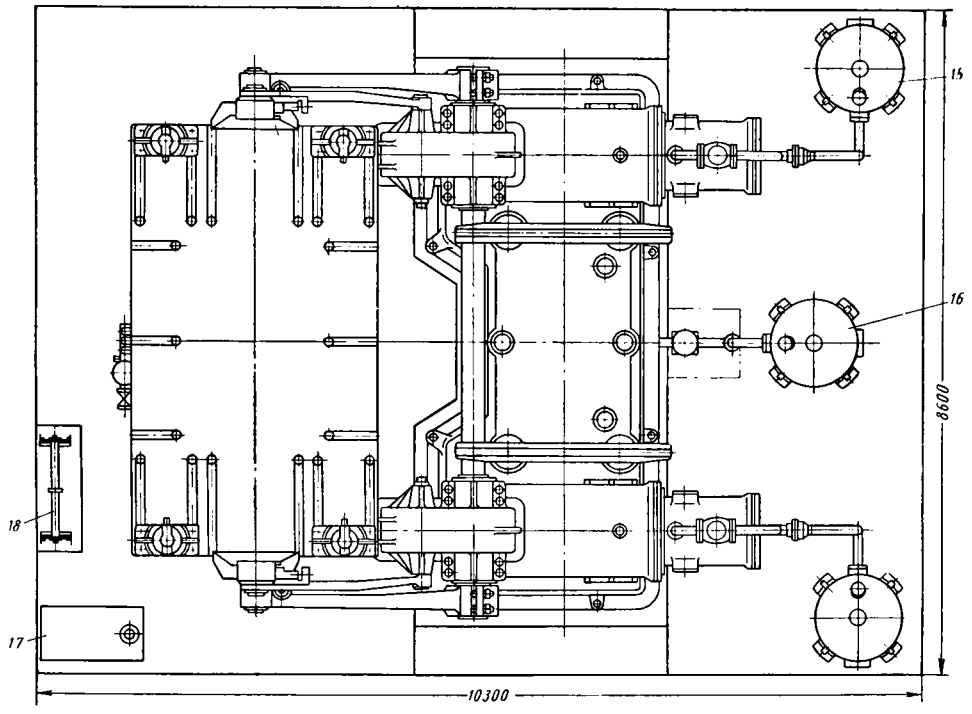
ние от повернутой поворотной плиты до приемных брусьев 2500 *мм*; нивелирующее устройство приемных брусьев гидравлическое, самозапирающееся.

Порядок работы. Опока с подмодельной плитой *5* (фиг. 235, *а*) ставится на поворотную плиту *4*, лежащую на встряхивающем столе *3*, скрепленном с плунжером цилиндра *1*, который, в свою очередь, соединен болтами со станиной, установленной на деревянных брусьях, лежащих на фундаменте. Для смягчения ударов

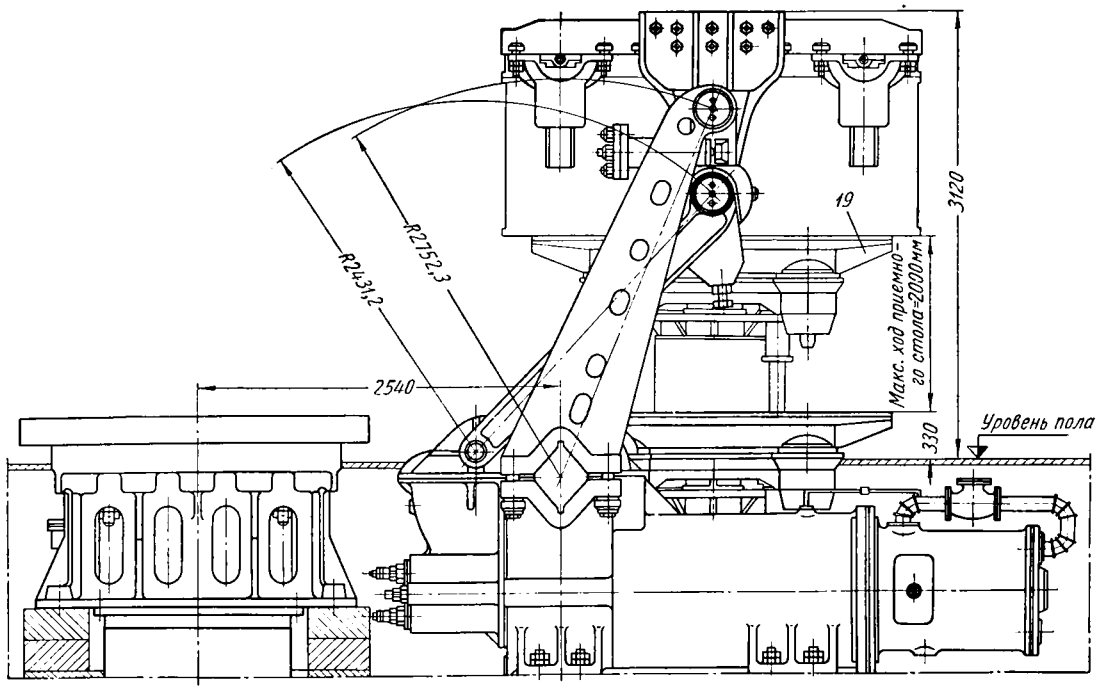


Фиг. 235а. Пневматическая встряхивающая формовочная машина с перекидным столом:

а — вид сбоку; *б* — план; *в* — вид на формовочную машину с перевернутой поворотной плитой; *1* — цилиндр; *2* — встряхивающий клапан; *3* — встряхивающий стол; *4* — поворотная плита; *5* — опока с подмодельной плитой; *6* — опокодержатели; *7* — тяги; *8* — рычаги; *9* — конец вала; *10* — горизонтальные гидравлические цилиндры; *11* — приемный стол; *12* — штанги *13* — пружины; *14* — вертикальный цилиндр; *15* и *16* — наполнители; *17* — брус; *18* — масляный амортизатор; *19* — приемный стол.


15
16
8600
18
17
10300

б)


R2752,3
R2431,2
2540
19
3120
Макс. ход приемного стола=2000мм
330
Уровень пола

в)

Фиг. 235 б—в.

между брусьями и станиной проложена прорезиненная прокладка. Опока скрепляется с подмодельной плитой скобами при помощи четырех опокодержателей *6*.

Подмодельная плита прикрепляется к поворотной плите болтами, для чего в последней предусмотрены специальные пазы.

Стол *3* имеет регулирующий упор, который при подъеме и опускании стола действует на встряхивающий клапан *2*. При пуске машины открывают впускной клапан *2*, после чего процесс встряхивания идет непрерывно вследствие автоматического открывания и закрывания впускного и выпускного отверстий встряхивающего клапана, связывающих по очереди полость цилиндра *1* с воздухопроводом и атмосферой. Процесс встряхивания прекращается при закрывании впускного клапана.

После уплотнения опока вместе с плитой *4* поворачивается на 180° и устанавливается над приемным столом *19* (фиг. 235, *в*), который поднимается до соприкосновения с опокой, после чего последнюю открепляют от плиты, и стол под действием веса опоки опускается, а поворотная плита вместе с подмодельной плитой возвращается в исходное положение.

Механизм, при помощи которого поворачивают опоку, состоит из двух сдвоенных горизонтальных гидравлических цилиндров *10* (фиг. 235, *а*), соединенных общим валом *9*. Под действием давления масла на поршни поворотных цилиндров через систему шатунов и кривошипов приводится в движение вал с рычагами.

Рычаги *8*, надетые на квадратные концы вала *9*, при его повороте тянут за собой с помощью кронштейнов поворотную плиту *4* и при помощи тяг *7* поворачивают ее на 180°. В крышках основных цилиндров поворота установлены мощные пружины, поглощающие удар, возникающий в конечный момент поворота плиты с опокой и способствующие в начальный момент обратному перемещению поршней цилиндров при опускании плиты без опоки на встряхивающий стол.

К поворотной плите прикреплены четыре пневматических вибратора, облегчающих удаление модели в период вытяжки.

Рядом со встряхивающим столом расположен приводной стол. На станине приемного стола *11* установлены по бокам горизонтальные гидравлические цилиндры поворотного механизма *10*, а в центре встроен вертикальный цилиндр *14* с подвижным плунжером и прикрепленным к нему приемным столом *19* (фиг. 235, *в*).

Подъем приемного стола происходит под действием давления масла, подаваемого в цилиндр *14*, а опускание — под действием возвратно движущихся частей. Стол имеет три направляющие штанги *12*, ограничивающие его крайнее верхнее положение и обеспечивающие направление плунжера при его движении. Для смягчения удара при опускании опоки на штангах предусмотрены пружины *13*, на которые стол опирается в своих крайних положениях (фиг. 235, *а*). В стол вмонтировано нивелирующее устройство для

приема опоки и фиксации ее в положении, исключающем возможность перекашивания опоки во время вытяжки модели.

Нивелирующее устройство состоит из четырех сообщающихся гидравлических цилиндров с золотниками и плунжерами, на плунжеры свободно ложатся своими концами два горизонтальных самоустанавливающихся бруса. Эти четыре цилиндра соединены между собой гидравлической системой, самозапирающейся под нагрузкой не менее 5000 *кг*.

Фундаменты встряхивающего и приемного столов разъединены.

Управление машиной (ручное) сосредоточено на особой колонке, снабженной манометром.

Цилиндры поворотного механизма и приемного стола обслуживаются отдельными наполнителями, заполненными до определенного уровня маслом. Под давлением сжатого воздуха, поступающего через колонку управления в наполнитель, масло подается к цилиндру поворотного механизма, а из наполнителя — к приемному столу.

Во время работы формовочной машины происходит обильная автоматическая смазка плунжера, угловых направляющих встряхивающего стола и вибраторов. Смазка осуществляется под давлением воздуха от специального масляного коллектора.

Машину обслуживают трое рабочих; производительность машины — 6—8 опок в смену.

Уплотнение пескометом

На прессовых и встряхивающих формовочных машинах из трех основных операций по изготовлению форм, а именно: 1) наполнения опоки формовочной землей, 2) уплотнения формовочной земли, 3) снятия опоки со стола формовочной машины, механизированы две последние операции.

Эти формовочные машины имеют один существенный недостаток, ограничивающий область их применения, а именно: определенный для каждой формовочной машины размер прессующего или встряхивающего стола. Это обстоятельство, помимо уменьшения коэффициента полезного действия, ограничивает область применения формовочной машины определенным размером опок. Таким образом, прессовые и встряхивающие формовочные машины могут быть применены лишь там, где по меньшей мере имеется регулярное серийное производство.

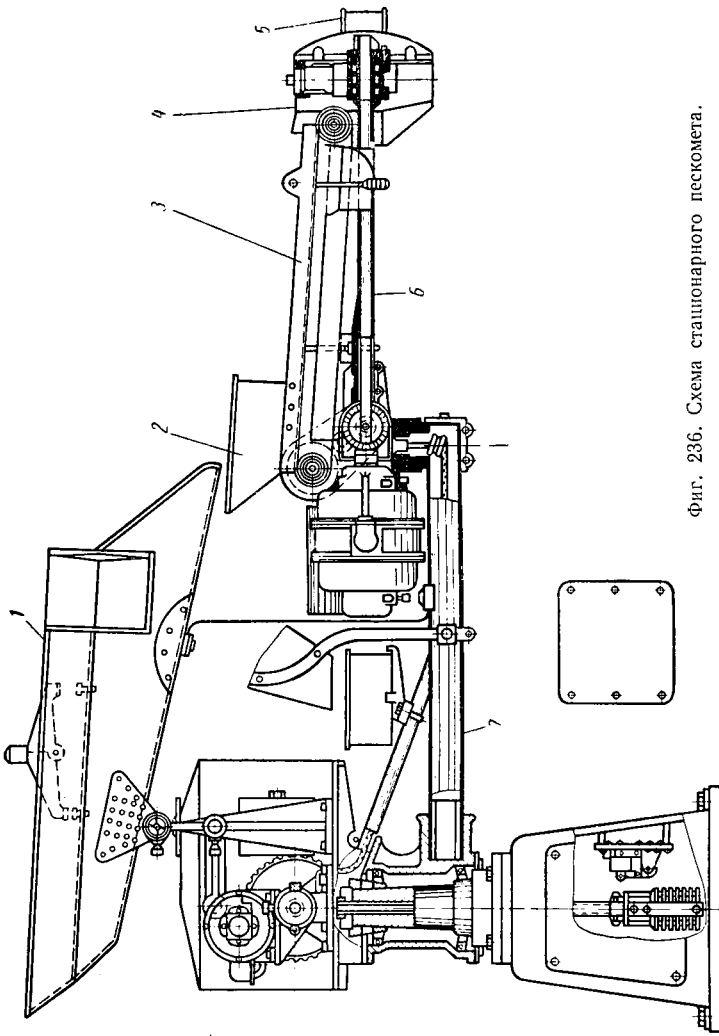
При работе пескомета механизируются первые две операции, т. е. наполнение и уплотнение опоки. Обе эти операции совершенно не зависят от размеров и высоты модели, которая также не связана с пескометом. Размеры модели, равно как и размеры соответствующих опок, могут меняться в чрезвычайно широких пределах (практически от 0,15 до 3 *м*).

Удаление заформованных опок осуществляется при помощи специальных приспособлений.

Принцип работы пескомета заключается в следующем: доставленный тем или иным способом к пескомету формовочный материал посредством особого приспособления получает вращательное движение и под действием возникающей при этом центробежной силы, направляясь в опоку, уплотняется в ней. В качестве аппарата, бросающего формовочную смесь в опоку, используется ковш (фиг. 236), вставленный в быстро вращающееся колесо, посаженное на горизонтальный вал. Формовочный материал, подводимый к встряхивающему ситу *1*, направляется последним в приемную воронку *2*, из которой он падает на ленточный транспортер *3*, и далее в головку пескомета *4*, где он подхватывается вращающимся ковшом и определенными порциями бросается с огромной скоростью в опоку, получая при этом то или иное уплотнение в зависимости от скорости движения формовочного материала и скорости распределения его по поверхности опоки. Так опока наполняется формовочным материалом.

Головка пескомета *m* снабжена ручкой *5*, при помощи которой и двух рукавов *6* и *7*, вращающихся на шарнирах, формовочный материал может быть подведен в любое место опоки независимо от ее конфигурации. Формовочный материал падает в опоку со скоростью 13—19 *м/сек* и, конечно, попадая в опоку, уплотняется в той или иной степени; бóльшая скорость падения соответствует и большей степени уплотнения. Помимо этого, при одной и той же скорости падения, т. е. при работе на одном и том же пескомете и наполнении одной и той же опоки, можно в достаточно широких пределах изменять степень уплотнения формы посредством быстрого или замедленного перемещения головки над опокой: при быстром перемещении головки уплотнение получается несколько бóльшим, а при замедленном — меньшим. Производительность пескомета очень велика — от 10 до 30 $м^3/час$, вследствие чего для использования преимуществ пескометной формовки разработаны различные типы конструкций пескометов применительно к различным условиям производства, от индивидуального и мелкосерийного до массового, и с учетом использования опок, весьма разнообразных по конфигурации и размерам. Пескомет позволяет механизировать процесс наполнения и уплотнения формовочной земли в условиях индивидуального производства; это, конечно, рационально при формовке очень крупных опок. Для этой цели предназначен переносный пескомет, который при помощи крана может быть доставлен в любое место литейной для формовки крупных и средних опок. В такой пескомет формовочный материал подают вручную, что связано с большой затратой труда, вследствие чего переносные пескометы были вытеснены более совершенными конструкциями, а именно — передвижным пескометом с бункером и консольным пескометом.

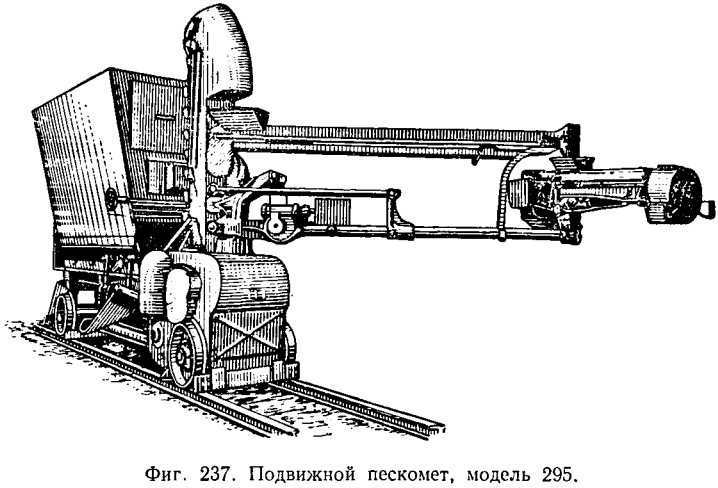
Передвижной пескомет модели 295 с бункером (фиг. 237) может передвигаться на тележке по рельсовому пути вдоль формовочного пролета и производить набивку опок, расположенных по обе стороны



Фиг. 236. Схема стационарного пескомета.

пути. У пескометов этого типа в последнее время бункер делают сменным, что, без сомнения, улучшает эксплуатационные условия работы пескомета.

Консольный пескомет модели 296, показанный на фиг. 238, передвигается вдоль стены или линии колонн на тележке по одному рельсу и по верхнему опорному пути, как велосипедный кран. Формовочная смесь подается к нему ленточным транспортером



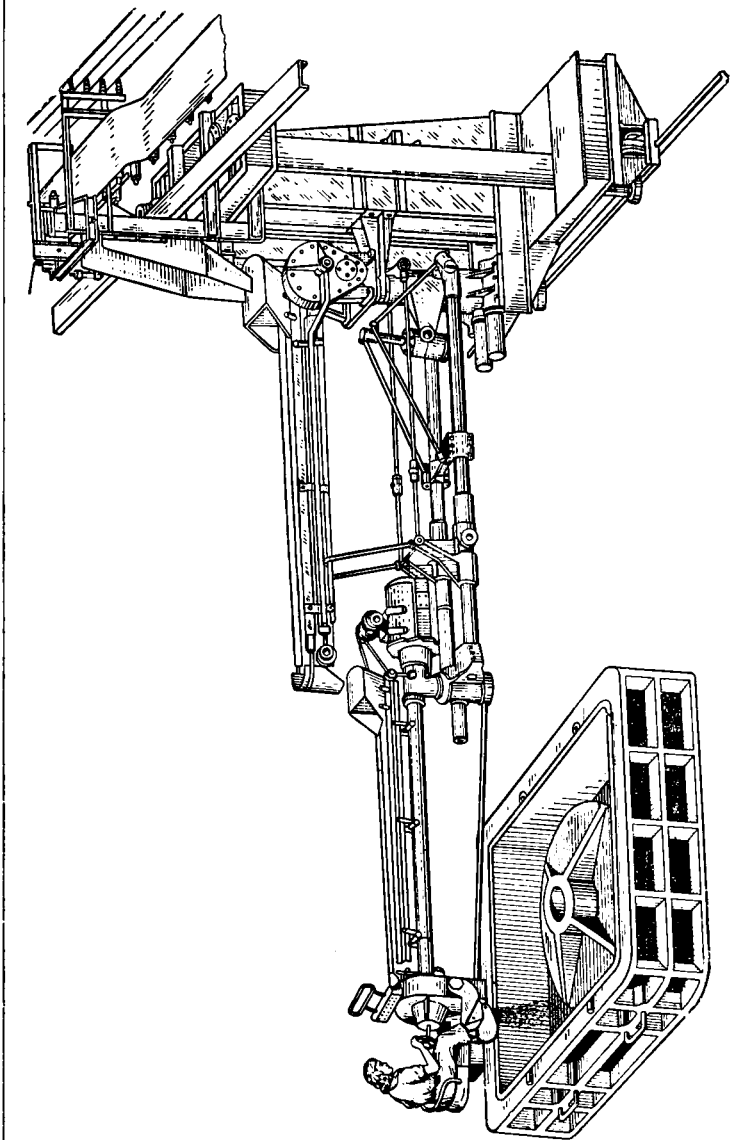
Фиг. 237. Подвижной пескомет, модель 295.

посредством сбрасывающего скребка. Обслуживается пескомет одним рабочим, сидящим на сиденьи, прикрепленном к головке пескомета. Все движения рабочих узлов пескомета механизированы и осуществляются от пульта управления, расположенного у сиденья.

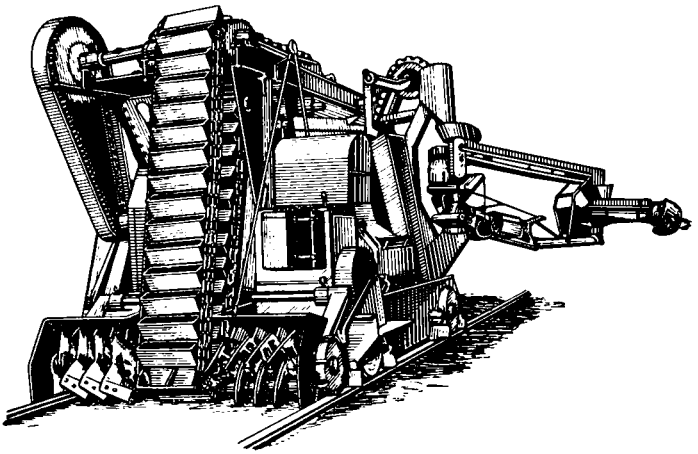
В виде исключения в литейных, производящих очень крупные отливки, применяют комбинированный локомотивный тип пескомета (фиг. 239), представляющий собой соединение передвижного пескомета с установкой для автоматического приготовления формовочной земли.

В условиях массового производства, при автоматическом питании пескомета формовочным материалом, применяется простой по конструкции пескомет стационарного типа (фиг. 240).

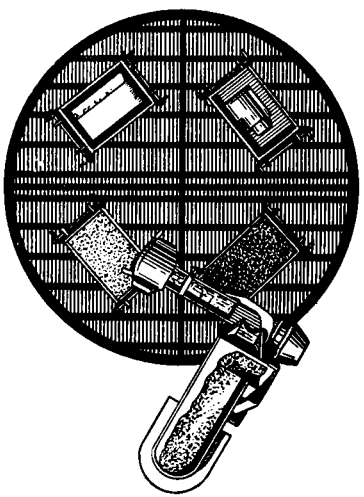
Для полного использования пескомета подобного типа необходимо механизировать не только подвод формовочного материала, но и уборку заформованных опок и доставку порожних опок к месту формовки. Следовательно, стационарный пескомет является подходящим агрегатом в условиях работы конвейеризованных литейных. На фиг. 240 показана установка стационарного пескомета в одной из конвейеризованных литейных: вращающийся стол-карусель



Фиг. 238. Консольный пескомет, модель 296.



Фиг. 239. Комбинированный локомотивный тип пескомета.

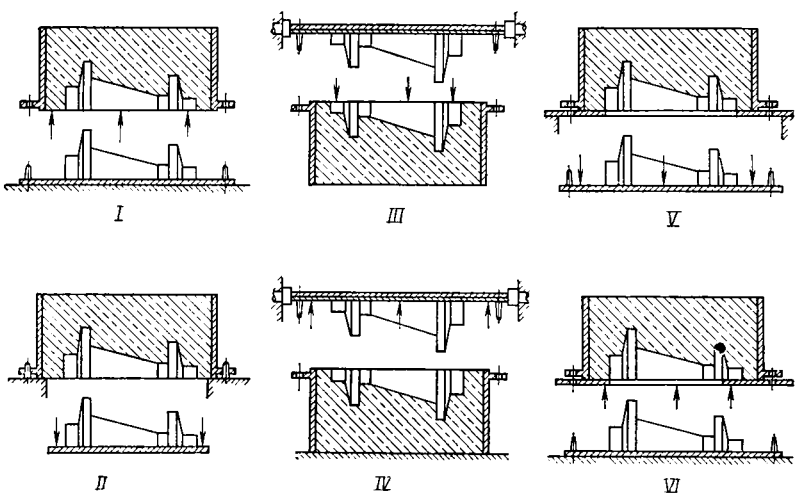


Фиг. 240. Установка стационарного пескомета.

(в то же время и решетка, сквозь которую просыпается в подвальное помещение излишняя земля) несет четыре подмодельные плиты, на которые ставятся опоки; последние, проходя по очереди под сплом пескомета, наполняются формовочной смесью и уплотняются. Пескомет работает непрерывно, а излишняя смесь, провалившаяся через решетку, поступает в землеприготовительную установку и снова на питающий транспортер; заформованные опоки передаются на сборочный конвейер и далее на заливку.

Механизация процесса удаления модели из формы

Механизация процесса удаления модели из формы является одним из существенных преимуществ машинной формовки, обеспечивающим высокую производительность формовочной машины, а также и большую точность отливок.



Фиг. 241. Способы удаления модели из формы.

Удаление модели из форм осуществляется при помощи штифтового подъема или посредством протяжных плит. Наиболее характерные способы удаления модели при помощи этих двух основных приемов показаны на фиг. 241: позиция *I* — модельная плита остается на месте, опока поднимается; позиция *II*—опока остается на месте, модельная плита опускается; позиция *III* — модельная плита с опокой переворачиваются, опока опускается; позиция *IV* — модельная плита с опокой переворачиваются, модельная плита поднимается; позиция *V* — опока остается на протяжной плите, модель

опускается; позиция *VI* — модельная плита остается на месте, опока с протяжной плитой поднимается.

При формовке крупных опок на машинах с перекидным столом удаление модели из формы осуществляется согласно позиции *II*.

Преимущества машинной формовки могут быть реализованы более или менее полно только при массовом производстве. Развитие и совершенствование конструкций формовочных машин вызывались запросами поточного производства в связи с возрастающими требованиями повышения производительности машин, точности и качества отливок. В связи с этими обстоятельствами организация рабочего места формовщика при машинной формовке приобретает исключительно важное значение, так как она связана с рядом специфических условий и резко отличается от постановки работы при ручной формовке.

Даже при машинной формовке в неконвейеризованной литейной значительная часть времени (около 84%) тратится нерационально, в результате чего уменьшается коэффициент полезного действия формовочной машины.

Характер и количество грузов, транспортируемых в каждом из отделений неконвейеризованной литейной для получения 1 *т* годного литья, указывают на то, что механизация подсобных работ, особенно непосредственно связанных с формовочным отделением, на долю которого приходится наибольшее количество грузов, может дать исключительно большой эффект.

Одним из наиболее значительных достижений в области производства отливок, безусловно, следует считать организацию работы поточным способом, т. е. введение принципа работы с подвижными опоками.

Принцип поточной (конвейерной) работы в литейных цехах дает огромные преимущества.

1. Механизированная уборка заформованных и возврат пустых опок при поточной работе освобождают формовщика от тяжелой, изнурительной работы по установке опок на стол машины и доставке их к месту заливки и дают возможность более целесообразно использовать квалифицированных формовщиков. Механизированный подвод формовочного материала увеличивает коэффициент полезного действия формовочной машины.

2. Сосредоточение в одном месте заливки опок значительно упрощает задачу рациональной вентиляции и удешевляет раздачу расплавленного металла.

3. Выбивка опок в определенном месте и организация постоянных мест формовки обеспечивают возможность наиболее простой и наиболее дешевой системы обработки и раздачи формовочной земли.

4. Вследствие того что при поточной работе весь цикл операций — от начала формовки до выбивки продолжается не более чем 1,5—2часа (снижаясь в отдельных случаях до 0,5 часа), образуется весьма значительная экономия на опоках и увеличении съема с 1 $м^2$ формо-

вочной площади, а следовательно, и уменьшение затрат по постройке и эксплуатации зданий.

Борьба за повышение производительности в литейных цехах сводится к устранению излишних движений при выполнении работ, связанных с процессом изготовления отливок, к более полному использованию механизмов и к упрощению отдельных операций.

В качестве примера приведем приемы работы формовщика-новатора Московского автомобильного завода им. Лихачева Петракова М. и способы совершенствования им технологического процесса формовки.

Бригада М. Петракова изготовляла формы для корпусов картера компрессора. Схема организации рабочих мест бригады показана на фиг. 242а и 242б.

М. Петраков внедрил следующие рационализаторские мероприятия:

1) установил подставки для щитков, что облегчило труд рабочих при подъеме щитков с полу;

2) установил рольганг с небольшим уклоном, что облегчило сталкивание ногой заформованной опоки с рольганга на конвейер;

3) установил коромысла подъемника с подвешенной порожней опокой на расстоянии вытянутой руки от рабочего места, что облегчило и ускорило установку опоки на штыри металлической модели;

4) уменьшил число ударов машины с 60 до 35 с одновременным увеличением высоты слоя земли, предназначенной к допрессовке, что сократило на 25% время уплотнения опоки;

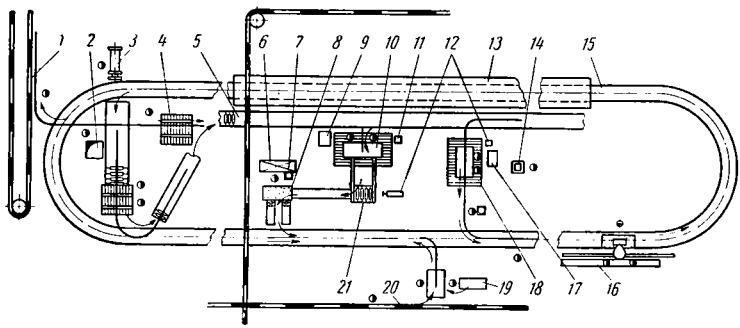
5) заменил ручное сгребание излишней земли с опоки при помощи линейки установкой вращающегося на вертикальной оси кронштейна с прикрепленным к нему скребком, что сократило время и облегчило труд рабочего при проведении этой операции;

6) применил новый способ установки опок на формовочную машину, а именно: установку в тот момент, когда каретка ее еще не касается встряхивающего стола и находится под некоторым углом к нему, в отличие от обычного положения, когда каретка в этот момент находится на встряхивающем столе машины; внедрение этого мероприятия позволило сэкономить несколько секунд при формовке каждой опоки;

7) увеличил конусность металлической модели от 1 до 2°, что ликвидировало брак по подрыву формы и позволило работать быстрее; в результате внедрения этого мероприятия сменная выработка увеличилась не менее чем на 150 форм;

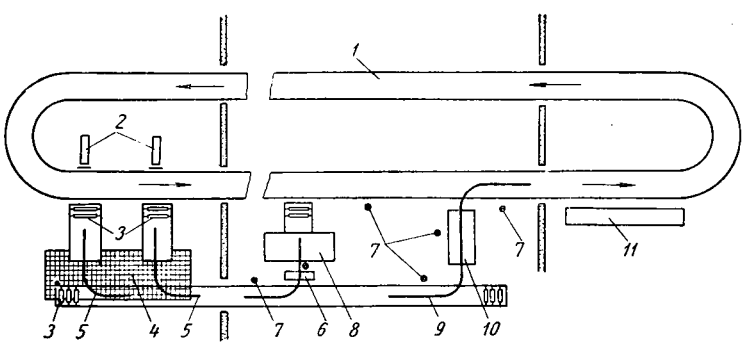
8) повысил скорость конвейера с 4,3 до 5,0 *м/мин*, что обеспечило достаточное количество свободных мест для установки на конвейер заформованных опок.

Внедрение всех этих мероприятий, как бы малы они не казались на первый взгляд, позволило бригаде М. Петракова дать за смену 848 опок при цеховой норме 176 опок, т. е. перевыполнить норму на 382%.



Фиг. 242а. Участок литейного конвейера № 1:

1 — подвесной конвейер литья; *2* — люк для литника; *3* и *12* — толкатели для форм; *4* — выбивная решетка; *5* — рольганг для возврата опок, *6* — стеллаж для стержней; *7* — краска для форм; *8* — нижняя форма; *9* и *17* — облицовочная смесь; *10* и *18* — формовочные станки; *11* — стол для инструмента; *13* — кожух; *14* — формовочная машина для литниковой чаши; *15* — литейный конвейер; *16* — заливочная площадка; *19* — стол для стержней; *20* — подвесной контейнер для стержней, *21* — каретка.



Фиг. 242б. Схема организации рабочих мест бригады формовщика М. Петракова:

1 — литейный конвейер; *2* — толкатель для выбивки форм; *3* — рольганги; *4* — выбивная решетка; *5* — монорельсы; *6* — подставка для подопочных щитков; *7* — рабочие места; *8* — формовочный станок для изготовления нижних полуформ; *9* — монорельс; *10* — формовочный станок для изготовления верхних полуформ; *11* — заливочная площадка.

Виды машинной формовки

Различают три типа машинной формовки: безопочная формовка (формовка в съемных опоках), стопочная (этажная) формовка, формовка в парных опоках.

Безопочная формовка

Этот способ формовки требует применения специальных съемных опок, которые снимают с формы после ее уплотнения, а перед заливкой на форму надевают особые жакеты для предохранения формы от разрушения во время заливки.

Основное преимущество этого способа формовки — значительная экономия в количестве используемых опок и облегчение процесса формовки. Недостатком этого способа является повышенный брак по перекосу.

Применявшийся ранее способ безопочной формовки в разъемных опоках, которые перед удалением формы из опоки раскрывались, теперь почти повсюду вытеснен формовкой в съемных опоках.

Схема безопочной формовки приведена на фиг. 243. На фиг. 243 показано положение *I*, когда на верхнюю опоку в опрокинутом положении наложена двусторонняя модельная плита и нижняя опока.

После наполнения нижней опоки формовочной смесью (сначала идет слой толщиной 20 *мм* — облицовочный, а остальное — наполнительная смесь) происходит уплотнение формы.

Положение *II*. После уплотнения нижней опоки обе опоки переворачивают и заформовывают верхнюю опоку. Эта операция осуществляется посредством впрессовывания прессовой колодки в верхнюю опоку.

Положение *III*. Прорезают стояк при помощи конической полой трубки и поднимают верхнюю опоку.

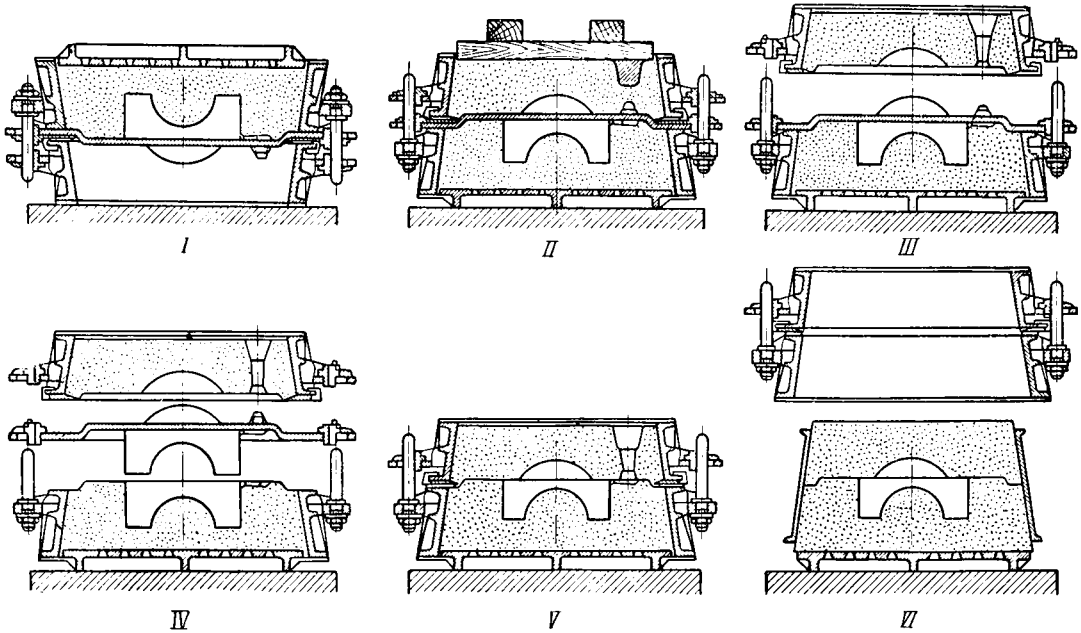
Положение *IV*. Снимают подмодельную плиту и, если это необходимо, вставляют стержни в нижнюю опоку.

Положение *V*. Нижнюю опоку накрывают верхней опокой.

Положение *VI*. С собранной формы удаляют обе опоки, форму передают к месту заливки, где на нее надевают жакет и накладывают груз.

Модельные плиты для безопочной формовки делают с уступом-замком, высотой 10 *мм* и с уклоном 45° для устранения сдвига верхней опоки относительно нижней, а также и порыва металла по разъему формы.

Безопочная формовка производится по большей части на встряхивающих с дополнительным прессованием формовочных машинах для опок размером 400 × 250, 400 × 300, 450 × 300 и 450 × 350 *мм*.

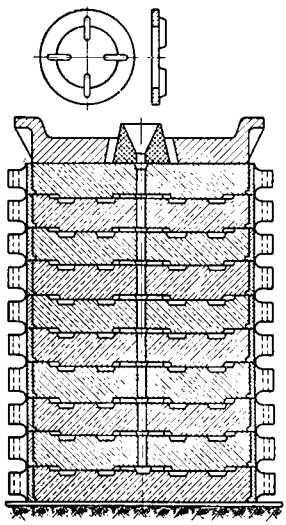


Фиг. 243. Схема процесса безопочной формовки.

Стопочная формовка

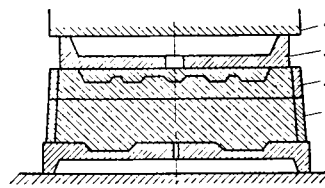
Основным преимуществом стопочной формовки следует считать экономию формовочной площади.

К недостаткам стопочной формовки относятся следующие: а) затрата лишнего времени для того, чтобы точно собрать стопу форм, а следовательно, необходимость в соблюдении большой точности при изготовлении оснастки для предотвращения сдвига стопы; б) потребность в большой затрате физического труда для установки опок в стопу; в) усложнение работ, связанных с устройством вентиляции форм, выпоров, а также с процессом заливки форм; г) при двустороннем прессовании, применение которого в процессе стопочной формовки дает наибольший эффект, исключается использование опок с крестовинами.



Фиг. 244. Схема процесса стопочной формовки.

Вследствие перечисленных недостатков стопочная формовка применяется преимущественно для мелких отливок, незначительной высоты (не более 50 *мм*), когда не требуется особой точности.



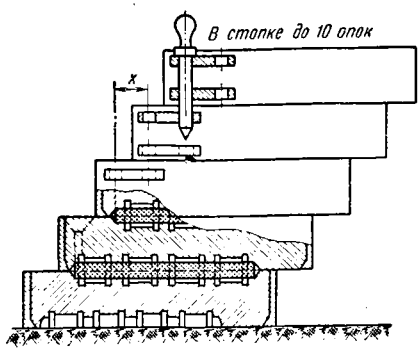
Фиг. 245. Схема процесса двустороннего прессования.

Различают два вида стопочной формовки — этажную и ступенчатую.

При этажной формовке заформованные опоки, имеющие отпечаток с двух сторон, собирают в количестве 10—15 шт. в стопку и заливают через общий стояк, проходящий через все опоки (фиг. 244).

Наибольшую экономию формовочной площади дает этажная формовка на прессовых машинах. Схема изготовления форм показана на фиг. 245. Установленную на опоку *1* наполнительную рамку *2* заполняют формовочной смесью и уплотняют модельной плитой *3*, прикрепленной к траверсе машины *4*. Осаживание плиты *3* на высоту рамки *2* осуществляют прессованием верхней части формы, причем уплотнение верхней части формы получается бо́льшим, чем нижней.

Ступенчатая формовка характеризуется тем, что заформованные опоки устанавливают друг на друга так, чтобы каждая вышележащая опока была сдвинута по отношению к нижележащей на величину x, равную ширине литниковой чаши (фиг. 246).

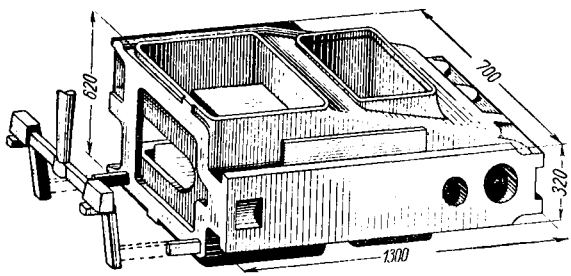


Фиг. 246. Схема процесса ступенчатой формовки.

Каждую опоку заливают отдельно. Формовка производится прессованием, причем нижний отпечаток дает модельная плита, укрепленная на столе машины, а верхний отпечаток — модельная плита, соединенная с траверсой и сдвинутая по отношению к нижней на величину x.

Формовка в парных опоках

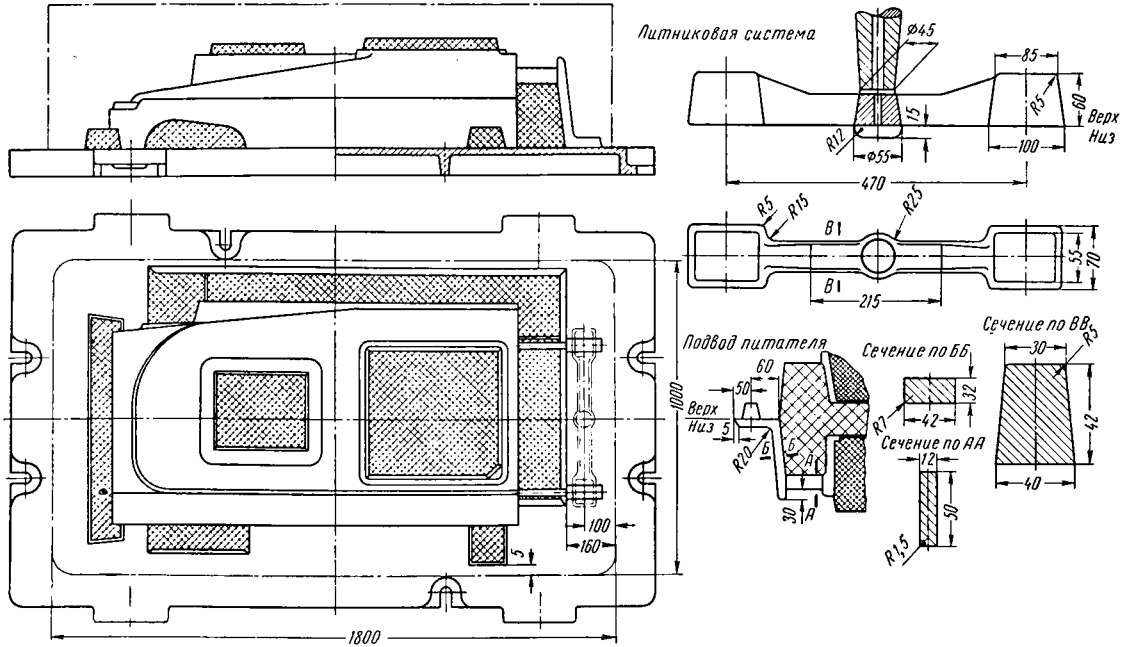
На фиг. 247 представлен чертеж отливок станины вертикально-фрезерного станка модели 682 с литниковой системой. Более подробно конструкция литниковой системы и схема подвода питателей показаны на фиг. 248, на которой, помимо этого, указано



Фиг. 247. Станина вертикально-фрезерного станка, модель 682.

расположение нижней половины модели на подмодельной плите. Формовка производится в парных опоках на встряхивающей формовочной машине. Вид собранной формы показан на фиг. 249.

Вся фигурная внутренняя полость станин оформляется при помощи двенадцати стержней (фиг. 249, поз. *1—12*). На формовочной машине оформляется относительно более простая наружная поверхность. Наиболее крупные стержни, каковы, например, *2*, *3*, *9*, гото-

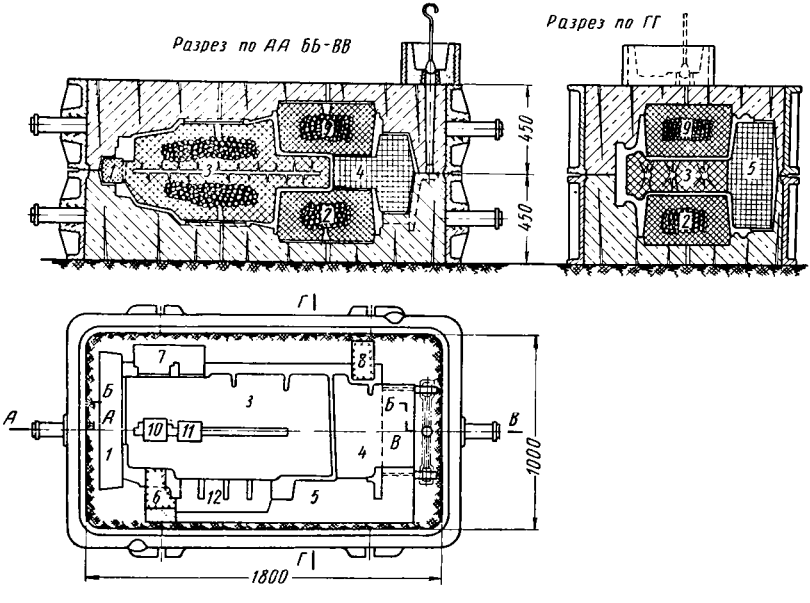


Фиг. 248. Расположение нижней половины модели станины вертикально-фрезерного станка 682 на подмодельной плите и литниковая система.

вят из песчано-глинистой смеси и укрепляют чугунной арматурой. Внутренняя полость стержней заполнена гарью.

На собранные опоки устанавливают дополнительную небольшую опоку («нарощалка») для литниковой чаши с пробкой для предохранения от попадания шлака в форму.

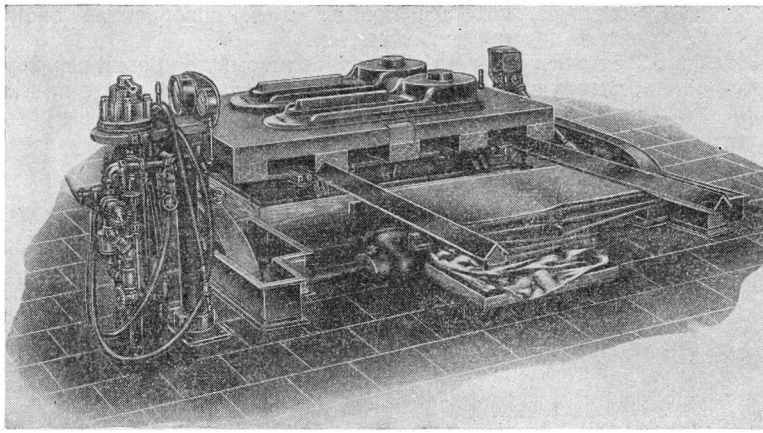
Верхние опоки формуют преимущественно на встряхивающих формовочных машинах типа 266 (см. фиг. 234), а нижние опоки —



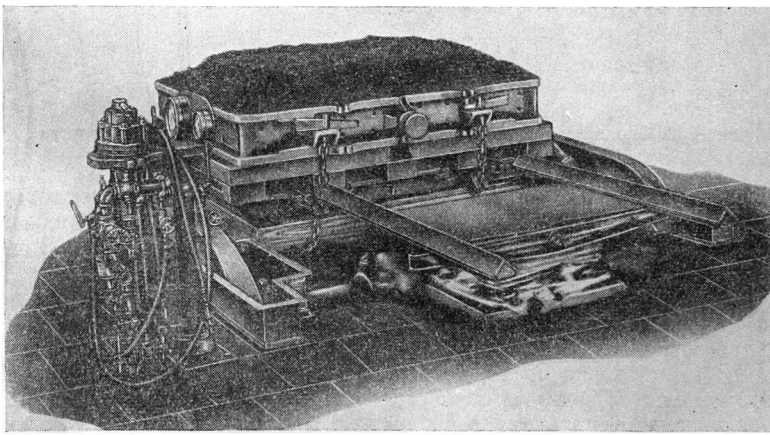
Фиг. 249. Собранная форма станины.

на машинах типа 253 (см. фиг. 233), снабженных механизмом для поворота плиты. В практике нередки случаи, когда для формовки и верхних и нижних опок применяют один тип формовочной машины, а именно машину типа 266 (см. фиг. 234), обладающую большой производительностью.

Схема формовки на машинах с поворотным столом, особенно для крупных опок, показана на фиг. 250—254. На фиг. 250 показана машина перед началом формовки, когда подмодельная плита с расположенной на ней моделью обдута сжатым воздухом. На фиг. 251 показана машина с установленной на ней опокой, которая заполнена формовочной землей (из бункера или вручную); тут же производится уплотнение формовочной смеси встряхиванием, подпрессовка верха опоки пневматической трамбовкой и сгребание излишков смеси.



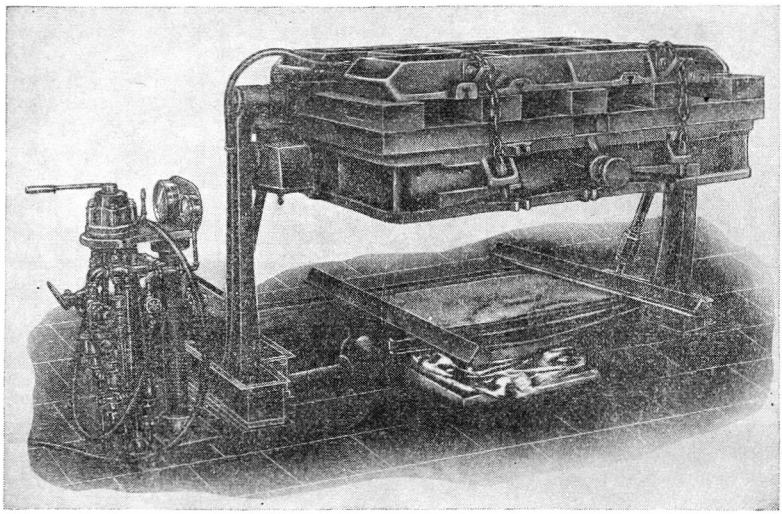
Фиг. 250. Формовка на машине с поворотным столом для крупных опок.



Фиг. 251. Опока, наполненная землей, установлена на машине с поворотным столом.

На фиг. 252 показано, как на верх опоки наложена плита, которая скрепляется с заформованной опокой; затем приводится в действие рычажный механизм, который поднимает и, поворачивая опоку на 180°, ставит ее над приемным столом.

На фиг. 253 показан приемный стол, поднятый до уровня перевернутой опоки, которую затем открепляют от плиты, после чего прием-

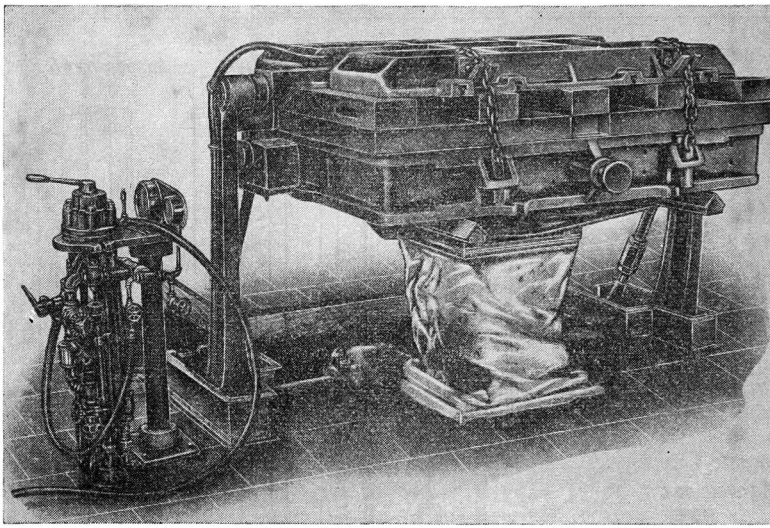


Фиг. 252. Опока на машине с поворотным столом накрыта плитой и готова к повороту на 180°.

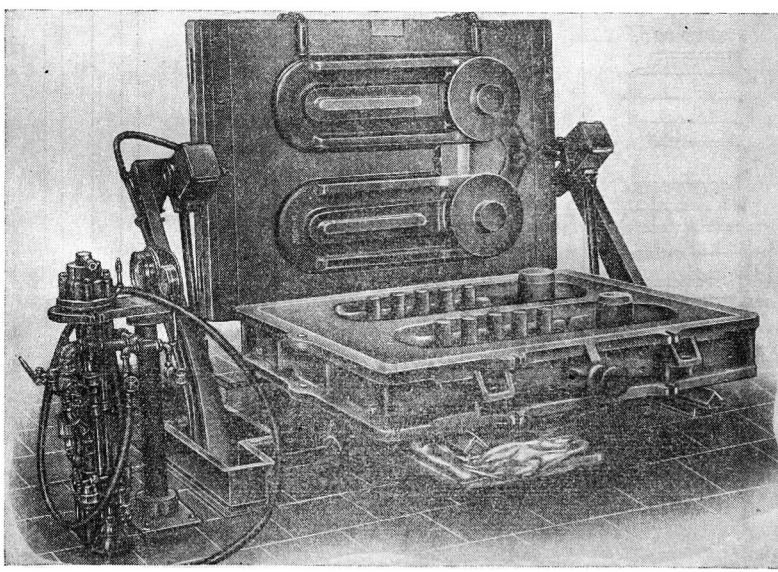
ный стол с лежащей на нем опокой опускается, причем происходит протяжка модели; опоку отделывают и в форму устанавливают стержни (фиг. 254); фомру припыливают, подготовляя к накрыванию ее верхней опокой.

Вследствие того, что изготовление форм на встряхивающих машинах почти всегда сопровождается дополнительной операцией — подпрессовкой верха опоки, производительность встряхивающих машин значительно ниже производительности прессовых машин; поэтому всюду, где это возможно (при всех прочих равных условиях), следует предпочитать при выборе типа формовочной машины прессовые машины. Это оправдывается также тем, что вибрация при уплотнении прессованием значительно расширяет область применения прессовых машин.

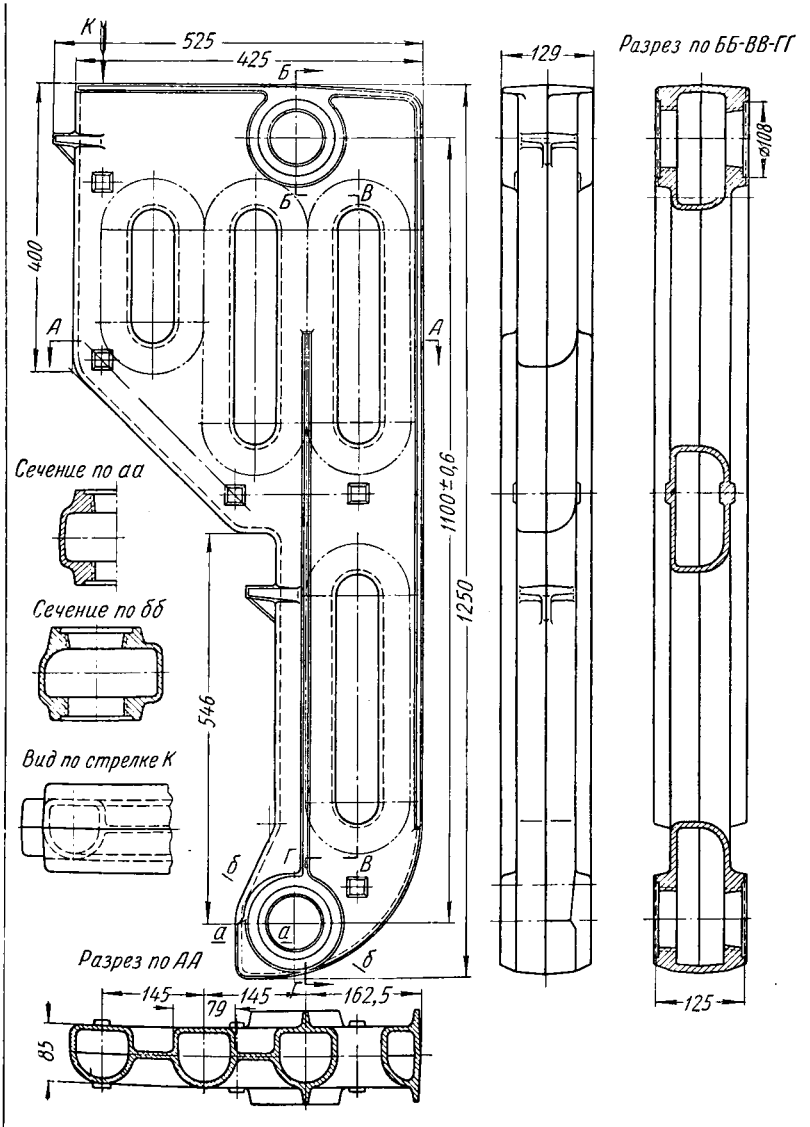
На фиг. 255 изображена секция отопительного чугунного котла, которую формуют при помощи пескомета, помещая в опоке две секции.



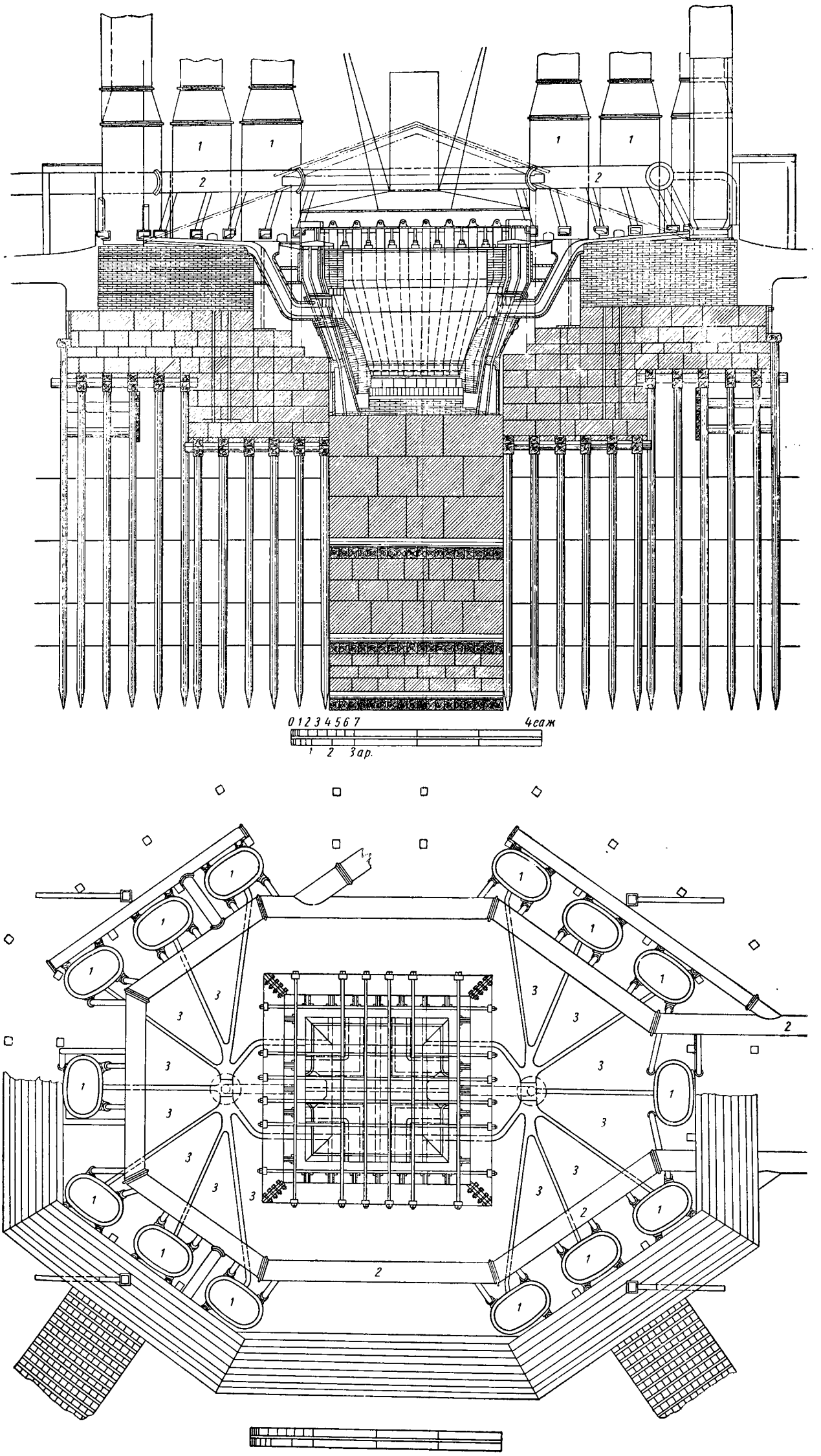
Фиг. 253. Приемный стол машины поднят до уровня переворачивания опоки.



Фиг. 254. Опока с установленными стержнями на машине с поворотным столом.



Фиг. 255. Секция оптимального чугунного котла.



Фиг. 256. Формовка стула (шабота) молота весом ~ 625 *т*.

§ 4. ПРИМЕРЫ ФОРМОВКИ

Формовка стула молота весом 38 500 пудов (625 *т*)

Главная особенность литья подобных изделий заключается в том, чтобы оно было без брака; поэтому все подготовительные работы и изготовление формы должны осуществляться особенно тщательно под самым строгим наблюдением технического персонала.

При формовке особое внимание было уделено устройству фундамента под стул молота (фиг. 256), который состоял из перемежающихся слоев дерева и песчаника; в самом низу были положены два ряда семивершковых (~300 *мм*) брусьев, один над другим крестнакрест; брусья эти были плотно притесаны друг к другу и сверху покрыты просмоленным войлоком. Над брусьями были положены три ряда песчаника; все швы и промежутки между камнями тщательно заделывали и заливали цементным раствором. Затем клали два таких же ряда брусьев и снова три ряда, но уже более крупных камней, затем еще два ряда брусьев и три ряда крупных камней.

По предварительным подсчетам стул весил 38 500 пудов и отливался цельным. Следовательно стул необходимо было отлить на месте. Решено было после отливки перевернуть стул на 180° вокруг цапф, расположенных на высоте центра тяжести стула.

Конструкция, сборка и изготовление формы были хорошо продуманы и выполнены. Опока и форма помещались в четырехугольной яме (кессоне), дном которой служила каменная кладка фундамента под стул, а боковой поверхностью — уступы кладки основания под станиной молота (фиг. 256).

Перед сборкой опоки были приняты меры предосторожности, которые должны были предохранить яму от проникновения в нее влаги; для этого все швы были залиты цементным раствором и все пространство между верхней кромкой и выступами боков кладки было забито смесью формовочной смеси с глиной. Внутри формы была установлена печь для сушки. Опока составлялась из целой серии чугунных вертикальных стенок и горизонтальных балок, связанных между собой болтами; промежутки между ними были заложены чугунными плитами, образовавшими двойные стенки опоки.

Прежде всего непосредственно на каменную кладку были поставлены нижние стойки опоки, по восемь с каждой стороны. Пространство между стойками и боками ямы было заложено красным кирпичом. Каждая из нижних стоек оканчивалась сверху плоской доской, в которой сделана выемка; в эту выемку входит головка горизонтальной балки, скрепляющей нижние вертикальные стойки. Четыре такие горизонтальные балки были соединены между собой концами при помощи болтов.

На эти горизонтальные балки были поставлены верхние стойки, в сечении имеющие ту же форму, что и нижние стойки. Верхние и нижние стойки размещались одни над другими и скреплялись

между собой болтами, проходящими через нижние доски верхних стоек, горизонтальную балку и верхние доски нижних стоек. Когда были поставлены на место верхние стойки (весом 100—120 пудов * каждая), на них были уложены верхние горизонтальные балки, стянутые болтами на концах и прикрепленные болтами к верхним вертикальным стойкам. Среди вертикальных стоек и по величине и по форме выделяются цапфенные стойки, которые имеют выгиб на уровне цапф стула.

По окончании сборки опоки приступили к набивке формы стула, сначала был выложен плашмя ряд из красного кирпича, затем второй ряд, в котором были оставлены каналы шириной и высотой по 70 *мм*. Каждый из этих каналов сообщался системой труб с отверстиями для вентиляции, которые были проложены по стенкам опоки и предназначались для удаления газов и водных паров из кирпичной кладки. Сверху одного ряда кирпичей с каналами внутри опоки были положены еще два ряда красного кирпича, после чего вся кладка была хорошо просушена.

После этого на расстоянии приблизительно 360 *мм* от нижних вертикальных стоек выполнили кладку из белого кирпича в виде четырехугольного канала. Первый ряд белого кирпича был уложен совершенно горизонтально, а следующие три ряда — с подкосами, с таким расчетом, чтобы верхняя часть кладки приняла форму опрокинутого свода. Оконченную кладку этого вогнутого свода тщательно просушили (огонь разводили в канале кругом этой кладки, после чего канал очистили от золы и мусора, засыпали землей и уплотнили до уровня третьего ряда белого кирпича). Затем начали выкладывать следующие ряды кирпича.

Когда была окончена кладка дна формы, приступили к кладке боковых стенок формы, основанием которых служила уплотненная формовочная земля над каналом, между кладкой из белого кирпича и чугунными стойками опоки. Стенки эти толщиной по два с половиной кирпича выкладывали с небольшим уклоном к наружи.

Прежде чем начать кладку боковых стенок, при помощи шаблонов уплотняли формовочной землей пространство между нижними вертикальными стойками до боков ямы, затем вставили на место и привернули к нижним стойкам чугунные плиты, образовавшие внутреннюю стенку опоки. В щелеобразные углубления этих опок поместили газоотводные трубы.

Когда кладка боков была доведена до уровня нижних горизонтальных балок, поставили на место чугунные плиты, составлявшие верхнюю часть стенки опоки стула, затем продолжали кладку стенок. Доведя кладку боков формы до уровня цапф, стали выкладывать ниши, в которых должна была поместиться форма цапф. Для этого пришлось стесать поверхность кладки и положить на нее ряд кир-

* 1,5—2,0 *т* каждая

пичей, отесанных снизу с таким расчетом, чтобы получилась горизонтальная поверхность.

На горизонтальной площадке выкладывали по шаблону форму для цапф в виде двойного свода. Одновременно с этим поставили изогнутые чугунные трубы, выложенные внутри белым кирпичом. Эти трубы, служащие нижними литниками, прикрепляли фланцем к чугунной плите, привернутой к стенкам цапф. Затем продолжали кладку верхних вертикальных стенок, после чего затрамбовали пространство между верхними вертикальными стойками и внутренней стенкой опоки, затем закладывали за выступ вертикальных стоек доски, представлявшие собой наружную стенку опоки, и ставили газоотводные трубы (d = 140 *мм*); трубы эти сообщались с горизонтальными каналами в кирпичной кладке дна формы.

Когда кончили сборку наружной стенки опоки и уплотнили все пространство между ее стенками, тогда сверху кирпичной кладки уложили чугунные плиты, на которые положили поперечные брусья, а на них поставили чугунные стойки, упиравшиеся своим верхним концом в верхние горизонтальные чугунные балки. Эти балки были стянуты при сборке опоки и затем свинчены на концах болтами точно так же, как и нижние горизонтальные балки. После этого были поставлены на место вертикальные чугунные плиты, прикрепленные к цапфенным стенкам, представляющие собой как бы кожух литников; затем положили на место горизонтальные чугунные балки, свернутые на концах болтами; наконец, все пространство между стенками опоки и кирпичной кладкой уплотнили формовочной смесью.

На работу было затрачено 10 дней, в течение которых было занято 140 рабочих.

Кладку в ходе работы подвергали несколько раз сушке, перед отливкой ее еще раз тщательно просушили и, дав остыть, закрасили формовочной краской.

Для расплавления чугуна были построены четырнадцать вагранок *1* (фиг. 256) эллиптического сечения со сплошной щелью вместо отдельных фурм. Воздух к вагранкам подавался двумя воздухопроводами *2* от воздуходувных машин; у самых вагранок оба воздухопровода соединялись в один общий, который шел вдоль внутренней стороны фронта вагранок. Длина воздухопровода 1600 *м*.

В 3 часа 15 мин. зажгли вагранки, а в 4 часа 15 мин. расплавленный чугун через литники по желобам *3* и через цапфы с обеих сторон был пущен в форму.

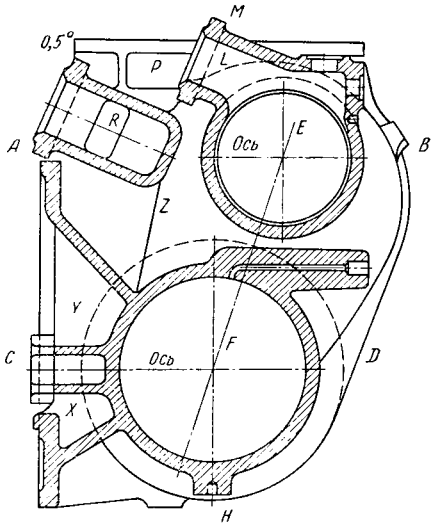
Наполнив форму до надлежащего уровня чугуном, засыпали поверхность жидкого металла сначала древесноугольным мусором, а затем слоем песка толщиной 1400 *мм* и оставили стул остывать. Через 10 суток пробили корку остывшего чугуна и приготовились сделать доливку, но усадки не только не оказалось, а напротив чугун выбивался вверх (очевидно, это совпало с моментом выделения графита в застывающем чугуне).

Через 14 дней температура в промежутках между стенками опоки равнялась 700° С, наружная температура —9° С.

Через 4 недели после отливки стула в боках опоки были просверлены отверстия, доходившие до стенок стула; через эти отверстия определялась температура отливки.

Оказалось, что температура наружной стенки стула через 4 недели после отливки выше 700° С, через 6 недель 423°С и через 8 недель 330°С.

Расплавлено было 42 460 пудов металла, что за вычетом 4390 пудов (угар 5,5%) и нерасплавившегося чугуна (2390 пудов) составило 38 000 пудов. На это было израсходовано 3376 пудов антрацита и 2664 пуда кокса.



Фиг. 257. Чертеж сложной детали

Формовка сложной детали

Схематический чертеж паровозного цилиндра серии СУ приведен на фиг. 257. Разрезы модели проходят по линиям *AB* и *CD*.

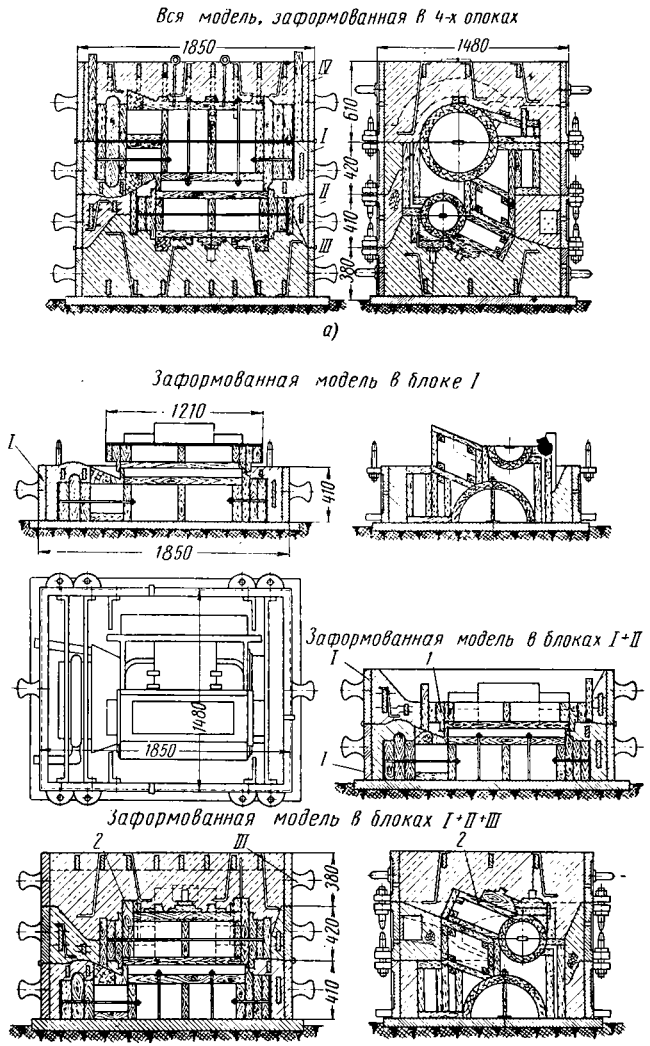
Формовку цилиндра осуществляют ручным способом в четырех опоках: участок *CDH* формуется в опоке *IV* (см. фиг. 259, *а*), участок *ABCD* — в опоках *I* и *II* (фиг. 258), участок *ABM* — в опоке *III*.

Опоки	Размер в *мм*
I (без крестовин)	1850 × 1480 × 410
II (без крестовин)	1850 × 1480 × 420
III (с прямыми крестовинами)	1850 × 1480 × 380
IV (с фигурными крестовинами)	1850 × 1480 × 610

Порядок операций по формовке цилиндра

На строганую чугунную плиту устанавливают среднюю часть модели (фиг. 258), соответствующую участку *ABCD* (см. фиг. 257), плоскостью разъема соприкасающейся с верхней частью модели (фиг. 258).

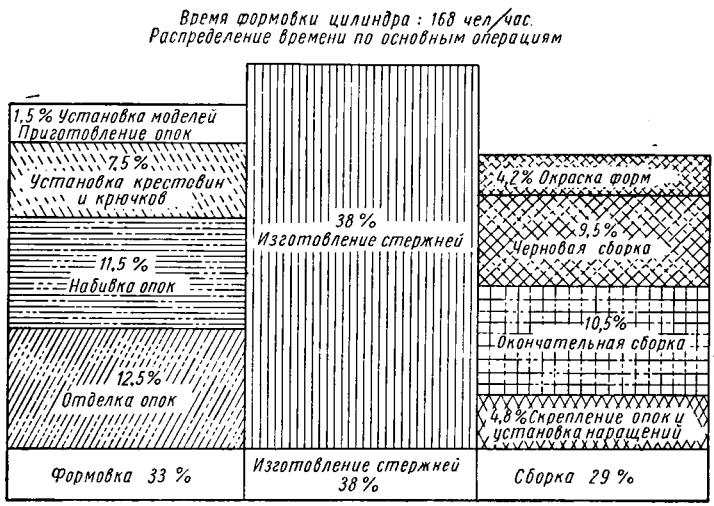
Модель протирают тряпкой и обдувают сжатым воздухом, после чего устанавливают отъемные части модели и проверяют правильность их установки. Затем на плиту устанавливают опоку, к стенкам которой прикрепляют болтами заранее изготовленные крестовины,



Фиг. 258а. Технологический процесс формовки цилиндра: формовка модели в опоках *I*, *II*, *III*, *IV* и распределение времени формовки по основным операциям.

соответственно впадинам модели; в дополнение к крестовинам устанавливают крючки.

Форму набивают следующим образом. Сначала модель вместе с моделью стояка и выпора обкладывают облицовочной землей, которую слегка уплотняют вокруг модели легкими ударами деревянного молотка. Затем последовательными слоями (~ 100 *мм*) утрамбовывают наполнительную землю при помощи ручной или



б)

Фиг. 258б. Время формовки цилиндра.

пневматической трамбовки до верха опоки. Излишек земли счищают линейкой и поверхность опоки отделывают. В процессе отделки все выступающие части формы прошпиливают, поверхность тщательно отделывают гладилкой и посыпают разделительным песком. После этого ставят модель шиберного полуцилиндра *1* (фиг. 258). Затем ставят опоку *II* и набивают аналогично тому, как набивали опоку *I*. После отделки второй опоки (заглаживания ее поверхности и посыпки разделительным песком) устанавливают модель *2* верхней половины золотникового цилиндра (фиг. 258) и опоку *III*.

Примерное распределение времени по основным операциям — на формовку, изготовление стержней и сборку формы паровозного цилиндра, составляющее 168 чел.-час., показано на фиг. 258, *б*.

После набивки и отделки опоки *III* скрепляют болтами все опоки (*I*, *II* и *III*) и переворачивают их на 180°. Затем накладывают

часть модели *CDH* и опоку *IV* (фиг. 258, *а*) и уплотняют ее в том же порядке.

После этого опоку *IV* снимают с помощью крана, поворачивают на 180° и отставляют в сторону для отделки. Затем извлекают соответствующую часть модели. Установленные в порядке сверху вниз опоки *I*, *II* и *III* оставляют на месте. Затем из опоки *I* вынимают модель, занимавшую опоки *I* и *II*, и эти опоки раскрепляют, снимают краном и отставляют в сторону для отделки. Затем вынимают часть модели из опоки *III*.

Отделка опок состоит в исправлении поврежденных мест, прошпиловке их и удалении мелких отъемных частей и т. п.

После отделки все опоки направляют на сушку.

Сборка формы цилиндра производится два раза: первый раз начерно и второй раз окончательно. Черновая сборка служит для пригонки стержней.

Порядок чистовой сборки

Опоки с установленными в них стержнями скрепляются, для чего берутся четыре балки *1* (фиг. 259, *а*) с прорезями на концах (две сверху и две снизу). Между собой они соединяются по бокам четырьмя болтами-тягами *2* (по два с каждой стороны). Диаметр тяг 35 *мм*.

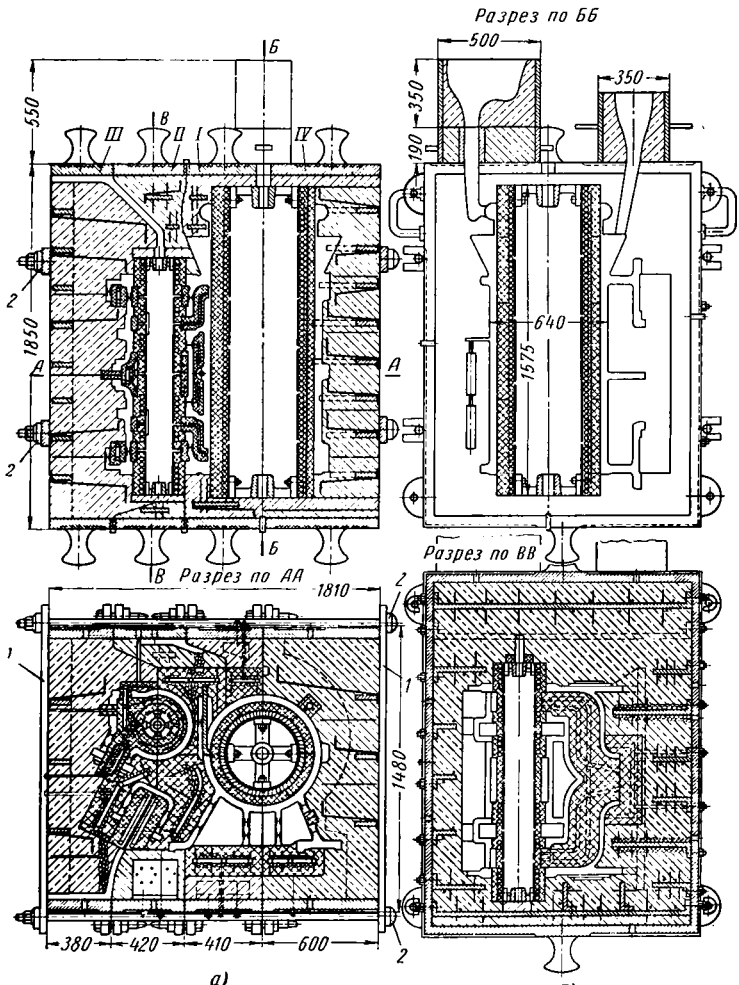
Скрепленные опоки поворачивают на 90° и устанавливают в яме для заливки.

Затем на опоку устанавливаются «нарощалки» для литниковой чаши и выпора (фиг. 259, *б*).

Описанный ручной способ формовки паровозного цилиндра в механизированных литейных цехах может быть значительно улучшен: уплотнение формовочной земли в опоках может осуществляться пескометом или на встряхивающих машинах с поворотным столом. Вместо последовательного порядка формовочных работ вполне возможен параллельный способ набивки опок и для машинной формовки, и для ручной работы. Необходимым условием для этого является точная оснастка, приспособления и жесткая технологическая дисциплина.

Формовка траверсы гидравлического пресса весом 120 *т*

Чертеж отливки показан на фиг. 260; размеры отливки 7930 × × 3215 × 2465 *мм*, чистый вес 120 *т*, черный вес 130,5 *т* и вес жидкого металла 155 *т*, материал — сталь 35Л [0,3—0,4% C; 0,5—0,8% Mn; 0,2—0,4% Si; 0,045% (S и P)]. Формовка производилась в кирпичном кессоне размером 10 000 × 5000 × 4000 *мм*. Для вывода газа из формы твердую постель готовили следующим способом: дно кессона выкладывали каменноугольными сгарками, слоем 150 *мм*; по углам кессона на сгарки устанавливали четыре газоотводные трубы диаметром 120 *мм*; на сгарки набивали наполнительный состав слоем 180 *мм*, а на него слой облицовочного состава

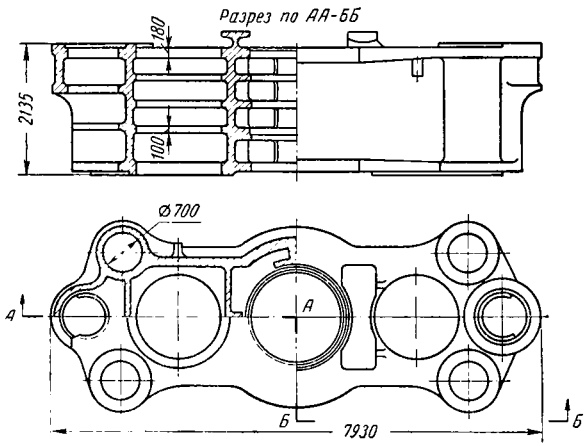


Фиг. 259. Собранная форма паровозного цилиндра серии СУ.

100 *мм*. Под знаки крупных стержней № 5 и 6 весом 15—16 *т* были заложены куски рельсов для предохранения от обжатия низа формы (фиг. 261).

Модель устанавливали на дно постели в строго горизонтальном положении, с выверкой по уровню. В качестве формовочного материала применяли формовочную смесь.

Формы набивали очень тщательно, слоями толщиной 100—120 *мм*. с последующей прокладкой поверх каждого слоя железных крючков.



Фиг. 260. Чертеж отливки траверсы гидравлического пресса.

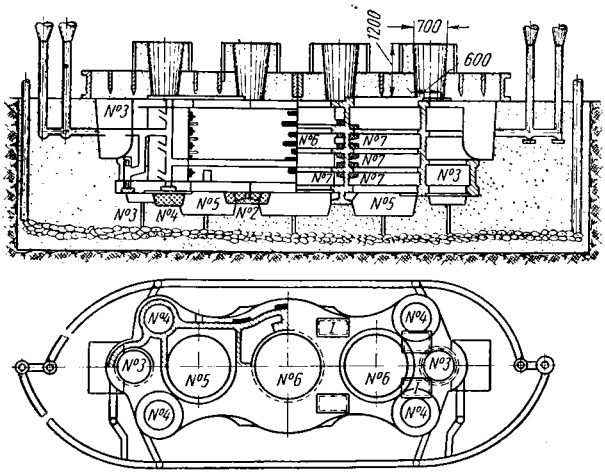
Толщина облицовочного слоя составляла 80—100 *мм*. По мере набивки нижней части формы составлялась литниковая система из шамотных трубок, и всюду, где оказывались тепловые узлы — в радиусных частях формы и между ребрами, устанавливали наружные холодильники. Кроме того, против тепловых узлов прямолинейных участков формы проставляли холодильники из стали 45 × 45 *мм* длиной 300 *мм*.

Верхнюю опоку набивали той же формовочной смесью, что и нижнюю. Наряду с плотной набивкой и креплением формы крючками производили ослабление формы для обеспечения незатрудненной усадки, для чего около прибылей на расстоянии от них, равном 100 *мм*, заформовывали доски толщиной 80 *мм*; полости, образованные между досками, засыпали сухим песком.

При отделке формы обращали особое внимание на исправление недостаточно хорошо уплотненных мест. Всю поверхность формы прошпиливали шпильками длиной 60—80 *мм* в количестве 12—14 шт. на 1 $дм^2$ в нижней и 18—20 шт. на 1 $дм^2$ в верхней части формы.

В то же время из формы вынимали модели усадочных ребер, которые были сделаны отъемными.

После отделки и прошпиловки форму красили маршалитовой краской. Сушили форму на глубину 100—120 *мм* переносными сушилами и дополнительно жаровнями. Контроль глубины просушенного слоя осуществлялся влагомером.

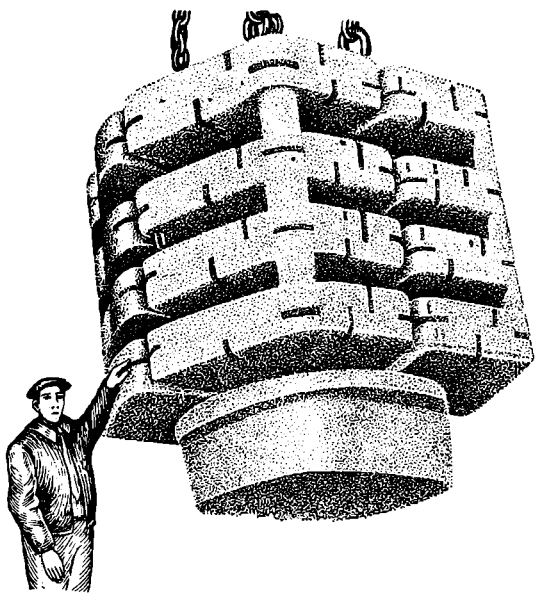


Фиг. 261. Форма для отливки траверсы: № 2, 3, 4, 5, 6, 7 — стержни.

Для отливки траверсы изготовляли по восьми стержневым ящикам 37 стержней. Наиболее ответственными из них были стержни № 5 и 6 (фиг. 262), сложной конфигурации, с глубокими полостями, образующими в отливке кольцевые ребра толщиной 100 *мм*. Вес каждого стержня ~16 *т*. Каркасы для стержней выполнялись так, чтобы они могли обеспечить точность размеров стержней и их прочность во время транспортировки и одновременно с этим были податливыми. Для стержней № 5 и 6 каркасы состояли из стальной плиты, к которой приваривали фигурные стальные, литые ребра; к ребрам на выступающей их части приваривали обручи из стального прутка диаметром ~ 25 *мм*, выгнутые по конфигурации стержней. Внутреннюю часть стержней заполняли опилками и каменноугольными огарками. Газы из стержней отводили как вверх, так и вниз.

При расчете литниковой системы и выборе мест для подвода металла в форму исходили из того, чтобы получить: а) направленное затвердевание; б) скорость заливки, обеспечивающую максимальную чистоту отливки; в) положение отливки в форме, при котором подвод металла не создавал бы местного разогрева отливки и исключал размыв стержней и стенок формы.

Литниковая система состояла из шестнадцати питателей сечением 30 × 120 *мм*, пяти литниковых ходов диаметром ~100 *мм* и четырех стояков диаметром ~100 *мм*. Подвод металла осуществлялся по касательной в 2—3 яруса.



Фиг. 262. Главный стержень № 5 траверсы.

Форму собирали весьма тщательно; проверяли влагомером глубину просушки; особенное внимание уделяли правильной установке и креплению стержней. Стык опок для предохранения его от прорыва металла засыпали формовочным составом и протрамбовывали облицовочным составом.

Форму нагружали грузом 350 *т*, уложенным на балки.

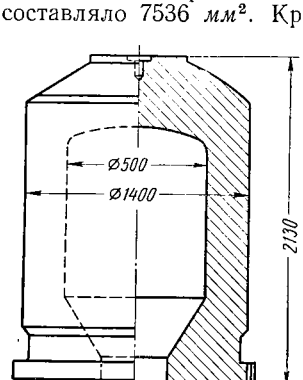
Формовка стального плунжера весом 21 *т*

На фиг. 263 показан чертеж плунжера; материал — сталь 50Л. Отливка подвергается гидропробе под давлением 450 *ати*. Боковая поверхность плунжера 8 $м^2$ шлифуется и не должна иметь литейных пороков, так как работает на трение.

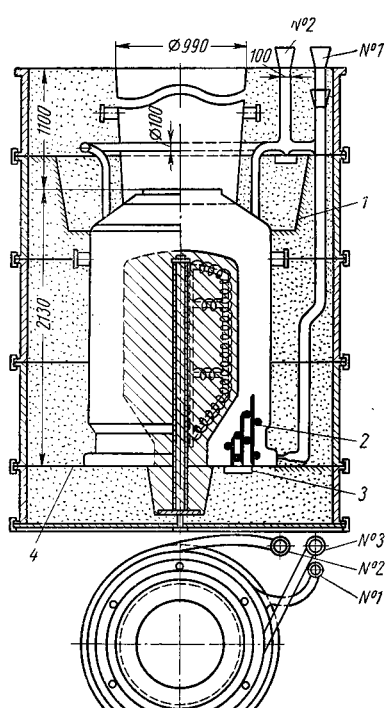
Для предохранения формы от разрушения ее струей падающего металла в процессе заливки была выбрана двухъярусная литниковая система. Основную часть металла заливали через дождевую литниковую систему, расположенную строго параллельно и концентрично

к оси отливки. С целью создания подушки для дождевой системы в нижнюю часть формы подводили изолированным литником металл в количестве около 3000 *кг* для заливки нижнего фланца; разогрев нижней массивной части отливки предотвращали путем установки внутренних холодильников.

Для обеспечения надлежащей скорости заливки в дождевую литниковую систему наряду со стояком № 1 был добавлен второй стояк № 2 (фиг. 264). Общая площадь двух стояков диаметром, равным 60 *мм*, составляла 5654 *мм*^{2}; сечение двух стояков диаметром 100 *мм*, соединенных ветвью такого же диаметра, равнялось 15 708 *мм*^{2}; сечение шести дождевых питателей диаметром 40 *мм* составляло 7536 *мм*^{2}. Круглая прибыль (диаметр нижнего основания равен 900 *мм*, диаметр верхнего 990 *мм*, высота 1100 *мм*, вес 6000 *кг*) обеспечивала хорошее питание отливки. Общий вес расплавленного металла 28 200 *кг*, в том числе: вес отливки 16 500 *кг*, вес металла на припуски 4500 *кг*, вес прибыли 6000 *кг* и вес литников 1200 *кг*.



Фиг. 263. Чертеж плунжера весом 21 *т*.

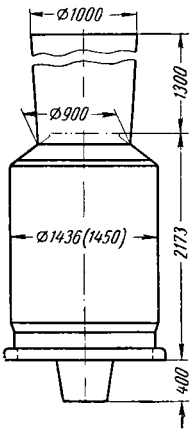


Фиг. 264. Форма отливки плунжера в сборе:

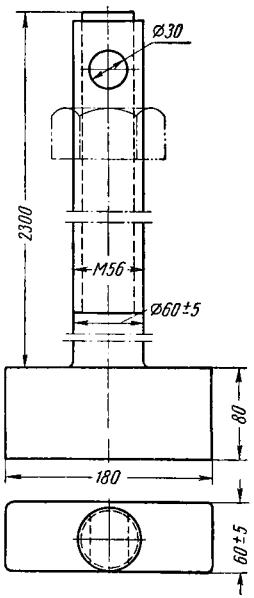
1 — верхний разъем формы; *2* — сварной холодильник; *3* — пробные планки (4 шт.); *4* — нижний разъем формы; № 1, 2, 3 — литниковые чаши.

Для формовки была изготовлена модель плунжера (фиг. 265) с усадкой 1,5% и стержневой ящик с усадкой 1% для горизонтальной набивки стержня. Формовка плунжера производилась в четырех

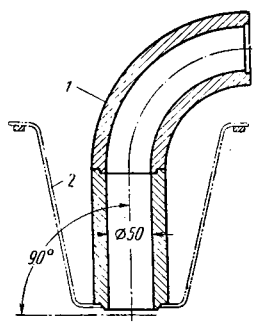
строганых опоках 2400 × 2400 × 800 *мм* с поддоном. Для крепления стержня при помощи анкерного болта диаметром 60 *мм* и длиной $L = 2300$ *мм* (фиг. 266) в поддоне делалось специальное гнездо. Для вывода газов из стержня под знаком поверх плотно утрамбованной формовочной смеси был проложен слой гари толщиной 100—150 *мм* и труба диаметром 80—100 *мм*. Поверх этого слоя для обеспечения прочности формы под знаком стержня утрамбовывали слой формовочной смеси и прокладывали стальные прутки квадратного сечения 40 × 40 *мм*.



Фиг. 265. Модель плунжера.



Фиг. 266. Болт для крепления стержня в форме.



Фиг. 267. Дождевой питатель:
1 — колено; *2* — крючок диаметром 10—12 *мм*.

Модель облицовывали формовочной смесью слоем 50—60 *мм*. При набивке нижней части формы прокладывали первый ярус литниковой системы из шамотных трубок диаметром 100 *мм* и шамотный питатель 40 × 100 *мм* у тела отливки.

Для упрочнения формы по мере ее набивки вокруг модели с промежутком 300—350 *мм* прокладывали стальные крючки и прутки. При набивке верхней части формы устанавливали дождевые питатели, равномерно расположенные по длине окружности, а также кольцевую литниковую ветвь диаметром 100 *мм*. Всю верхнюю литниковую систему также набирали из шамотных трубок.

Для обеспечения прочности дождевой литниковой системы под шамотные трубки прокладывали крючки и прикрепляли их к опоке шпонами. Для той же цели верхние части питателей составляли из установленных наклонно к прибыли специальных колен (фиг. 267).

В литниковый ход дождевой системы подключали два стояка, причем литниковую чашу № 3 располагали впритык к чаше нижнего яруса № 1, а литниковую чашу № 2 ставили на постоянном расстоянии от чаши № 3, равном расстоянию между стопорами в ковше. Форму прошпиливали (18—20 шпилек на 1 $дм^2$) и окрашивали 2 раза — до и после сушки. Стержень сушили 2 раза в стационарном сушиле при температуре 400° С; время каждой сушки 12 час. Форму сушили также 2 раза в стационарном сушиле при $t = 400°$ С.

Сборка формы. Сборка формы производилась в бронированном кессоне.

Перед установкой стержня в отверстие плиты, на которую устанавливается форма, вставлялся анкерный болт, а в нижнюю часть формы, образующую утолщение в отливке, устанавливался сварной холодильник из стальных прутков диаметром 25—30 *мм*, общим весом 370 *кг*. Знаковая часть стержня обмазывалась слоем жидкой глины, а затем стержень устанавливался в форму так, что анкерный болт проходил через трубу в стержне. После этого стержень укреплялся в форме посредством затяжки гайки на анкерном болте.

Форма перед накрытием ее верхней опокой очищалась пылесосом от песка и мусора.

Верхняя полуформа устанавливалась по штырям в опоках; по разъему прокладывалась жидкая глина.

Заливка формы. Температура стали при выпуске 1515°. Начальная температура заливки 1420°, конечная 1360°. Вначале заливка производилась (ковш с двумя стопорами) через один стопор в стояк № 1 нижнего яруса, до тех пор пока не был залит низ формы, на что потребовалось 3000 *кг* стали; через 50—60 сек. без перерыва струи жидкого металла ковш устанавливали против стояка № 3 и открывали второй стопор, расположенный над литниковой чашей № 2. Заливка через два стопора длилась до заполнения формы и прибыли на высоту 450—500 *мм*. Затем заливку прекращали, прибыль засыпали сухой сажей слоем 150—200 *мм*, после чего через верх прибыли в нее доливали металл. Прибыль заливали медленно, через один стопор, неполной струей, с многократными перерывами струи металла.

Технологический процесс формовки детали «передний корпус»

Чертеж детали «передний корпус» приведен на фиг. 268. Эта сложная по очертаниям и крупная по размерам отливка из сплава АЛ5 является весьма ответственной и трудоемкой деталью, требующей для выполнения в литье высококвалифицированных литейщиков.

Схема формовки данной детали показана на фиг. 269. Стержни, необходимые для выполнения в литье детали «передний корпус». перечислены в табл. 57.

Таблица 57

Спецификация стержней

№ стержня	Наименование стержня	Количество
С-1	Подкладка наружного коллектора . . .	12
С-2	Подкладка внутреннего коллектора . . .	4
С-3	Подкладка соединительного коллектора	3
С-4	Внутренний коллектор (кольцо)	1
С-5	Верхние стержни	1
С-6		1
С-7		8
С-8		1
С-9	Соединительный коллектор	3
С-10	Кольцевой болван (земляной)	1
С-11	Центральный болван (земляной)	1
С-12	Прокладка внутреннего колодца	6
С-13	Тройник стояка	3
С-14	Наружный коллектор	8
С-15	Внутренний колодец	6
С-16		6
С-17	Газоотвод	1
С-18	Змеевиковый стояк	3
С-19		3
С-20	Малая перемычка	11
С-21	Большая перемычка	4
С-22	Литниковая чаша	3

Формовка в стержнях детали «передний корпус»

Первый вариант

Формовка кольцевого болвана (стержня С-10)

1. Укладка в гнезда сборочной плиты стержней С-1 12 шт.; С-2 4 шт; С-3 3 шт.

2. Простановка стержней С-1 и С-13 по 3 шт.; С-14 8 шт.; С-3 и С-9 по 3 шт.

3. Установка на сборочную плиту по штырям двух половинок жакета и сбалчивание их.

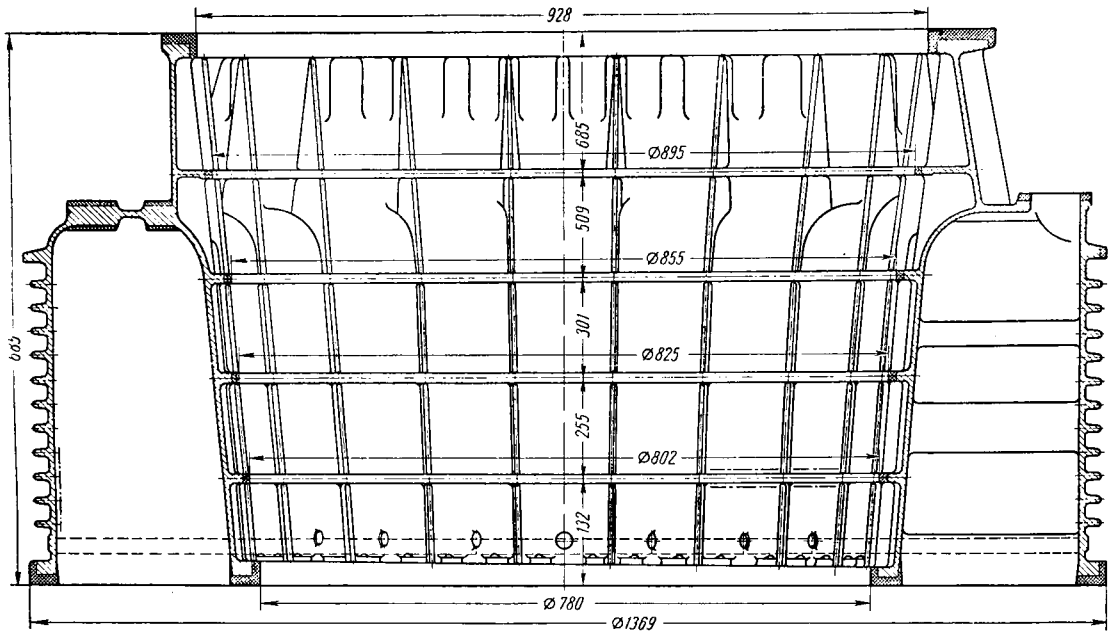
4. Установка центрального металлического болвана в знаки сборочной плиты.

5. Простановка стержней С-20 по меткам.

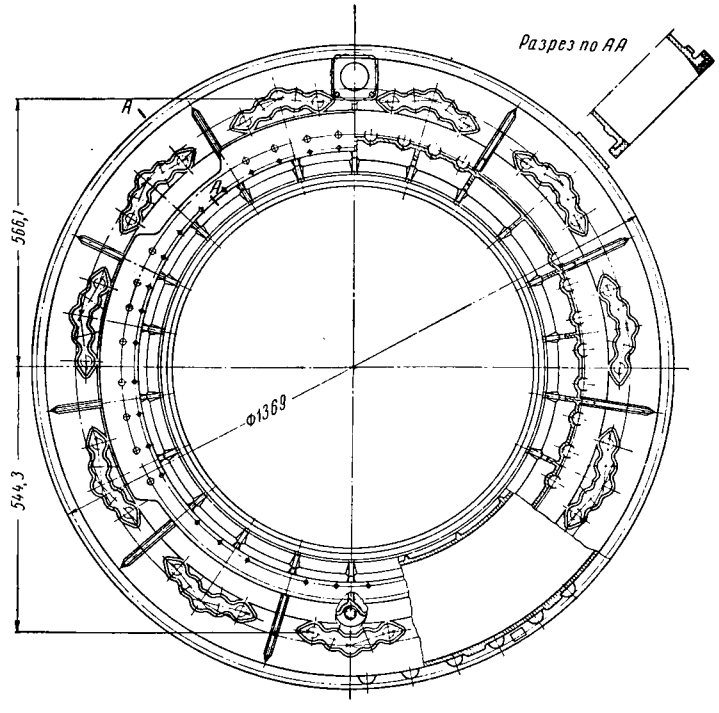
6. Набивка формы вручную с установкой холодильников (22 шт.) против литниковых щелей (по месту).

7. Счистка линейкой излишней земли и нанесение наколов диаметром 5—6 *мм* через каждые 50—60 *мм*.

8. Протяжка металлического болвана с помощью тельфера, разнятие жакета, отделка формы.

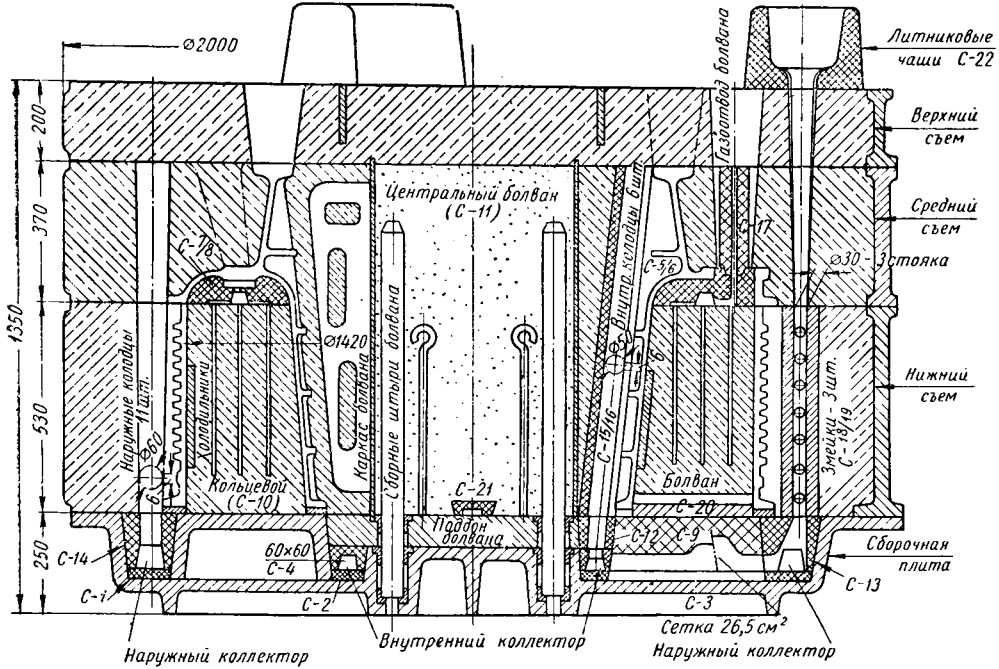


а)



б)

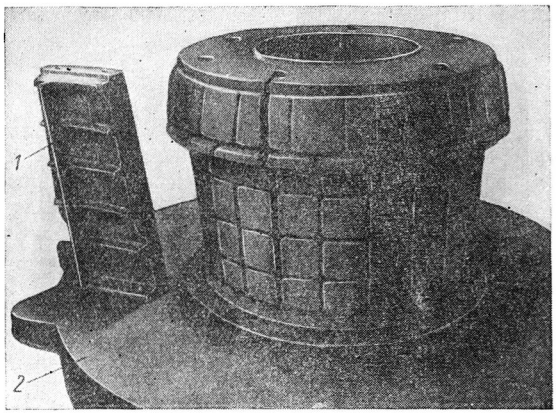
Фиг. 268. Чертеж переднего корпуса:
а — вид сбоку; *б* — вид сверху.



Фиг. 269. Схема формовки переднего корпуса.

Формовка центрального болвана (стержень С-11, фиг. 270)

1. Установка на модельную плиту поддона по фиксирующим штырям.
2. Простановка в гнезда поддона стержней С-12 6 шт.
3. Установка каркаса в знак поддона.
4. Установка на модельную плиту по штырям двух половинок жакета и соединение с помощью болтов.



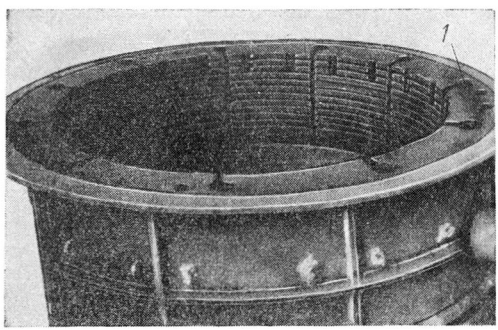
Фиг. 270. Вид центрального болвана:
1 — отъемная часть *2* — модельная плита.

5. Установка внутрь жакета отъемных частей 11 шт. (по местам.)
6. Установка стержней С-12 (вдоль ложных ребер отъемных частей), С-15 и С-16 (6 шт.) и проставка внутрь фальшивых стержней С-15/16 для совпадения их с отверстиями С-12.
7. Обжатие облицовки на отъемных частях.
8. Простановка стержней С-21 4 шт.
9. Набивка (вручную) формы с установкой скоб 110 шт. (по 2 шт. в каждый сектор).
10. Счистка лишней земли линейкой, выполнение наколов, удаление фальшивых стержней С-15/16.
11. Раскрывание жакета.
12. Удаление отъемных частей, отделка формы.
13. Опрыскивание формы маслом С и сушка ее газовой горелкой.

Формовка нижней части формы (фиг. 271)

1. Установка на модельную плиту центрального болвана модели и отъемных частей 6 шт. по фиксаторам.
2. Обжатие облицовочного слоя на отъемных частях.

3. Установка по штырям нижней опоки на модельную плиту.
4. Установка змеек 3 шт. (стержни С-18 и С-19). Прилегающую к внутренней поверхности формы сторону змеек обкладывают асбестом во избежание перегрева формы.
5. Установка наружных колодцев 11 шт. по фиксаторам (вдоль ложных ребер отъемных частей формы и обжатие их формовочной землей).



Фиг. 271. Вид нижнего съема:
1 — литниковые колодцы со щелями.

6. Набивка формы (вручную).
7. Счистка лишней земли, расколачивание и протяжка колодцев.
8. Протяжка центрального болвана модели (тельфером).
9. Расколачивание и протяжка внутрь шести отъемных частей.
10. Отделка формы: опрыскивание формы маслом и сушка ее газовой горелкой.

Формовка средней части формы

1. Установка средней опоки (по штырям) на модельную плиту.
2. Установка выпоров над наружными колодцами 11 шт. по фиксаторам; выпоры для простановки стержней С-17 1 шт.; стояков диаметром 30 *мм* 3 шт.
3. Набивка формы (вручную) с простановкой каркасов между выпорами.
4. Счистка лишней земли; расколачивание и протяжка выпоров и стояков, отделка их.
5. Расколачивание и протяжка выпоров отъемных частей наружного фланца модели.
6. Протяжка опоки с модели (тельфером), отделка формы.
7. Опрыскивание формы маслом, сушка ее.

Формовка верхней части формы (выпоров)

1. Установка верхней опоки на подмодельную плиту.
2. Установка выпоров 10 шт. по фиксаторам, выпора для газоотвода 1 шт., стояков диаметром 32 *мм* 3 шт.
3. Набивка формы (вручную).
4. Счистка лишней земли, наколы в центральной части опоки.
5. Расколачивание и протяжка выпоров и стояков, отделка их.
6. Снятие опоки с модельной плиты (тельфером), отделка формы.

Сборка формы

1. Установка на сборочную плиту холодильников: внутреннего фланца 12 шт; наружного фланца 12 шт.; заделка формовочной смесью зазоров между холодильниками.

Фиг. 272. Простановка центрального болвана:
1 — холодильник; *2* — сборочная плита.

2. Простановка стержней С-4 1 шт.
3. Простановка стержней С-5 1 шт.
4. Проверка высоты болвана от лада (плоскости) плиты шаблоном (допускается зазор до 0,5 *мм*); промазка стыков стержней и формы формовочной смесью.
5. Опрыскивание кольцевого болвана С-10 маслом и сушка его.
6. Простановка центрального болвана С-11 внутрь кольцевого болвана в знак сборочной плиты по фиксирующим штырям плиты (см. фиг. 272).

7. Проверка тела отливки между стержнями С-10 и С-11 резиновым щупом 6 $мм^{+1,0}_{-0,5}$.

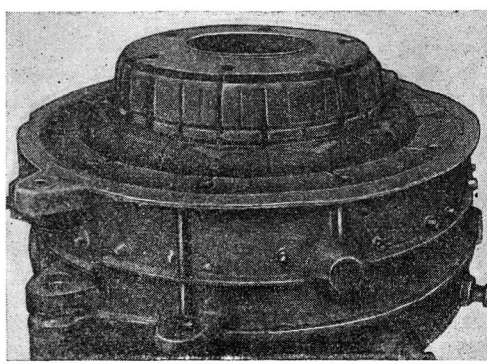
8. Прокладка отверстий стержня С-13 кольцами из шнурового асбеста для уплотнения.

9. Установка нижней части формы на кольцевой болван.

10. Проверка тела между болваном и стенкой нижней части формы щупом толщиной 6 *мм*.

11. Прокладка асбеста вокруг отверстий стояков.

12. Установка средней части формы на нижнюю (фиг. 273).



Фиг. 273. Накрытие среднего съема.

13. Проверка тела между центральным болваном и стенкой средней части формы.

14. Прокладка шнурового асбеста вокруг отверстий стояков и кругом центрального болвана.

15. Простановка С-17 1 шт. в знак С-5/6.

16. Засыпка форм формовочной смесью полости каркаса центрального болвана.

17. Просмотр с переносной лампой всей формы.

18. Установка верхней (выпорной) части формы.

19. Промазка форм формовочной смесью стыков опок.

20. Установка всей формы в вертикальный автоклав.

21. Выемка сборочных штырей и накрытие выпоров листовым асбестом.

22. Установка 3 шт. литниковых чаш на С-22; простановка в стояки деревянных пробок и заделка смесью чаш вокруг стояков; вынимание пробок.

23. Накрытие крышки автоклава и прибалчивание ее.

24. Заливка формы в вертикальном автоклаве.

Второй вариант (формовка в стержнях)

Необходимые для формовки переднего корпуса (фиг. 274) стержни. их номера и количество:

№ стержня	Количество в шт.
1	6
2	11
3	4
3а	1
3б	1
3в	3
3г	1
3д	1
4	8
4а	1
4б	1
4в	1

Технологический процесс изготовления картера заднего моста

Чертеж отливки картера заднего моста показан на фиг. 275. Вес отливки 87 *кг*, габариты 1564 × 426 × 196 *мм*; материал — ковкий чугун КЧ 35-10.

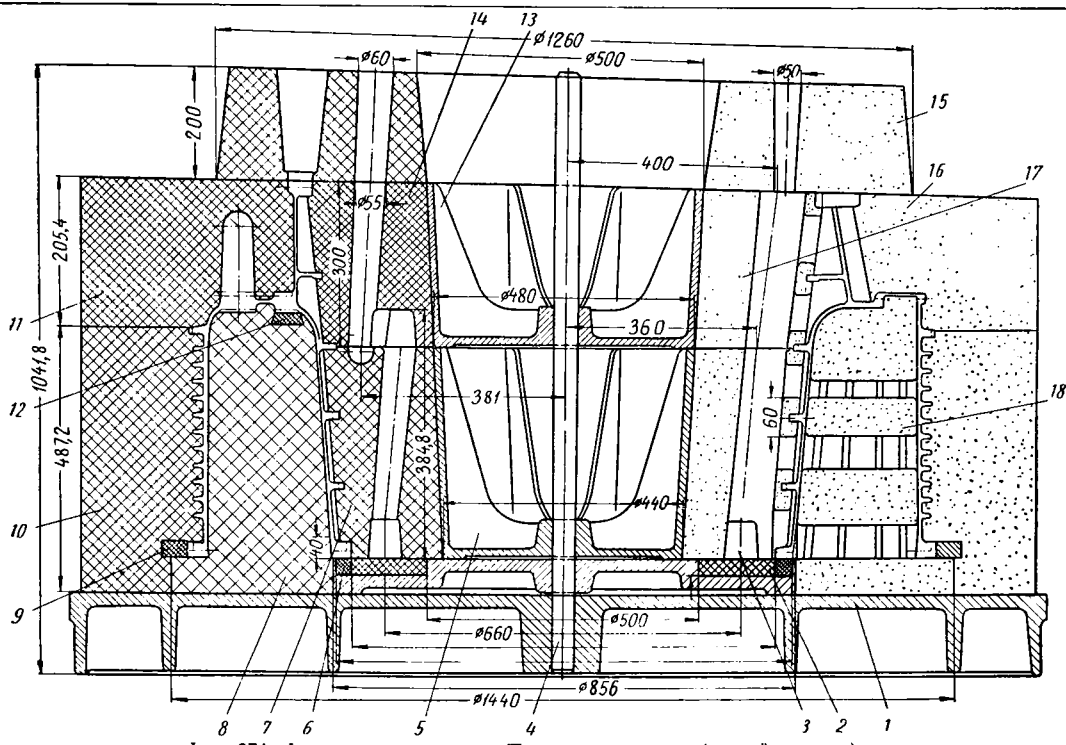
Деталь формуют в двух опоках. Внутренние полости образуются при помощи четырех стержней. Плоскость разъема — по вертикальной плоскости симметрии отливки. Уплотнение формовочной смеси осуществляется или пескометом или на встряхивающей машине. Модель состоит из двух половин и знаковой части, которая крепится к двум половинам модели. Модель изготовляется из алюминиево-медистого сплава (АЛ12).

Коробчатое сечение и ребра на модели предохраняют ее от коробления. Необрабатываемые поверхности детали имеют уклон согласно ТУ, а на обрабатываемых поверхностях уклоны берутся согласно ГОСТу 3212-57. Модель изготовляют по 1-му классу точности; допуски на обработку — в сторону плюс.

Стержни изготовляют на пескодувной машине 287. Литейные уклоны на плоскостях стержневых ящиков 3°. Ящики изготовляют по 1-му классу точности. Допуски на обработку полости ящиков взяты в сторону минус. Материал ящиков АЛ12. Общее число используемых стержней четыре [две разные по конфигурации половинки центрового стержня (стержни № 1 и 2) и два одинаковых рукава (стержни № 2 и 3)].

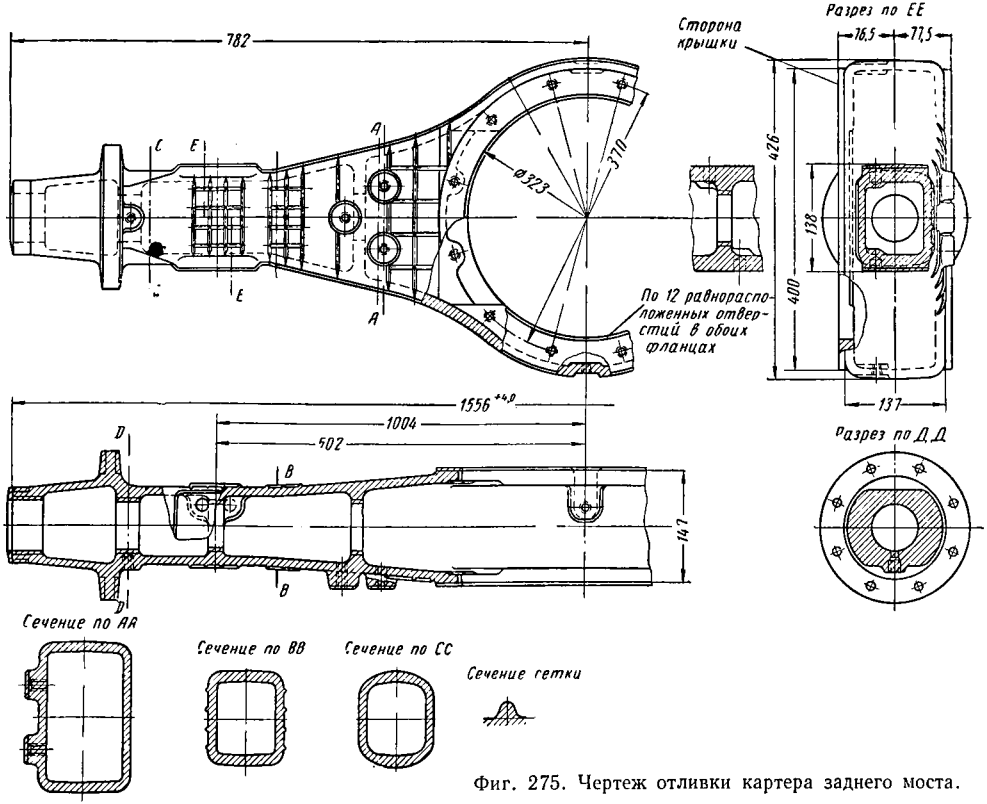
Стержневой ящик № 1 прикрепляют в резервуаре для стержневой смеси пескодувной машины. На столе машины устанавливается по упорам сушильная плита с приспособлением для установки каркаса.

При перемещении стола по вертикали сушильная плита прижимается к стержневому ящику, после чего включают воздух; смесь заполняет ящик и уплотняется. Затем стол машины опускается и при этом стержень протягивается.

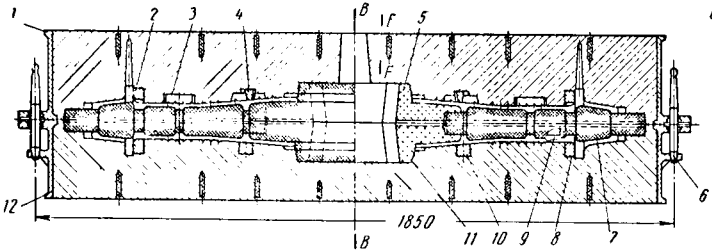


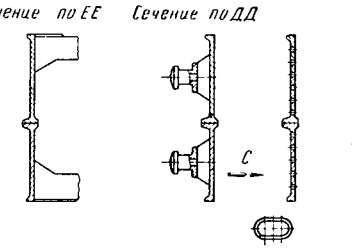
Фиг. 274. Формовка в стержнях «Переднего корпуса» (второй вариант):

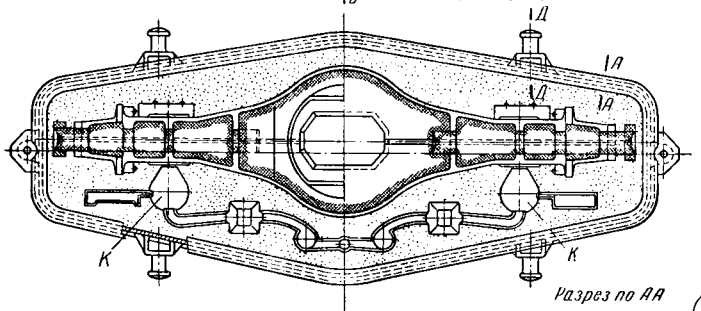
1 — плита; *2* — стержень № 1; *3* — фиксатор; *4* — вал; *5* — установочная муфта I № *1*; *6* — холодильник № 2; *7* — стержень № 2; *8* — стержень № 4*в*; *9* — холодильник № 1; *10* — стержень № 5; *11* — стержень № 6*з*; *12* — холодильник № 3; *13* — установочная муфта II; *14* — стержень № 3*в*; *15* — стержень № 7; *16* — стержень № 6; *17* — стержень № 3; *18* — стержень № 4*а*.

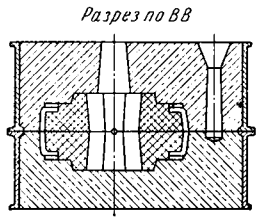


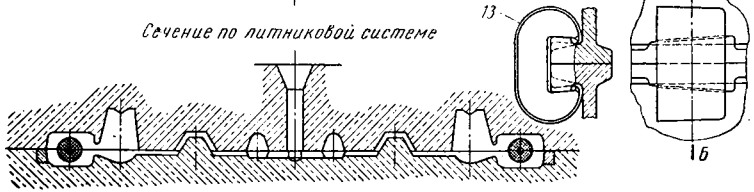
Фиг. 275. Чертеж отливки картера заднего моста.











Фиг. 276. Собранная форма картера заднего моста:

1 — верхняя опока; *2* — холодильник № 4; *3* — холодильник № 5; *4* — холодильник № 6; *5*—стержень № 4; *6* — установочный штырь; *7* — стержни № 2 и 3; *8* — холодильник № 3; *9* — холодильник № 1; *10* — холодильник № 2; *11* — стержень \ № 1; *12* — нижняя опока; *13* — скобка для крепления.

Стержневые ящики № 2 и 3 состоят из двух половинок; верхнюю половинку прикрепляют к резервуару для стержневой смеси, а нижнюю устанавливают на столе машины; обе половинки фиксируются по штырям нижней половинки ящика. После надувки стержня стол опускается и стержень протягивается. На нижнюю половинку стержневого ящика по штырям накладывают фасонную сушильную плиту, на которой стержень остается после переворачивания и удаления нижней половинки стержневого ящика. Собранная форма отливки картера заднего моста приведена на фиг. 276.

Специфические особенности ковкого чугуна, высокий коэффициент линейной усадки, склонность к образованию усадочных раковин и трещин требуют принятия специальных мер для их устранения. Поэтому расплавленный металл подводят в наиболее массивные места отливки с целью достаточного питания этих мест горячим металлом при помощи особых усадочных питателей *К*. В тех же местах отливки, где металл скапливается в меньшем количестве или где невозможна по конструктивным соображениям установить усадочные питатели, устанавливают холодильники.

ГЛАВА III

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основное различие между формой и стержнем заключается в том, что в противоположность форме, которая соприкасается с расплавленным металлом только с одной стороны, стержень в большинстве случаев окружен расплавленным металлом со всех сторон. Следовательно, при всех прочих равных условиях стержень подвергается по сравнению с формой бо́льшим термическим воздействиям, что предопределяет и бо́льшую огнеупорность его, и, кроме того, стержень находится в значительно худших условиях в отношении отвода образующихся в процессе заливки газов, которые не могут быть отведены через расплавленный и еще не застывший металл.

Стержень, помимо этого, должен выдерживать давление, развивающееся в результате усадки металла, и в то же время не вызывать причин для образования горячих трещин в отливке. Другими словами, стержень при достаточной прочности должен быть настолько податливым, чтобы трещины в отливке в результате затруднений усадки отливки не возникали.

Таким образом, при изготовлении стержня необходимы: а) материал надлежащего качества; б) достаточная вентиляция стержневой смеси и в) достаточная прочность и податливость стержня.

Для того чтобы обеспечить целость и неизменяемость стержней при транспортировке их от места изготовления к месту сушки или

к месту сборки, стержни должны обладать достаточной прочностью в сыром состоянии не ниже 40 *Г/мм*^{2}.

Стержневой материал должен обеспечить также и легкое (незатрудненное) удаление стержней из отливки, в противном случае расходы по очистке литья могут сильно возрасти.

Стержни сравнительно редко применяют в сыром состоянии (хотя это, возможно, и заслуживает более широкого распространения). В большинстве случаев, в зависимости от специфических условий работы, стержни перед установкой их в форму подвергают сушке. Режим их сушки колеблется в очень широких пределах — от легкого поверхностного подсушивания (вяленые стержни) до основательной многократной сушки — и соответственно с этим меняется время сушки от нескольких минут до нескольких суток.

Сырые стержни обычно готовят из той же земли, что и форму. Материал для изготовления сухих стержней значительно отличается от формовочного материала, так же как отличаются условия работы формы и стержня.

Для увеличения прочности и газопроницаемости к стержневым смесям добавляют присадки: конский навоз, древесные опилки, различные сорта крепителей, торф в виде крошки и т. п.

В процессе сушки часть этих присадок сгорает. Образующиеся в результате сгорания этих частиц пустоты увеличивают газопроницаемость и податливость стержней. Другая часть присадок расплавляется в процессе сушки, цементируя при остывании стержня отдельные зерна стержневой массы.

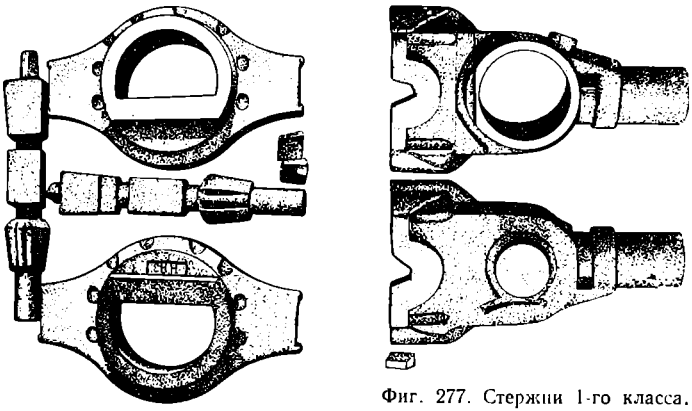
В зависимости от сложности изготовления, стержни делятся на группы или классы; примером такого деления в случае массового производства могут служить стержни, изображенные на фиг. 281—284 (взято из практики одного из автозаводов).

Стержни 1-го класса — наиболее сложной конфигурации с очень тонкими сечениями, соприкасающиеся с расплавленным металлом на большой площади, образуют в ответственных отливках узкие необрабатываемые внутренние полости. Примером стержней 1-го класса могут служить «ленточки» и другие ажурные стержни, опирающиеся на тонкие знаки (фиг. 277).

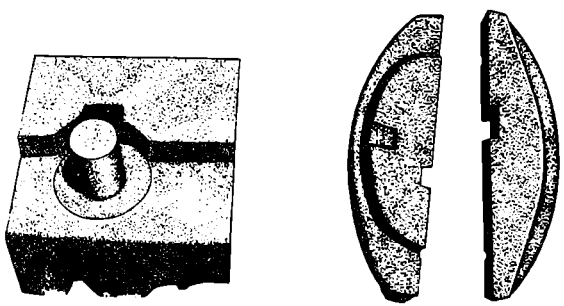
Стержни 2-го класса, наряду с основной более или менее массивной частью с очень тонкими выступами, ребрами или перемычками, образуют в ответственном литье полностью или частично необрабатываемые полости. Примером подобных стержней являются стержни, приведенные на фиг. 278.

Стержни 3-го класса, к которым относятся центровые стержни блок-цилиндра, средней сложности, без особо тонких сечений, приведены на фиг. 279.

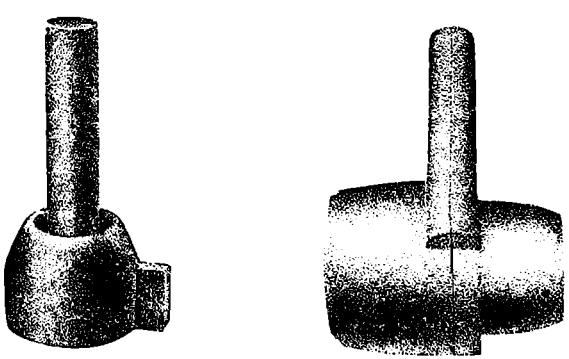
Стержни 4-го класса, к ним относятся стержни несложной конфигурации, образуют внутренние обрабатываемые полости в отливке (фиг. 280).



Фиг. 277. Стержни 1-го класса.



Фиг. 278. Стержни 2-го класса.



Фиг. 279. Стержни 3-го класса.

Для придания стержням большей прочности и жесткости их укрепляют, прокладывая внутрь каркасы, для мелких стержней проволочные, а для более крупных — чугунные. В результате применения каркасов (арматуры) прочность стержней в значительной степени повышается, так как стержневая масса приобретает свойства, до известной степени аналогичные железобетону. Основное требование, которое необходимо соблюдать для полного соответствия арматуры своему назначению в части упрочнения стержня, состоит в том, чтобы стержневая масса плотно приставала к арматуре. С этой целью каркасы перед установкой их в стержневой ящик смачивают огнеупорной глиной, маслом или раствором сульфитного щелока.

На фиг. 281 показаны типы чугунных каркасов с чугунными или железными шпильками. На фиг. 282 показан способ применения проволочных каркасов; арматура должна прокладываться вдоль стержня и быть короче знака на 2—3 *мм* и ни в коем случае не выходить за знак стержня. Ввиду того что стержни держатся в форме на знаках, последние обязательно должны снабжаться арматурой.

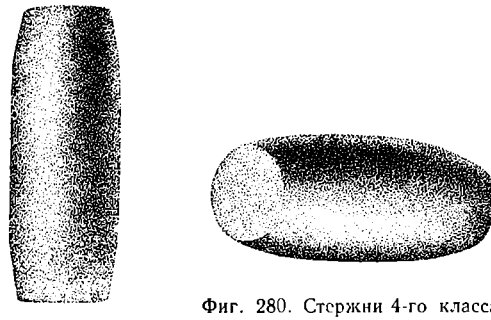
Если стержень имеет два расположенных друг против друга знака, то арматура должна соединять их. Выступающие и тонкие части стержня должны особенно тщательно укрепляться арматурой. Во избежание приварки арматуры к отливке ни в коем случае нельзя допускать, чтобы концы ее выступали из стержня. Точно так же нельзя прокладывать арматуру слишком близко к наружной поверхности стержня, так как последний может разрушиться. Если в стержень вкладывается одна проволока, она располагается ближе к центру; при прокладке же нескольких проволок их располагают равномерно по сечению стержня.

На фиг. 283, *а* и *б* показан один из наиболее сложных стержней, при изготовлении которого необходимо предусмотреть особенно тщательную вентиляцию. Последняя выполняется шпильками *2* (фиг. 283, *б*), располагающимися по центрам гнезд для ножек. Особое значение имеют газовые каналы *1—1* (фиг. 283). Для того чтобы избежать поломки ножек при сушке и особенно во время сборки, в ножки *1—1* вставляют особый каркас *2* (фиг. 283, *б*) в виде трубочек.

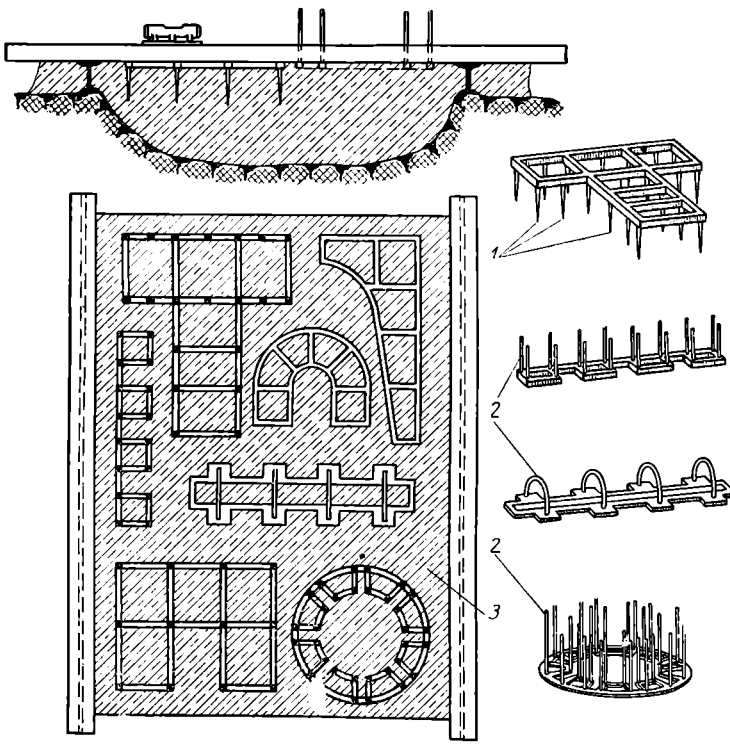
Сложный каркас стержня для отливки стального плунжера весом 21 *т* показан на фиг. 284, *а* и *б*.

Не менее сложным является расположение арматуры в двухстельных тонкостенных отливках, например в случае изготовления каркаса стержня для образования полости водяной рубашки цилиндра компрессора.

Основное затруднение заключается в том, что при довольно массивной отливке полость водяной рубашки делается слишком узкой 20 *мм* и меньше. Вследствие этого тонкий стержень под влиянием сильного нагрева теряет частично свою прочность еще до окончательного затвердевания металла, и последний глубоко, иногда

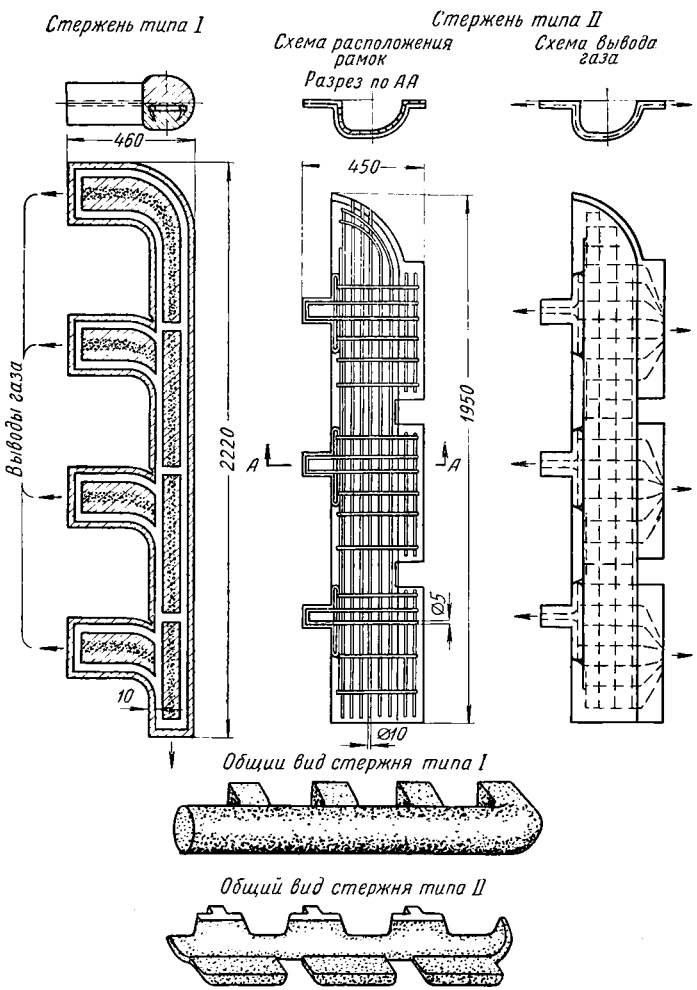


Фиг. 280. Стержни 4-го класса.

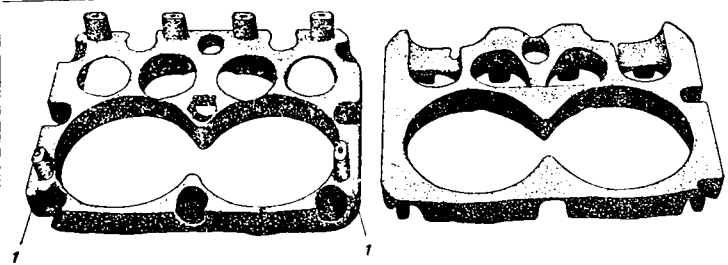


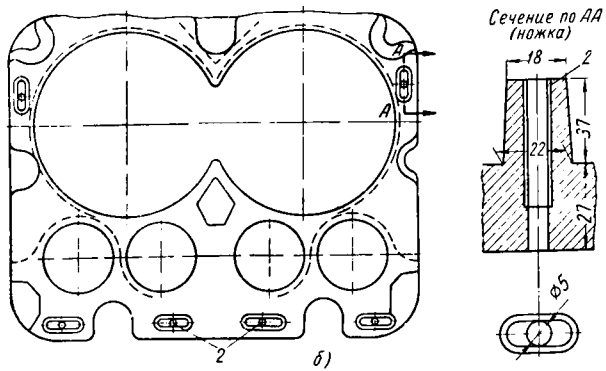
Фиг. 281. Типы чугунных каркасов:

1 — литые прутья; *2* — вставные железные прутья; *3* — постель с разными формами литых каркасов.



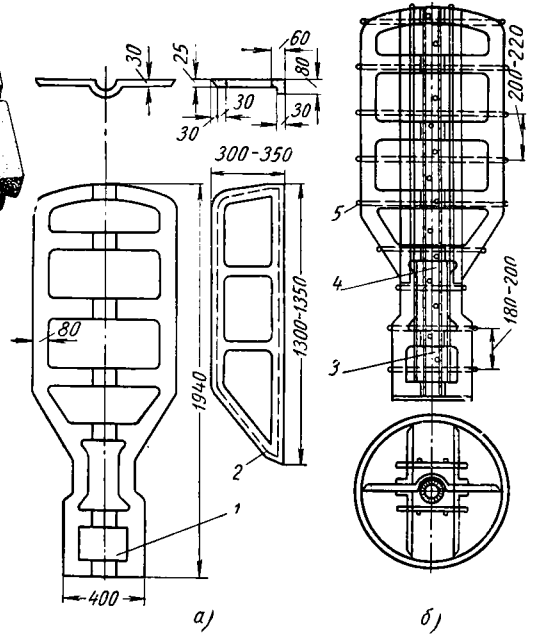
Фиг. 282. Применение проволочных каркасов.





Фиг. 283. Стержень со стальной арматурой:

а — готовый стержень; *1* — газовые каналы; *б* — схема расположения каркасов; *2* — отверстия для крепления.



Фиг. 284. Сложный каркас стержня для отливки стального плунжера:

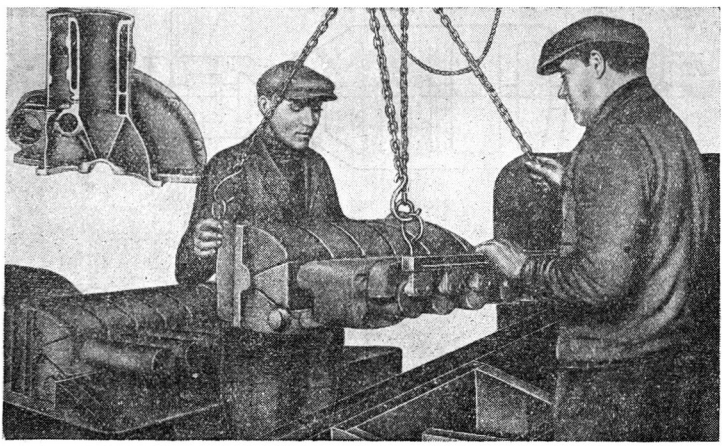
а — детали стальной арматуры; *б* — арматура стержня в сборе; *1* — основание (1 шт.); *2* — ребра (4 шт.); *3* — отверстия диаметром 20 *мм*, шаг 180—200 *мм*; *4* — труба диаметром 100 *мм*; *5* — железный пруток диаметром 20—25 *мм*.

даже насквозь, проникает в тело стержня, частично или полностью заполняя полость водяной рубашки; в этом случае происходит так называемая металлизация стержня.

§ 2. ВЫБОР ЛИНИИ РАЗЪЕМА СТЕРЖНЕЙ

Определение количества линий разъема стержней для отливок несложной конфигурации решается сравнительно просто; при изготовлении же их необходимо знать и учитывать специфические условия технологического процесса литья.

Внутренняя полость сложной отливки в большинстве случаев выполняется при помощи нескольких стержней. При определении

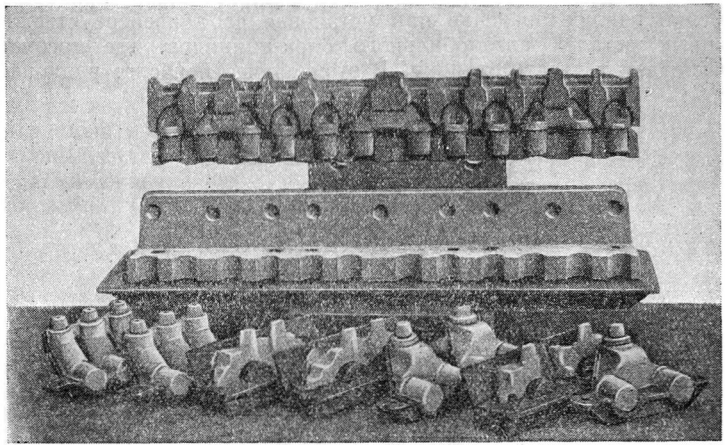


Фиг. 285. Установка комплекта стержней в форму.

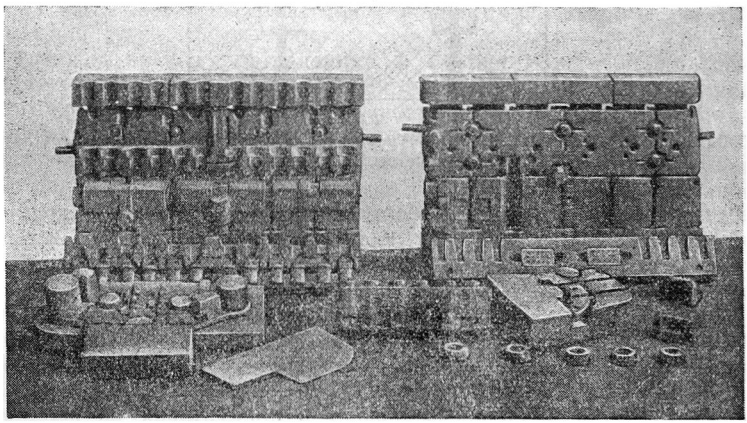
количества, очертаний и размеров отдельных стержней необходимо предусмотреть простоту их изготовления и сушки. Поверхность, на которой сушат стержни, должна быть возможно более простой формы, лучше всего плоской, чтобы можно было избежать применения дорогостоящих сушильных плит.

Стержневые ящики должны быть с меньшим количеством отъемных частей — вкладышей, наличие которых значительно снижает производительность труда стерженщиков и вызывает необходимость дополнительной обработки стержней: опиловки заусенцев, обмазывания графитовой пастой и т. п. Это является особенно нежелательным в условиях массового производства, так как при машинной формовке такие стержневые ящики быстро теряют размеры, что является причиной повышенного брака отливок из-за перекосов и несоответствия геометрических размеров отливки чертежу.

Склейка стержней должна применяться возможно реже, так как при склеивании снижается точность размеров стержней. Для того чтобы обеспечить устойчивость стержней и наилучшие условия



а)

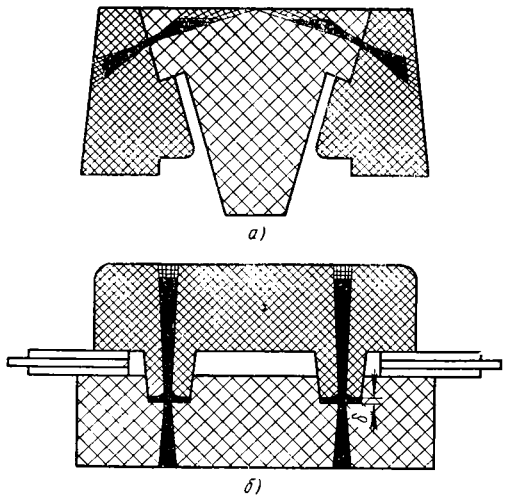


б)

Фиг. 286. Схема сборки стержней в комплект.

сборки, необходимо при разработке технологического процесса формовки предусмотреть возможность изготовления вспомогательных стержней, которые служили бы знаками для группы основных стержней.

Установка в форму большого количества стержней усложняет и замедляет работу формовщиков, задерживает работу отдельных членов бригады и не дает возможности более полно использовать машинное время оборудования. Это обстоятельство приобретает особенно важное значение при установке на конвейере стержней сложных деталей автомобильного блок-цилиндра, где требуется повышенная точность отливки. В этом случае наиболее рациональ-



Фиг. 287. Соединение стержней цинковым сплавом.

ным мероприятием является сборка нескольких стержней в группы-узлы на отдельных участках и последующая установка готовых узлов и стержней в форму (фиг. 285), т. е. организация работы по принципу «минимум стержней на сборке».

Примером поточной организации сборки стержней, обеспечивающей высокую точность, может служить способ изготовления одного из основных стержневых комплектов для блок-цилиндров ЗИЛа, так называемого угольника и водяной рубашки. До сборки в комплект стержни водяной рубашки зачищают в кондукторах на калибровочном карусельном станке.

Прежде всего подбирают стержни клапанных каналов к стержням угольника. Затем на стержень угольника устанавливают нижний стержень (фиг. 286, *а* и *б*) и вклеивают средний и верхний стержни кожуха.

Между стержнем угольника и нижним стержнем кожуха вставляют металлические прокладки-сухари для обеспечения зазора.

Эти сухари вынимают из комплекта при установке его в форму. Собранный таким образом стержневой комплект устанавливают в специальное контрольное приспособление и прижимают к задней стенке последнего двумя поршнями пневматических цилиндров. В крайние цилиндровые отверстия комплекта вставляют цилиндры, центрирующие весь комплект, состоящий по высоте из четырех стержней. Правильность сборки проверяют по индикаторам, находящимся в двух верхних поперечных лапах приспособления. В два вертикальных канала в собранном и выверенном комплекте заливают цинковый сплав, после чего комплект готов к установке в форму.

Схема скрепления отдельных стержней посредством заливки цинковым сплавом показана на фиг. 287, *а* и *б*.

§ 3. КОНСТРУКЦИЯ ЗНАКОВ

Форма соединяется со стержнями при помощи знаков, назначение которых состоит в этом, чтобы обеспечивать правильное и надежное положение стержня в форме. Знак соприкасается с формой или другими стержнями, следовательно, при сборке сложных форм с большим количеством стержней прочность знаков обеспечивает правильность геометрии отливки.

На фиг. 288, *а—м* приведены наиболее характерные способы установки стержней на знаках.

Размеры знаков определяются в соответствии с технологией формовки детали и ее особенностями: недостаточные размеры знаков, следовательно, недостаточная прочность их влечет за собой смятие опорной поверхности формы и, как следствие этого, искажение размеров отливки. При бо́льших, чем необходимо, размерах знака значительно увеличивается расход стержневой массы, особенно на крупных стержнях, что при массовом производстве, где потребность в стержнях исчисляется десятками и сотнями тысяч штук, ведет к большим непроизводительным затратам.

Теоретически поверхность знака S_1 в нижней форме зависит от веса стержня и определяется по формуле

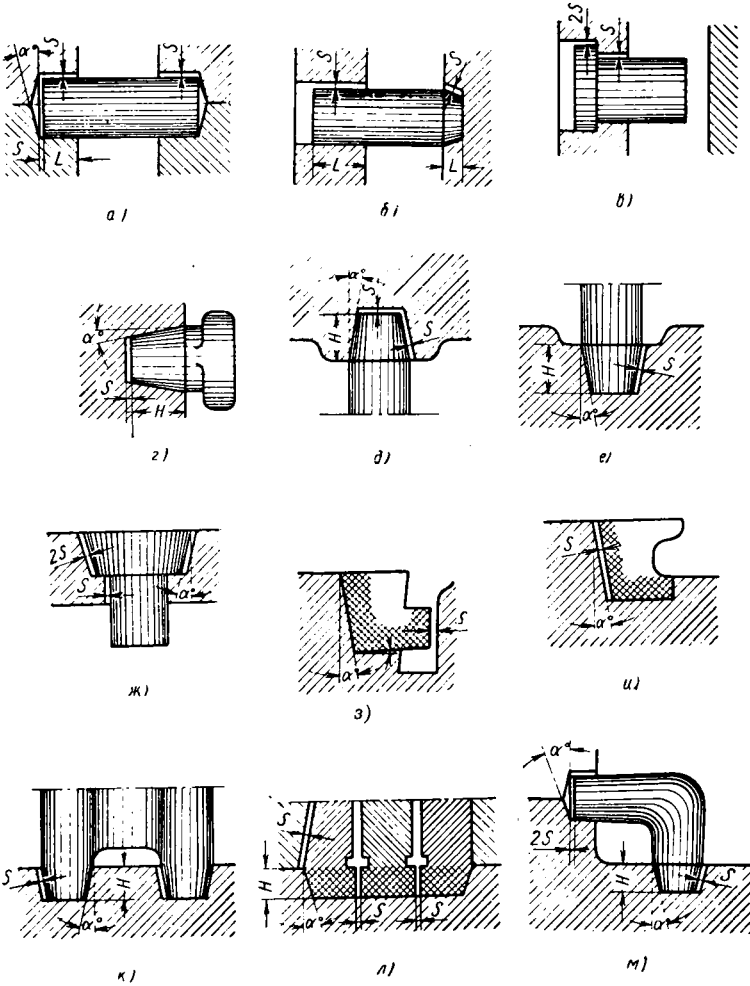
$$S_1 = \frac{P_1}{\sigma_{сж}}, \tag{40}$$

где P_1 — реакция на опоре;

$\sigma_{сж} = 0{,}25$ *кг/см*^{2}, откуда

$$S_1 = 4P_1. \tag{41}$$

Определение площади опоры знака сводится к определению длины, так как ширина устанавливается в зависимости от отверстия детали,



Фиг. 288. Способы установки стержней по знакам.

Поверхность знака в верхней форме S_2 будет равна

$$S_2 = \frac{P_2}{\sigma_{сж}}, \qquad (42)$$

где P_2 — реакция силы P, с которой стержень, всплывая, давит на форму.

Сила P равняется

$$P = G\left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - 1\right) - g, \qquad (43)$$

где G — вес стержня без знаков;

g — вес знаков;

γ_1 — удельный вес расплавленного металла;

γ — удельный вес стержня.

Обозначив в последней формуле выражение в скобках через A, получим $P = GA - д$.

Для чугуна значение A принимают равным 2,8.

Зная P, определяют P_2, а затем по формуле для определения поверхности цилиндра находят S_2.

Этот расчет рекомендуется для стержней весом более 10 *m*; для небольших стержней получаются настолько незначительные величины, что расчет теряет всякий смысл.

В табл. 58 и на фиг. 289, *а* даны размеры вертикальных знаков (высота H) в зависимости от наибольшего размера знака в поперечном сечении A, высоты и устойчивости стержня.

Таблица 58

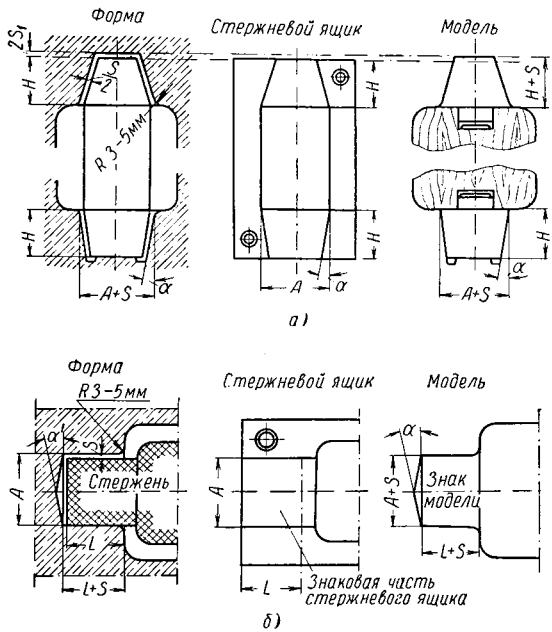
Размеры вертикальных знаков в зависимости от наибольшего поперечного сечения H знака

Наибольший размер A в поперечном сечении знака в *мм*	Высота H знака стержня в *мм*, устанавливаемая в зависимости от высоты и устойчивости стержня			Уклон α°	
	Короткий знак	Средний (нормальный) знак	Длинный знак	Нижний знак	Верхний знак
До 10	10	15	20	5	5—7
12—18	15	20	25	5	5—7
19—30	20	25	30	5	5—7
31—50	25	30	40	5	5—7
51—80	30	40	50	7	7—10
81—120	40	50	60	7	7—10
121—180	50	60	70	7	7—10
181—250	60	70	80	7	7—15
251—350	70	80	90	10	10—15
351—500	80	90	100	10	10—15
501—750	90	100	120	10	10—15
751—1000	100	120	150	10	10—20
1001—2000	120	150	180	10	10—20

На фиг. 289, *б* и в табл. 59 приведены размеры и уклоны горизонтальных знаков,

При разработке конструкции знака необходимо проанализировать возможные перемещения стержня. Определенное и устойчивое положение стержней в форме обеспечивается при помощи фиксаторов (фиг. 290, *а—д*).

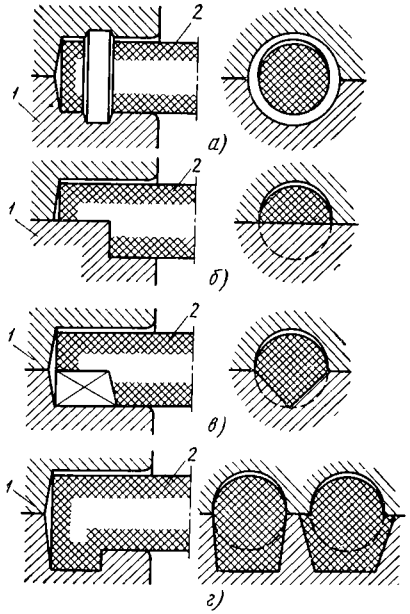
Следует избегать применения консольных стержней, особенно стержней большого размера, которые не могут обеспечить надлежащей устойчивости стержней. Наиболее удачным способом кре-



Фиг. 289. Размеры вертикальных и горизонтальных знаков.

пления стержней со смешанным центром тяжести, и в том числе консольных стержней, является способ дублирования. На фиг. 291, *а* показана форма для отливки двух колпаков с дублированными моделями и объединенных стержнем. Примером применения способа дублирования может служить отливка колен (фиг. 291, *б* и *в*).

На фиг. 292 приведены две схемы формовки поплавковой камеры: по варианту *1* стержень имеет массивный знак-замок. Такие знаки не могут быть рекомендованы, особенно при массовом производстве, так как они требуют слишком много места и большого количества стержневой смеси, не обеспечивая в то же время гарантии от перекоса.



Фиг. 290. Типы фиксаторов для стержней:

а — фиксатор кольцевой, предотвращающий перемещение стержня в осевом направлении; *б* — фиксатор с одним срезом, предотвращающий вращение стержня; *в* — фиксатор с двумя срезами, предотвращающий вращение стержня; *г* — фиксатор трапецоидальный, предотвращающий вращение и осевое перемещение стержня; *д* и *е* — способы крепления консольных стержней.

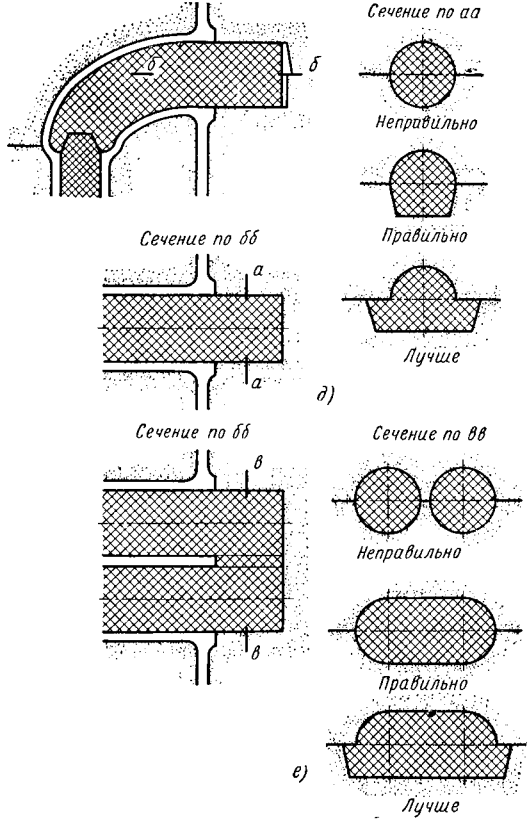
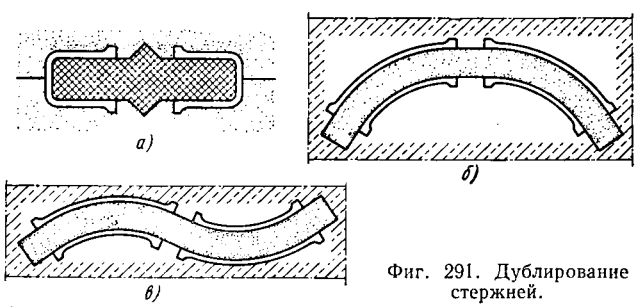


Таблица 59

Размеры и уклоны вертикальных частей

Наибольший размер в поперечном сечении знака A в *мм*	Длина знака L в *мм*			Уклон α°
	Короткий	Нормальный	Длинный	
До 10	10	15	20	3
10—18	15	20	25	3
18—30	20	25	30	3
30—50	25	30	40	3—5
50—80	30	40	50	3—5
80—120	40	50	60	3—5
120—180	50	60	70	3—7
180—250	60	70	80	5—7
250—350	70	80	90	5—7
350—500	80	90	100	5—7
500—750	90	100	120	7—10
750—1000	100	150	150	7—10
1000—2000	120	150	180	7—10

Дублирование двух моделей при одном объединенном стержне (фиг. 291, *а*) дает более рациональное решение: в опоке того же размера оказалось возможным разместить вместо двух четыре модели и уменьшить опасность перекоса.

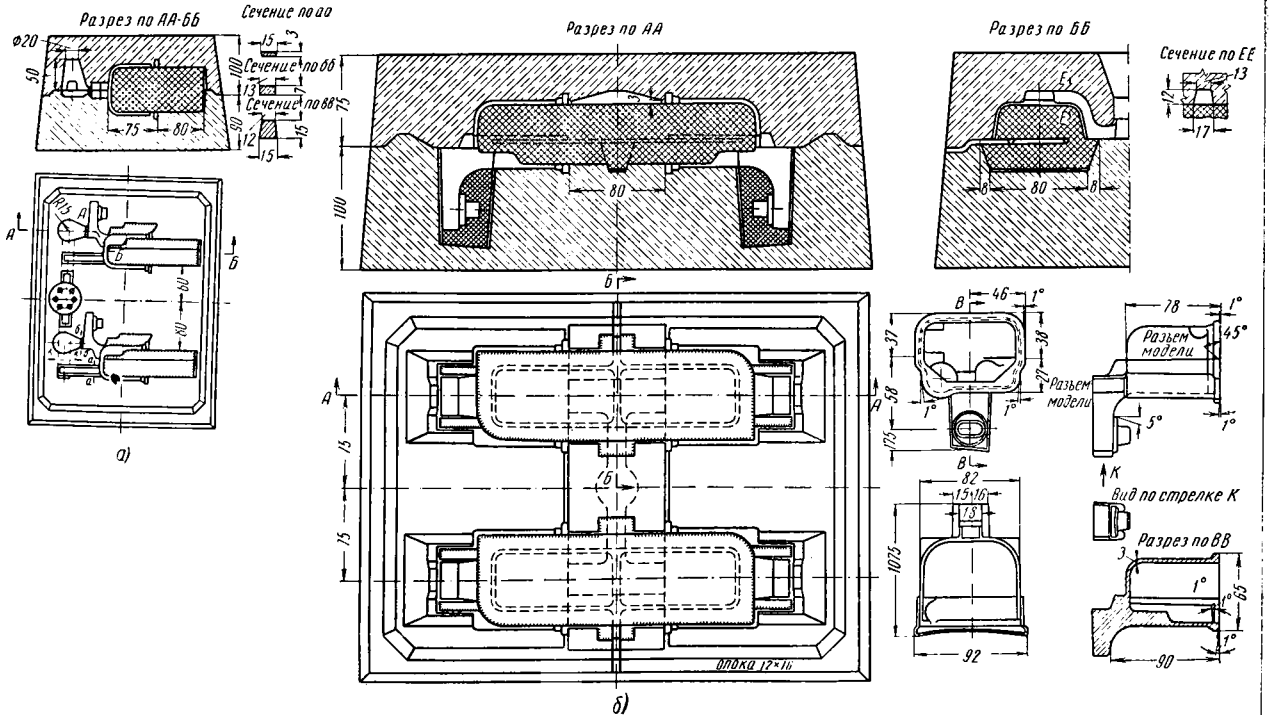


Фиг. 291. Дублирование стержней.

Для предохранения от разрушения кромок знаковых гнезд необходимо скруглять формы под радиус 3—5 *мм* (фиг. 293).

Рекомендуется в знаковых гнездах нижней формы устраивать канавки (см. фиг. 292), чтобы предотвратить попадание песка под кромку при установке стержня в форму; размеры таких канавок следующие: глубина 2—5 *мм*, ширина 3—10 *мм* в зависимости от диаметра стержня.

Для предотвращения попадания металла в вентиляционные каналы стержня на знаках крупных стержней делают канавки, которые образуют обводной (запорный) выступ.

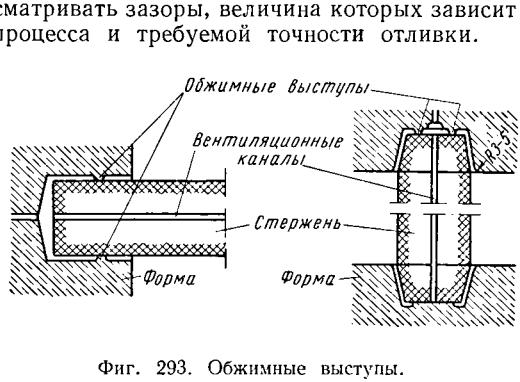


Фиг. 292. Схема формовки поплавковой камеры:
а — I вариант; *б* — II вариант

Сборка сложных форм с большим количеством стержней в массовом производстве на конвейере стала возможной лишь после того, как была введена взаимозаменяемость составных частей формы.

Подпиловка и пригонка стержней по месту вручную, крайне нежелательная в мелкосерийном производстве, совершенно недопустима в условиях поточного производства.

Для установки стержня в форму или в другой стержень необходимо предусматривать зазоры, величина которых зависит от технологического процесса и требуемой точности отливки.



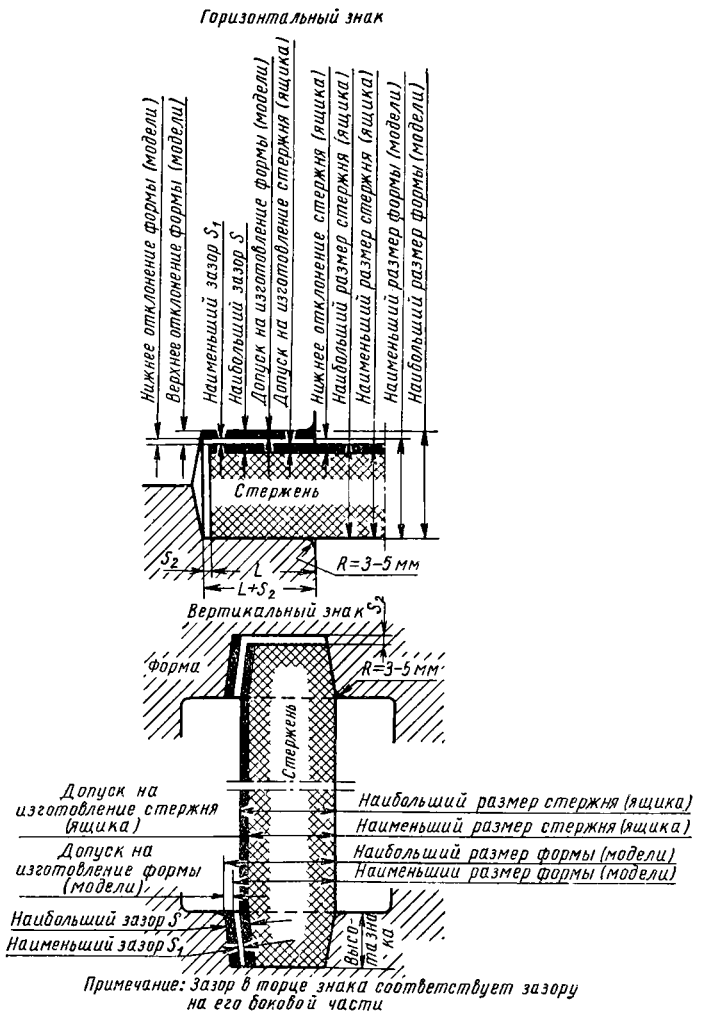
Фиг. 293. Обжимные выступы.

Определение величины зазоров между знаками стержня осложняется тем, что приходится учитывать не только неточность обработки модели («отверстия») и стержневого ящика («вала»), но и деформацию стержня в процессе его изготовления. Деформация зависит от плотности набивки формы, влажности, прочности стержневой смеси в сыром состоянии, величины стержня (главным образом от его высоты), способа транспортировки стержней в сушку и многих других факторов, специфических для каждого производства.

Таблица 60

Величины зазоров *s* между знаковыми частями формы и стержня

Наибольший размер *A* знака в поперечном сечении в *мм*	Группы		
	1	2	3
До 18	0,06—0,30	0,12—0,60	0,17—0,86
19—50	0,08—0,042	0,17—0,84	0,25—1,24
51—120	0,12—0,58	0,23—1,16	0,35—1,74
121—260	0,15—0,75	0,30—1,50	0,46—2,30
261—500	0,19—0,95	0,38—1,86	0,64—3,10
501—1000	0,22—1,15	0,46—2,22	0,86—4,10
1001—2000	0,24—1,28	0,52—2,40	1,00—4,70



Фиг. 294. Зазоры, допуски и посадки на знаковые части формы.

На фиг. 294 показаны зазоры, допуски и посадки на горизонтальные и вертикальные знаки, а в табл. 60 даны величины зазоров между знаковыми частями формы и стержня.

Разбивка зазоров S по группам (табл. 60) в зависимости от точности отливок соответствует следующим классам точности: 1-я группа — 4-му классу, 2-я группа — 5-му классу и 3-я группа — 7-му классу точности.

Допуски на изготовление знаковых частей формы, а следовательно, и знаковых частей моделей и стержневых ящиков приведены в табл. 61.

Таблица 61

Допуски на знаковые части стержня и формы

Наибольший размер A знака в поперечном сечении в *мм*	Группа 1			
	Пределы допусков на знаки в *мм*			
	Для стержня		Для формы	
	верхнего	нижнего	верхней	нижней
До 18	0	—0,12	+0,18	+0,06
19—50	0	—0,17	+0,24	+0,08
51—120	0	—0,23	+0,35	+0,12
121—260	0	—0,30	+0,45	+0,15
261—500	0	—0,38	+0,51	+0,19
501—1000	0	—0,47	+0,61	+0,25
1000—2000	0	—0,51	+0,65	+0,30

§ 4. СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ

Наиболее простым и распространенным является способ изготовления стержней в стержневых ящиках.

Внутреннее пространство стержневого ящика заполняется стержневой смесью, которую тем или иным способом уплотняют и вентилируют в соответствии с требованиями, предъявляемыми к стержню в процессе отливки.

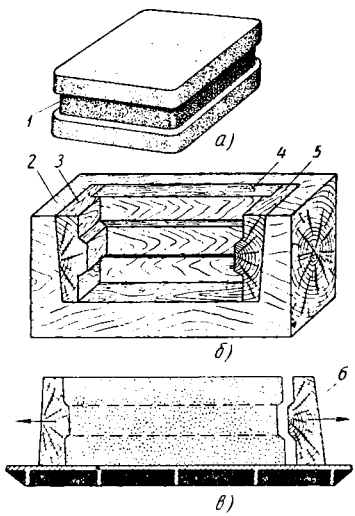
Наиболее дешевым материалом для изготовления стержневых ящиков является дерево — сосна (наименее прочные стержневые ящики), береза, ольха и липа. Для более сложных стержней применяют более твердые и дорогие сорта дерева — груша, орех, бук и др.

Чем большее количество стержней должно быть снято с данного ящика и чем сложнее очертания стержня, тем более прочный материал должен быть взят для изготовления стержневого ящика; вот почему в литейных массового производства применяют исключительно металлические стержневые ящики — алюминиевые, чугунные, реже из сплавов меди.

Наиболее простые стержни формуют в неразъемных ящиках. В большинстве же случаев ящик состоит из двух (реже больше) частей, которые соединяют плотно пригнанными друг к другу шты-

рями и втулками. Половинки стержневых ящиков скрепляют друг с другом посредством скоб, струбцинок, барашков или эксцентриков.

В особых случаях, когда стержень имеет выступы или углубления, стержневой ящик снабжается в соответствующих местах отъемными частями-вкладышами. На фиг. 295, *а* показан стержень с выемкой *1*. Для изготовления такого стержня применяют стержневой ящик с отъемными частями (фиг. 295, *б*), где *2* — корпус ящика, *3*, *4*, *5*, *6* — вкладыши. Стержневой ящик набивают обычным способом. После того как ящик будет набит и перевернут, корпус *1* снимают, а затем вкладыши постепенно отодвигают от стержня (фиг. 295, *в*).



Фиг. 295. Стержневой ящик с отъемными частями.

Если стержень настолько тонок и сложен, что отъемные части ящика не могут быть вынуты до просушки стержня, то его ставят в сушило вместе с отъемными частями, которые снимают со стержня после сушки. Вкладыши изготовляют большей частью из алюминия, реже из чугуна, в зависимости от их сложности. Стержни из песчано-масляной смеси в сыром состоянии обладают незначительной прочностью. Перед сушкой такие стержни необходимо выложить на соответственно подготовленную поверхность.

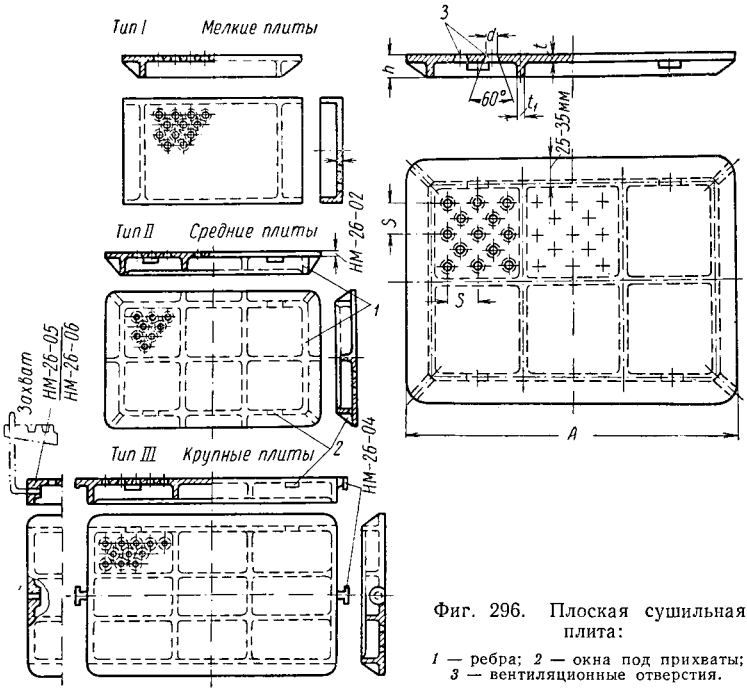
Стержни с плоской поверхностью выкладывают на чугунные или алюминиевые сушильные плиты (фиг. 296). Плиты в зависимости от размеров делятся на мелкие, не превышающие по габариту 200 × 400 *мм*, средние размерами больше 200 × 400 *мм*, обслуживаемые без помощи подъемника, и крупные, обслуживаемые краном.

Стержни без плоской поверхности выкладывают на особую песчаную постель (фиг. 297), подготовляемую следующим образом: снимают верхнюю половину стержневого ящика, на ее место устанавливают деревянную рамку, которую заполняют сухим кварцевым песком; поверх рамки кладут сушильную плиту, после чего вторую половину стержневого ящика переворачивают и снимают, а стержень оставляют на песчаной постели.

В массовом производстве в подобных случаях изготовляют чугунные, а еще лучше алюминиевые фасонные сушильные плиты (фиг. 298), представляющие собой копию половинки стержневого ящика.

Сушильные плиты с толщиной стенок 3—6 *мм* выполняют с отверстиями для ускорения процесса сушки.

При выгрузке стержней на место снятой верхней половины стержневого ящика накладывают фасонную сушильную плиту,



Фиг. 296. Плоская сушильная плита:

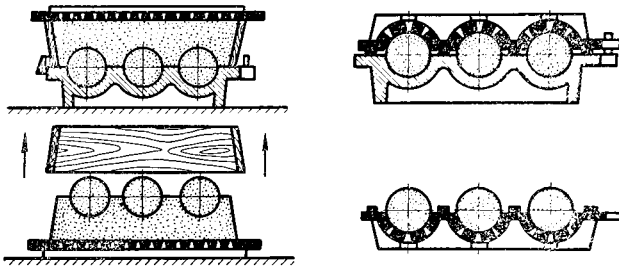
1 — ребра; *2* — окна под прихваты; *3* — вентиляционные отверстия.

Наибольший габаритный размер *A*	*h*	*t*	t_1	*d*	~*s*	*r*	*R*
До 120	20	4—5	4	—	—	—	—
120—260	25	5—6	5	8	30	3	10
260—500	30	6—8	6	—	—	—	—
500—800	40	8—10	7	10	40	5	15
800—1250	50	10—12	8	12	50	8	20

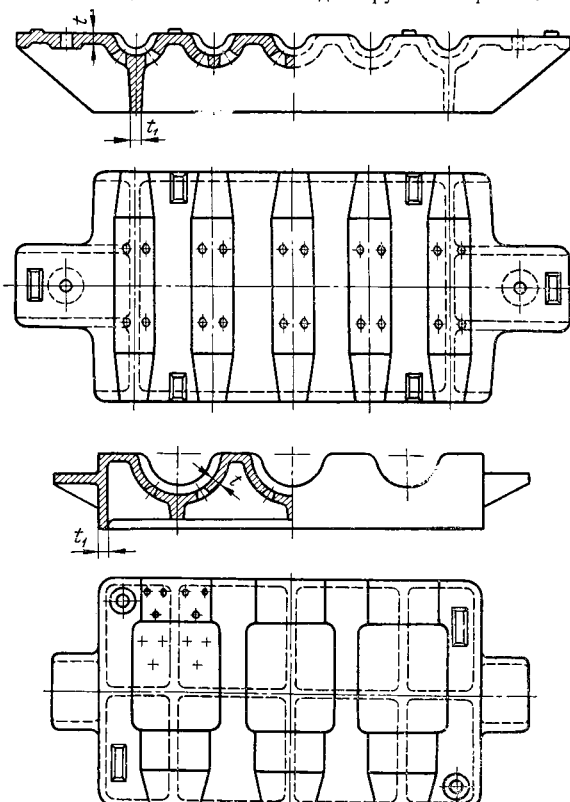
Примечание. Вентиляционные отверстия и окна под прихваты получать в литье.

ящик поворачивают на 180°; снимают вторую половинку стержневого ящика и стержень на плите транспортируют в сушило.

Стержни, как уже говорилось выше, нуждаются в достаточной вентиляции, для чего стержневые ящики иногда снабжают соответ-



Фиг. 297. Песчаная постель для круглых стержней.



Фиг. 298. Фасонная сушильная алюминиевая плита.

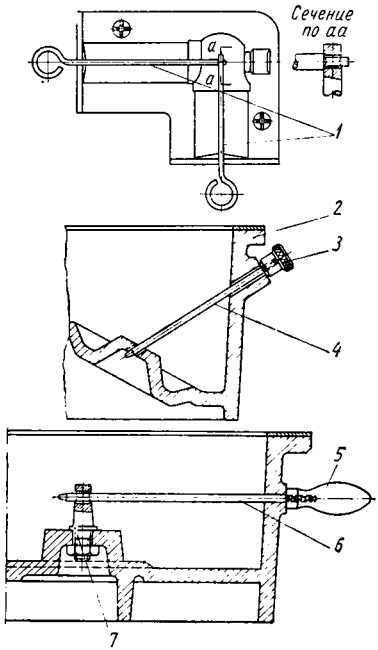
ствующими приспособлениями. На фиг. 299 показаны схемы установки душников для вентилирования стержней в стержневых ящиках.

Перед началом работы стерженщик обязан в первую очередь проверить исправность стержневого ящика, тщательно вычистить и промыть керосином и протереть керосиновой тряпкой (если он загрязнен); если стержневая масса изготовлена на сульфитном щелоке, то промывать следует водой. После промывки ящик вытирают насухо (концами). Для устранения прилипания стержневой массы к стенкам ящика применяют припылы: ликоподий, кварцевый песок, трепел, инфузорную землю и т. п. Применяя припыл, необходимо учитывать и соблюдать следующие основные положения:

1) если стержневой ящик загрязнен и влажен, припыливать нельзя;

2) припыл должен наноситься равномерным и очень тонким слоем;

3) перед припыливанием стержневой ящик должен быть собран, а все отъемные части вложены в свои гнезда.



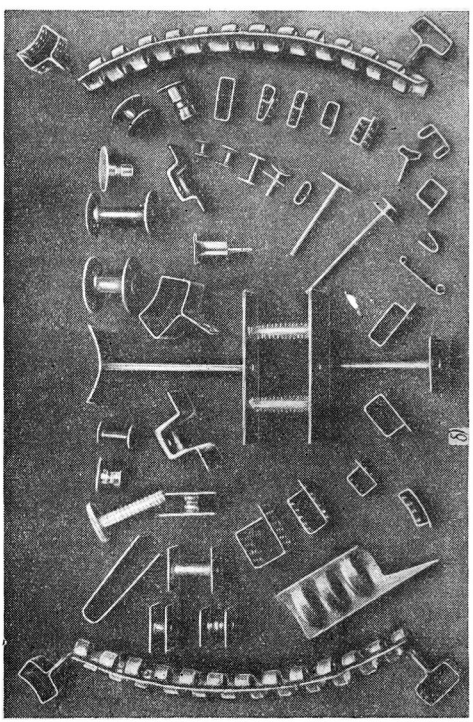
Фиг. 299. Схема установки душников для вентиляции стержня:

1 — душник НМ-25-01, тип I; *2* — стержневой ящик; *3* — гайка с накаткой НМ-24-30; *4* — душник НМ-25-01, тип II; *5* — ручка НМ-25-02; *6* — душник НМ-25-01, тип II; *7* — подставка НМ-25-03.

При применении длинных тонких горизонтальных стержней, во избежание провисания, а также для предупреждения всплывания стержней, для придания им более устойчивого положения, применяют особые металлические подпорки — жеребейки.

В зависимости от характера и сложности отливки, жеребейки изготовляют с разнообразными очертаниями; на фиг. 300, *а* показаны простейшие типы жеребеек, применяемых в машиностроительном литье, а на фиг. 300, *б* — более сложные. Жеребейки изготовляют из чугуна и мягкой стали; во избежание ржавления их лудят, так как окисленная поверхность жеребеек вызывает брак по газовым раковинам.

Очень трудно подобрать надлежащую толщину стенок жеребеек, чтобы добиться полного сплавления жеребейки с телом отливки, в результате чего тело отливки в месте соединения его с жеребейкой получается ослабленным, что является особенно нежелательным

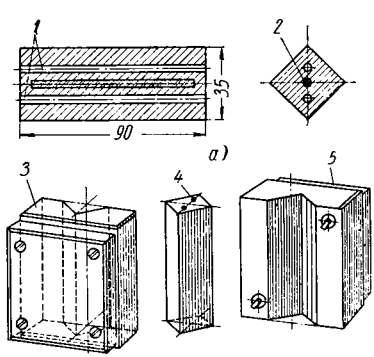


Фиг. 300. Типы жеребеек.

в том случае, когда деталь подвергают гидроиспытанию. Поэтому всюду, где возможно, следует избегать применения жеребеек и предпочитать соответствующие изменения конструкции или технологического процесса изготовления отливки.

Изготовление простых стержней

Половинки стержневого ящика (фиг. 301) скрепляют скобами или струбцинкой, после чего ящик ставят на верстак вертикально. Стерженщик левой рукой при помощи совка постепенно насыпает стержневую смесь в ящик, а правой рукой уплотняет ее трамбовкой. Уплотнение выполняют непрерывно, причем плотность набивки регулируют силой удара и скоростью засыпки смеси в ящик. Припыл для таких ящиков не применяют. Когда ящик заполнен и излишек стержневой смеси счищен скребком, стерженщик вставляет проволочный каркас и накалывает газовые каналы. Затем несколько раз слабо ударяет по ящику деревянным молотком или набойкой, для того чтобы облегчить выемку стержня. Неумеренно сильные и резкие удары по ящику могут привести к искажению формы стержня. При расталкивании стержня предпочтительнее ударять по торцу ящика, когда последний находится еще в вертикальном положении. Затем ящик раскрепляют, снимают верхнюю половинку ящика, выкладывают стержень на сушильную или земляную постель и транспортируют в сушило.



Фиг. 301. Изготовление стержня по ящику:

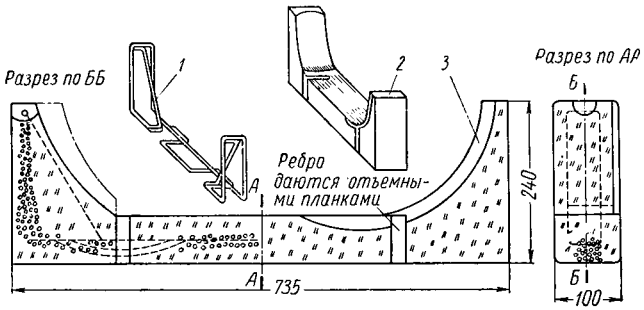
а — рабочий чертеж стержня; *б* — половинка стержневого ящика и стержень; *1* — газовые каналы; *2* — проволока каркаса; *3* — половинка стержневого ящика первая; *4* — стержень; *5* — половинка стержневого ящика вторая.

Изготовление сложных крупных стержней

Стержень, изображенный на фиг. 302, набивают в ящике, состоящем из двух половинок и трех отъемных частей.

После установки ящика стерженщик ставит на место отъемные части и скрепляет ящик. Очистив и протерев ящик, стерженщик набивает землю на дно ящика и ставит железную рамку (каркас), обмазанный жидкой глиной (белюгой). Осадив рамку набойкой, стерженщик насыпает и уплотняет землю над ней, накалывает газоотводные каналы, прокладывает соломенные жгуты в тонких местах (у ребер), а в толстых местах стержня укладывает слой кокса или шлака, смоченный жидкой глиной. Сверху насыпает слой земли

и уплотняет набойкой; верхний слой земли уплотняют трамбовкой. Излишек земли сгребает, накалывает газоходы от поверхности ящика к коксовой прослойке; поверхность стержня заглаживает гладилкой. Затем стерженщик накладывает металлическую плиту, перевертывает ящик, обстукивает его деревянным молотком, раскрепляет ящик, освобождая стержни, и из ящика вынимает отъемные части. Поверхность стержня отделывает, прошпиливает в ребрах формовочными гвоздями, в стержне открывает газоотводные каналы



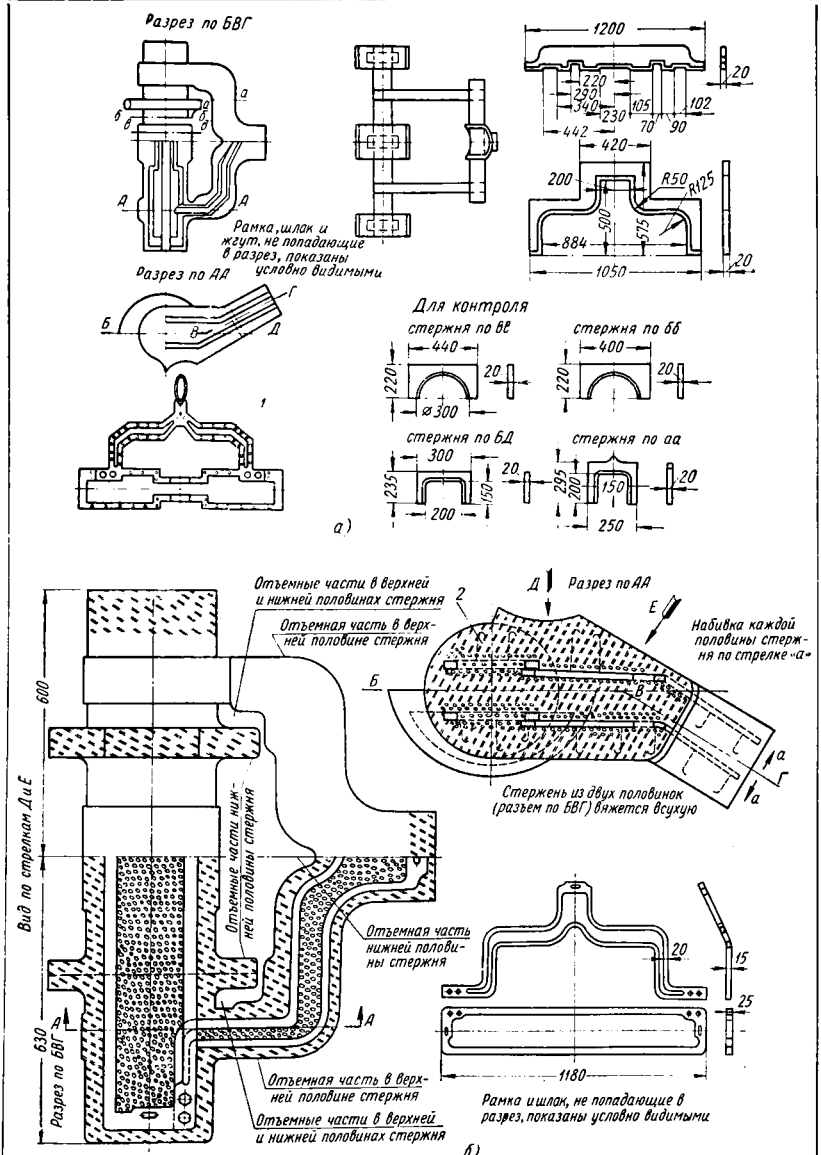
Фиг. 302. Изготовление сложных крупных стержней:
1 — каркас; *2* — набивка; *3* — отъемная часть ящика.

и места подъема («вески»). После этого стержень транспортируется в сушило. Высушенный стержень очищают, проверяют шаблоном; затем в случае надобности его исправляют, окрашивают и снова ставят в сушило, после чего он поступает к приемщику, а от него на сборку формы.

Стержень, изображенный на фиг. 303, *а*, раньше изготовляли из шести отдельных стержней; при таком способе центровая часть стержня выполняется в виде отдельного стержня, точеного по шаблону. К центровому стержню присоединяют две нижние дужки (ленты), накладывают тройниковый стержень и два куска, дающие переход от тройника к золотниковой коробке. Все это вместе взятое сильно осложняло сборку формы и снижало точность геометрических размеров отливки. Лучшие результаты обеспечивает способ изготовления по ящику целого стержня (фиг. 303, *б*), включающего в себя все шесть отдельных стержней.

Набивку стержня в этом случае выполняют в верхней и нижней половинах стержневого ящика (фиг. 304).

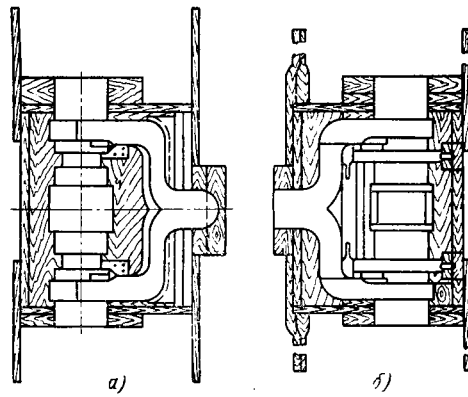
Рамка стержня (фиг. 303) чугунная, с залитыми в ней железными прутьями, состоит из двух частей: одну часть рамки, прокладываемую в тройнике, разбивает каждый раз обрубщик при выбивке стержня из отливки; другую, плоскую, прямоугольную, лежащую в центровой части стержня, вынимают целой, и она в дальнейшем используется при нескольких отливках.



Фиг. 303. Основной центровой стержень:

а — стержень из шести отдельных стержней; *б* — схема изготовления целого стержня по ящику; *1* — чугунная рамка каркаса; *2* — стержень из двух половинок.

Установив стержневой ящик на плиту, вставив отъемные части, очистив и протерев ящик, стерженщик подбивает под каркас землю. Предварительно он свертывает обе части каркаса, подгибает концы прутьев по ящику, обмазывает каркас жидкой глиной и устанавливает его в ящик. После этого насыпает и уплотняет землю по каркасу, прокладывает газоходы от коксовой прослойки к стенкам ящика и прокладывает коксовую прослойку. Прослойку смачивают жидкой глиной, насыпают сверху землю и уплотняют ее. Набив ящик доверху, подгибают концы железных прутьев, осаживают их молотком при помощи оправки и утрамбовывают землю по плоскости разъема. Очистив излишек земли, поверхность заглаживают гладилкой, а по разъему стержня прорезывают газоотводы и накаливают газовые каналы на поверхности стержня к коксовой прослойке.



Фиг. 304. Стержневые ящики для центрового стержня:

а — нижняя часть стержневого ящика; *б* — верхняя часть стержневого ящика (в разрезе).

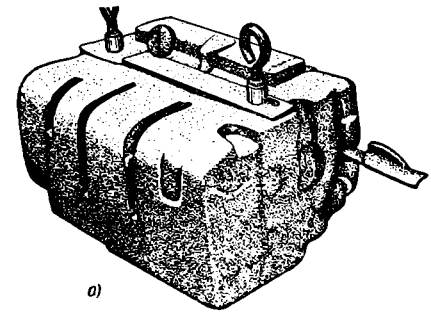
Затем стерженщик открывает в стержне рамку в местах, предназначенных для скрепления двух половин стержня, и в местах подъема. После этого на ящик накладывают плиту и скрепляют ее с ним. Затем ящик переворачивают, удаляют скрепление и ящик снимают; стержень отделывают и транспортируют в сушило.

Вторую половину стержня изготовляют таким же образом.

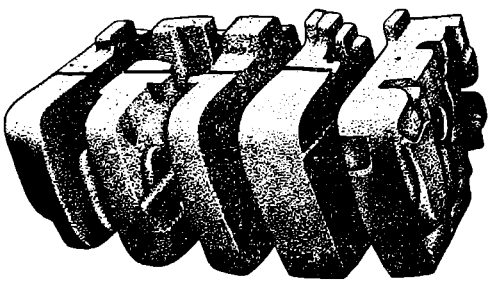
Получив из сушки обе половины стержня, стерженщик их обдувает, обтирает, снимает с плит и ставит на подставки. Проверив площадь разъема стержней линейкой, накладывает краном вторую половину стержня на первую, проверяет их шаблонами и кронциркулем, притирает части стержня одну к другой по шаблону. Затем верхнюю половину стержня снимает, по краям стержня и газоотводных каналов прокладывает глину, накладывает снова вторую половину стержня и скрепляет обе его половины восемью болтами через отверстия, имеющиеся у рамки. После этого заделывает швы соединения стержня, окрашивает его и отправляет в сушило, из которого готовый стержень поступает к контролеру и далее на сборку формы.

Подобное усложнение конструкции стержня делает крайне затруднительным механизацию работ по изготовлению стержня и переход

на машинную формовку и может быть оправдано только в условиях мелкосерийного производства. Характерным примером в этом отношении может служить опыт завода «Станколит» по изготовлению крупных станочных стержней при переходе с ручного на машинный способ изготовления стержней.



а)



б)

Фиг. 305. Стержень бабки токарно-винторезного станка:

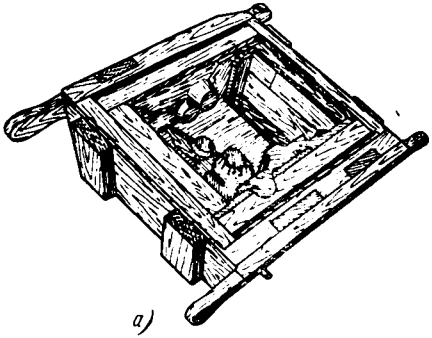
а — центровой стержень передней бабки токарно-винторезного станка; *б* — элементы центрового стержня.

Для облегчения механизации формовки стержней необходима замена глинистых стержневых смесей песчаными с синтетическими и другими крепителями. Песчаные смеси обладают значительно большей текучестью и способны при незначительном встряхивании хорошо заполнять полости и углубления стержневого ящика. Центровой стержень токарно-винторезного станка (фиг. 305, *а* и *б*) достаточно сложной конструкции трудно было изготовлять посредством машинной формовки и поэтому его выполняли ручным способом. Разбивка этого стержня на пять отдельных кусков сделала возможным изготовление каждой части его на формовочной машине и вместе с тем это упростило изготовление стержневых ящиков.

Вследствие повышенной точности оснастки и более равномерного уплотнения при машинной формовке сборные стержни не уступают по точности цельным, а трудоемкость изготовления их снижается на 40—45%.

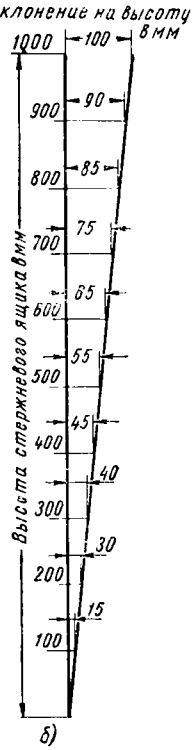
§ 5. ВЫТРЯХНЫЕ СТЕРЖНЕВЫЕ ЯЩИКИ

На фиг. 306—309 показано устройство вытряхных стержневых ящиков, применяемых для изготовления крупных стержней: на фиг. 306, *а* показан стержневой ящик в собранном виде, на фиг. 307 — коробка (жакет), на фиг. 309 — вид ящика в перевернутом положении. Жакет (коробку) вытряхного ящика

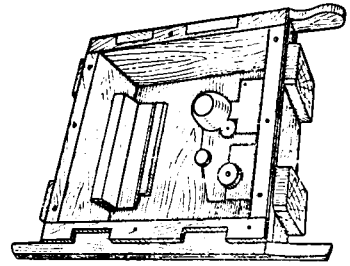


а)

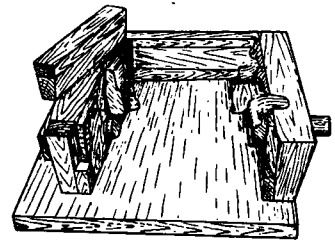
Фиг. 306. Вытряхной стержневой ящик в собранном виде.



б)



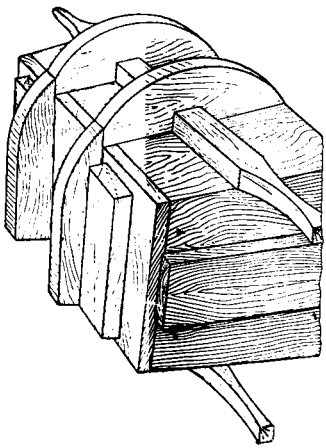
Фиг. 307. Жакет вытряхного стержневого ящика.



Фиг. 308. Вкладыши вытряхного стержневого ящика.

вяжут на шипах с наглухо прикрытым дном (для некоторых стержней наличие дна необязательно).

К коробке ящика прикрепляют две ручки, затем в нее вставляют вкладыши, число которых зависит от сложности стержня. Посредством вкладышей (фиг. 308) выполняется вся конфигурация стержня. Между коробкой и вкладышами имеется конус, размеры которого зависят от высоты и сложности стержневого ящика. Нормали для определения конусности стержневого ящика (фиг. 306, *б*) назначают на основе практических данных.



Фиг. 309. Вытряхной стержневой ящик в перевернутом положении.

Преимущества вытряхных стержневых ящиков следующие: 1) простота изготовления; 2) возможность выполнения любой сложности стержневых ящиков без отъемных частей; 3) возможность перевода на машинную формовку значительного количества стержневых ящиков; 4) упрощение сборки ящика и благоприятные условия для получения равномерной набивки в узких переходах после установки рам и каркасов; 5) простота способа выемки стержня; 6) уменьшение числа поломок стержней, связанных с разборкой разъемных ящиков благодаря наличию вкладышей. Конструкция вытряхных ящиков позволяет получать геометрически точные стержни, так как вкладыши легко устанавливать в коробке с большой точностью.

К коробке ящика привинчивают специальное приспособление для переворачивания ящика, состоящее из шпонок, связанных с дном ящика и идущих от дна до верха боковой стенки. Радиус закругления шпонок может быть постоянным или переменным, что зависит от размеров стержневого ящика. Шпонки прикрепляют к стороне, лежащей ближе к центру стержня, что облегчает поворот ящика. Поворачивают ящик при помощи ручек, что позволяет уменьшить число крановых операций.

§ 6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ШАБЛОНОВ

Стержни, представляющие собой тела вращения, например стержни для труб, гильз, цилиндров и т. п., изготовляют при помощи шаблона. В качестве примера приводим способ изготовления стержня по шаблону для диффузора (фиг. 310).

Для облегчения веса стержня каркас-шпиндель изготовляют из тонкого котельного железа, которое предварительно просверли-

вают, делая отверстия в шахматном порядке, служащие для вентиляции стержня. Чтобы обеспечить бо́льшую податливость стержня и тем самым предохранить отливку от возникновения в ней внутренних напряжений, на каркас наматывают один или несколько слоев соломенного жгута.

Процесс изготовления стержня при помощи шаблона состоит из следующих операций:

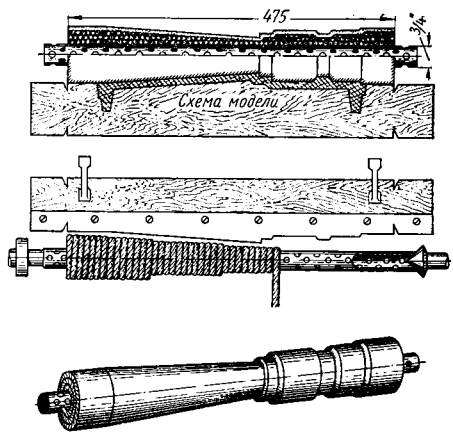
1) установка шпинделя в станок;

2) выравнивание и закрепление шаблона;

3) наматывание соломенного жгута и обмазка его жидкой глиной;

4) чистовая заточка стержня шаблоном;

5) снятие стержня со станка;



Фиг. 310. Изготовление стержня по шаблону.

6) сушка, проверка размеров и исправление (вторичная заточка в случае надобности);

7) дополнительная подсушка (если это требуется) и окраска стержня чернилами.

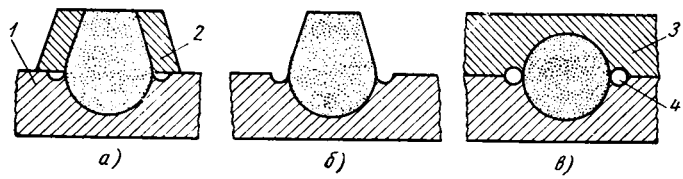
§ 7. МЕХАНИЗАЦИЯ СТЕРЖНЕВЫХ РАБОТ

Уплотнение стержневой смеси в ящике также может быть механизировано, т. е. его можно осуществлять прессованием, встряхиванием, пескометом или сжатым воздухом.

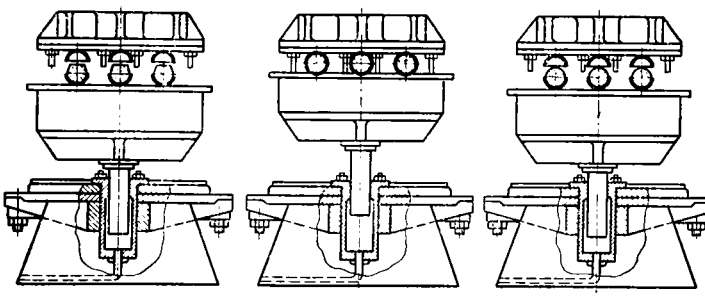
Изготовление стержней на прессовых машинах

В качестве примера изготовления стержней посредством нижнего прессования рассмотрим способ изготовления стержня, применяемого в сыром состоянии, для рукава швейной машины.

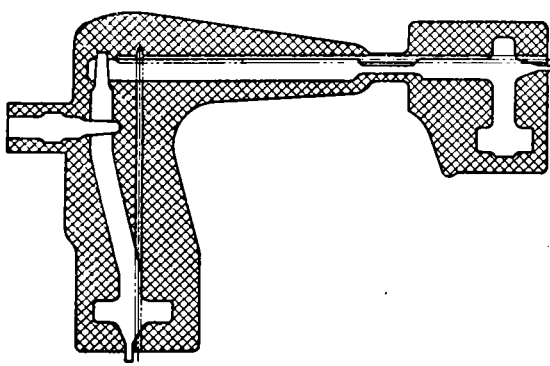
Способ изготовления подобных стержней, применяемых в сыром состоянии, основан на принципе, который в общих чертах сводится к следующему: на нижнюю половину стержневого ящика *1* (фиг. 311, *а*) накладывают рамку *2*, определяющую количество насыпаемой в ящик стержневой смеси. После заполнения ящика рамку снимают (фиг. 311, *б*), на нижнюю половину ящика накладывают верхнюю половину ящика *3* и прижимают к нижней половине, причем излишек стержневой смеси выдавливается в сторону углублений *4* (фиг. 311, *в*).



Фиг. 311. Изготовление стержня по способу Кнютеля.



Фиг. 312. Кинематическая схема изготовления сырых стержней.



Фиг. 313. Разрез стержня:

1 — вентиляционный канал.

Стержни изготовляют на гидравлических машинах с нижним прессованием ПФ-3; на столе машины размещают три стержневых ящика. Кинематическая схема машины приведена на фиг. 312.

Разрез стержня с каркасом, состоящим из трех частей, и указанием расположения вентиляционных каналов приведен на фиг. 313, а на фиг. 314—315 даны конструкции нижней и верхней половин стержневого ящика.

Процесс изготовления. Нижние половины стержневых ящиков *3* устанавливают на стол машины и подогревают; на нижние половины ящиков накладывают наполнительные рамки, после чего насыпают наполнительную смесь (того же состава, что и для форм), слегка обжимают руками и рамку снимают. Стол подводят под траверсу машины, и стержень прессуют.

Смесь в ящики насыпают в два приема: сначала наполняют нижнюю половину стержневого ящика, потом кладут каркас и прикладывают шнуры (ремень) вентиляционных каналов, после чего ставят наполнительную рамку и досыпают землей. После прессования стол выводят из-под траверсы и стержни проставляют в форму.

Применение сырых стержней, особенно в условиях массового производства, дает огромную экономию времени, способствует сокращению расходов на сушку и транспортировку стержней и т. п.

Изготовление стержней на мундштучных машинах

Прямые стержни малого сечения — цилиндрические, призматические или иные — изготовляют на мундштучных машинах путем выдавливания стержневой смеси шнеком или поршнем. Типы изготовляемых этим способом стержней с указанием наиболее ходовых размеров приведены на фиг. 316. Сечение стержня определяется формой выходного отверстия мундштука. По оси мундштука устанавливают неподвижный пруток, образующий в стержне газоотводной канал. После сушки стержни разрезают на куски той или иной длины.

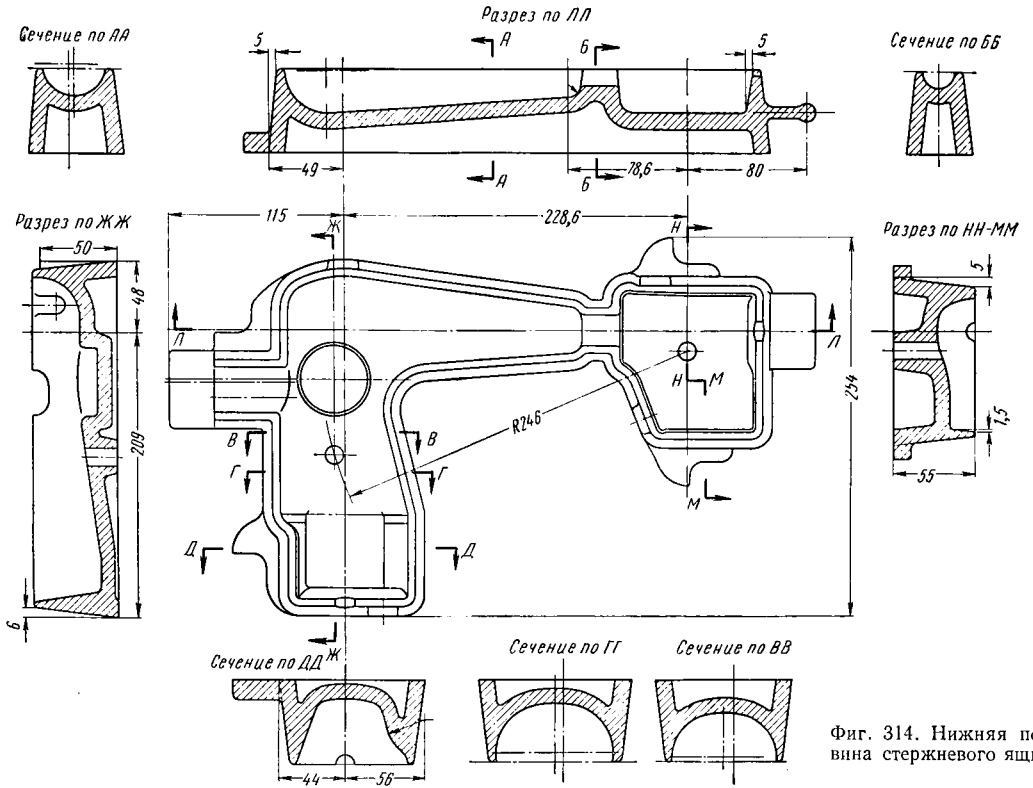
Изготовление стержней на пескомете

Способ уплотнения стержневой смеси посредством пескомета получил сравнительно незначительное распространение, преимущественно в литейных массового производства для изготовления средних по величине стержней. Для изготовления подобных стержней (фиг. 317) применяют пескометы стационарного типа или пескометы упрощенной конструкции с пониженной производительностью.

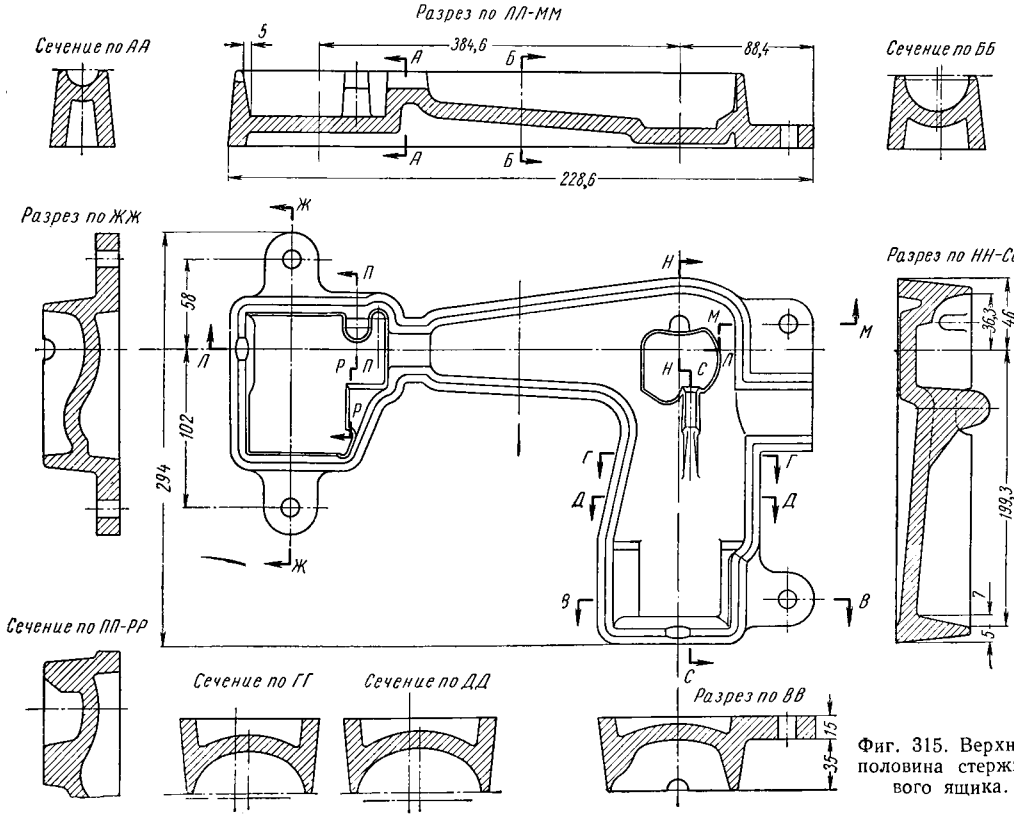
Изготовление стержней на встряхивающих машинах

Стержневую смесь на стержневых встряхивающих машинах уплотняют в открытых ящиках, преимущественно для стержней среднего и реже крупного размера.

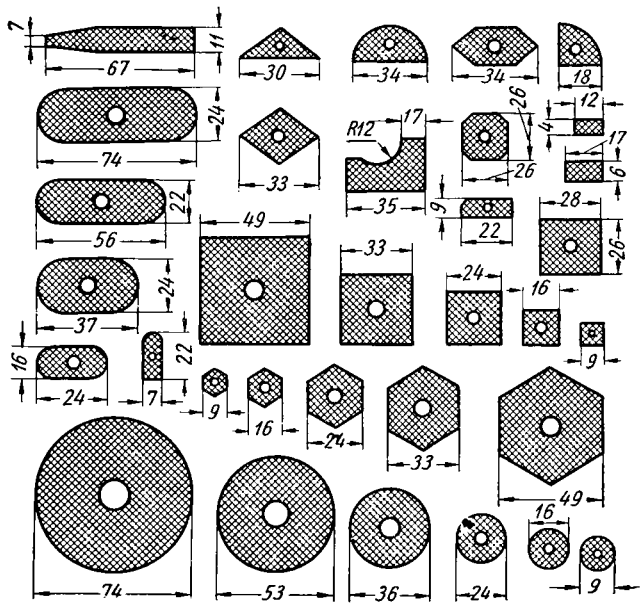
Примером применения встряхивающих машин для изготовления стержней может служить изготовление сложного стержня для рамы трактора СТЗ, который состоит из сырого болвана и сухих стержней,



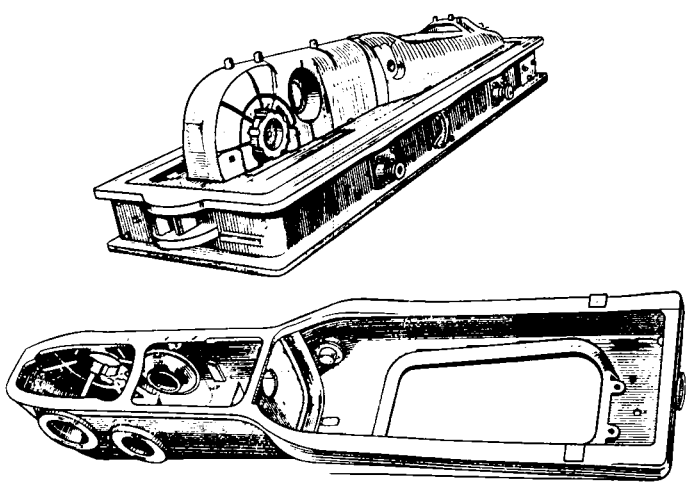
Фиг. 314. Нижняя половина стержневого ящика.



Фиг. 315. Верхняя половина стержневого ящика.



Фиг. 316. Типы мундштучных стержней.



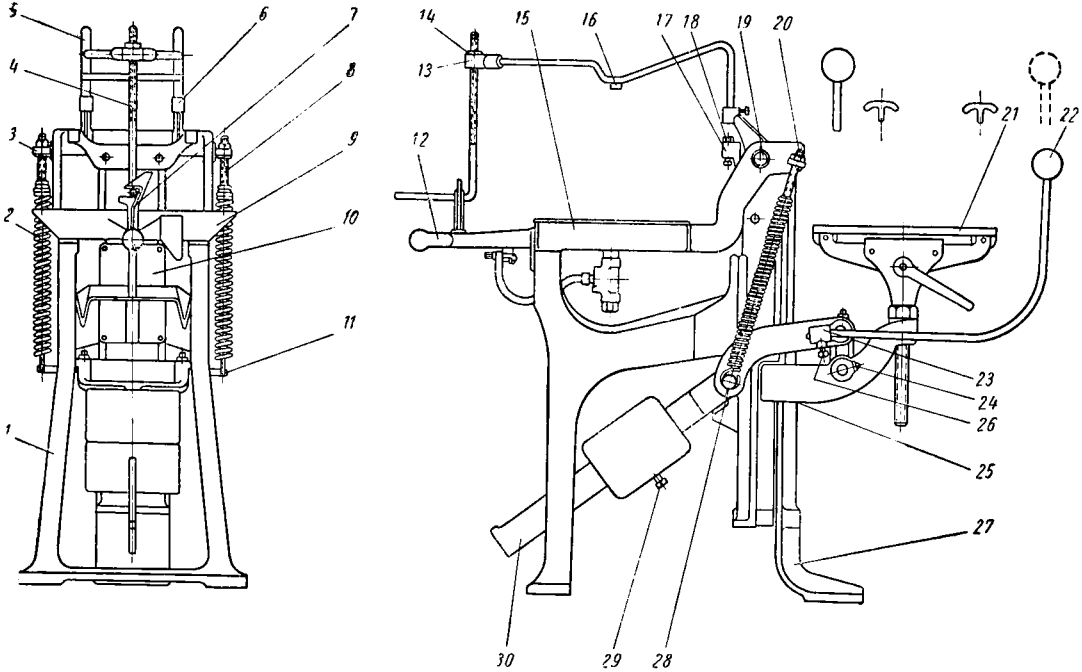
Фиг. 317. Стержень рамы трактора.

оформляющих фасонные части с внутренней поверхности рамы. Изготовление таких стержней производится на стержневой машине 283, представляющей собой простой встряхивающий стол. Работу стержневой машины С 283 и поворотного механизма можно представить по фиг. 318. Поворотный механизм станины машины состоит из трех частей: рамы *1*, направляющей *10* и задней ножки *27*, скрепленных между собой болтами. На станине смонтирован поворотный механизм, состоящий из поворотного стола *9* с двумя ушками *20*, снабженными бронзовыми втулками. Стол укреплен неподвижно на оси *19*, которая в верхней части закреплена направляющей *10* при помощи болта. В верхней части направляющей укреплен кронштейн *17* с двумя болтами *18*, укрепленными контргайками. При повороте стола *9* ушки *20* упираются в болты *18*, и таким образом достигается установка стола в горизонтальном положении.

На поворотном столе расположен суппорт *15*, к которому прикрепляется стержневой ящик. Для удержания стержневого ящика со стержнем и металлической плитой, накладываемой на ящик при повороте стола, служит зажимное приспособление, укрепленное неподвижно на оси *19* поворотного стола. На оси *19* с обеих сторон направляющей надеты два рычага *6*, в ушках которых с помощью двух гаек укреплена зажимная рама *5*, сделанная в виде петли. В передней части зажимной рамы имеется ушко *13* со втулкой *14*, в которую ввернута на резьбе рукоятка *4*, входящая в щеколду *7*, закрепленную при помощи гайки на ручке *12* поворотного стола. Посредине зажимной рамы укреплена деревянная зажимная планка *16*. Все зажимное приспособление может поворачиваться на угол $\sim 23°$.

Поворотный механизм уравновешивается с помощью двух спиральных пружин *2* (по одной с каждой стороны). Сверху в пружину вставлен болт *8*, который прикрепляется к угольнику *3* гайкой и контргайкой, а угольник, в свою очередь, укреплен на оси *28* рычага противовеса, на которой пружина удерживается шайбой, укрепленной болтом, ввинченным в торец оси *28*.

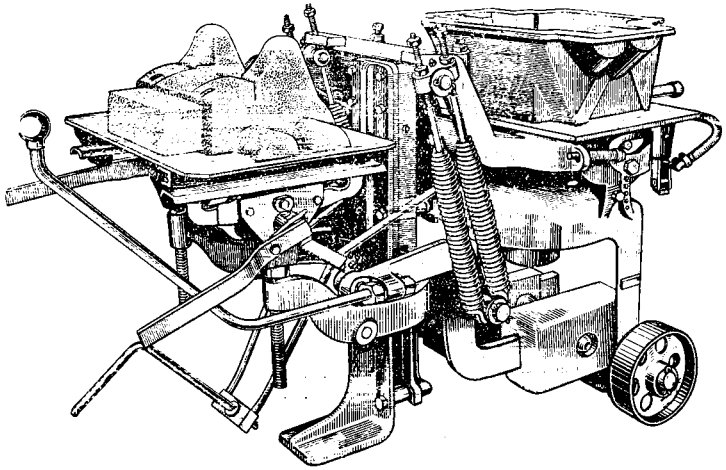
Стержневая смесь в ящике уплотняется вручную при помощи поворотного механизма; рабочий, нажимая на рукоятку поворотного стола, приподнимает и опускает его, чем осуществляет несколько ударов (два-три) о станину машины. После того как достигнуто необходимое уплотнение, на стержневой ящик устанавливают металлическую плиту, прижимаемую к стержневому ящику зажимным приспособлением, для чего поворачивают зажимную раму влево и вниз; затем скрепляет ее со щеколдой, вследствие чего зажимная рама прижимает плиту к стержневому ящику. После этого с помощью рукоятки поворотного стола стол вместе со стержневым ящиком, плитой и зажимным приспособлением поворачивают на 180°. При повороте стола ушки *6* упираются в болты кронштейна *8*, и стол устанавливается в горизонтальное положение. В крайнем правом положении поворотного механизма стержневой ящик с плитой опускается



Фиг. 318. Стержневая машина С283.

на нивелирующие опоры, после чего рукоятка зажимной рамы переводится вверх и вправо, освобождается от щеколды, и зажимное приспособление опускается в свое крайнее правое положение. Когда вынут стержень, поворотный стол поворачивается в свое первоначальное положение.

Болван формуют на встряхивающем столе (фиг. 319); затем на этот стол ставят нижнюю опоку, отформованную на отдельной формовоч-



Фиг. 319. Стержень газовых отверстий блока (ручная формовка).

ной машине, скрепляют с ним, переворачивают и к болвану прикрепляют боковые стержни.

Вытяжной механизм

При выемке стержня стержневой ящик остается неподвижным, а стержень опускается. Это достигается при помощи вытяжного механизма с правой стороны машины. Для этого на приливе направляющей укреплена ось *28* (см. фиг. 318), на которой подвижно укреплен рычаг *30*, имеющий противовес *11*, который может быть закреплен в том или ином положении болтом *29*. Правый конец рычага *30* при помощи двух звеньев *24* (по одному с каждой стороны) соединен с хомутом *25*. На левом конце хомута имеется ползун, движущийся в параллельно расположенных направляющих, тщательно пригнанных к ползуну так, чтобы была обеспечена точность вертикального движения ползуна и всего вытяжного механизма. Звенья *24* соединены с рычагом *30* и хомутом *25* пальцами, на которые надеты шайбы для предотвращения соскакивания звеньев с пальцев. С левой и с правой стороны рычага противовеса у звеньевого соединения имеются

приливы *23*, в которых укрепляется болтом *26* рукоятка *22*, монтируемая с левой или с правой стороны. На рычаге противовеса у оси *28* имеется болт с укрепленной на нем гайкой, служащей для ограничения хода вытяжного механизма вниз.

На правом конце хомута укреплены две нивелирующие опоры *21*, которые служат для установки стержневого ящика в горизонтальное положение и закрепления его в этом положении во время выемки стержня. Для облегчения выемки стержня из ящика служит вибратор.

Машины с поворотным столом, применяемые для формовки стержней, это обычные формовочные машины моделей 231, 232, 253, 254. Их применяют гораздо реже, чем специальные стержневые машины с перекидным столом. Последние выполняют в виде ручных (марка 283), а также и пневматических встряхивающих машин с перекидным столом (марка 284).

Техническая характеристика встряхивающей стержневой машины 283

Размеры стержневого ящика в *мм*	500×300×200
Наибольший вес ящика со стержнем и плитой в *кг*	30
Наибольшая ширина стержневого ящика в *мм*	550
Наибольший ход вытяжки в *мм*	200
Расстояние от рабочей плоскости перевернутого стола до приемных брусков в *мм*:	
наибольшее	210
наименьшее	60
Диаметр плунжера вибратора в *мм*	25
Расход воздуха на один стержень в $м^3$	0,1
Производительность машины (число съемов в час)	18—30
Габариты машины в *мм*	1800×670×1020
Вес машины в *кг*	300

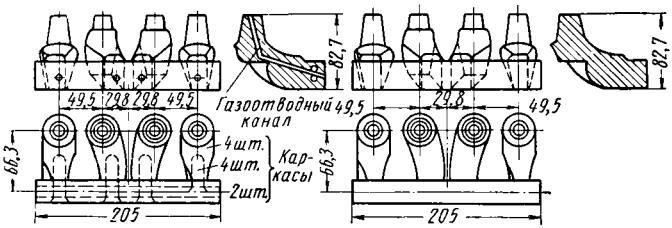
На стержневой машине 283 проводится три операции по изготовлению стержня: 1) уплотнение стержневой смеси в стержневом ящике; 2) поворот стержневого ящика; 3) выемка стержня из ящика.

Пескодувные стержневые машины

Изготовление стержней пескодувным способом является наиболее совершенным и производительным. Лучший стерженщик может заформовать вручную за 8 час. 400—500 фронтовых стержней (ГАЗ), а средняя производительность пескодувной машины за 8 час. составляет 2000—3000 таких стержней, достигая при некоторых условиях 4000—6000 стержней в смену.

Качество стержней, получаемых на пескодувных машинах, значительно выше. Стержни, полученные в одном и том же ящике пескодувным способом, легче и прочнее стержней, изготовленных вручную. Газопроницаемость пескодувных стержней выше, чем у стержней, изготовленных вручную, так как сжатый воздух, проходя под давлением через всю толщу стержневой смеси, оставляет после себя воздушные пути-капилляры. Поверхность стержней, изготовленных пескодувным способом, более гладкая.

Повышение прочности и газопроницаемости пескодувных стержней дает возможность во многих случаях почти отказаться от каркасов и прокладки газопроводных каналов: стержень газовых отверстий блока 12-1002015 при изготовлении вручную был выполнен с десятью каркасами и четырьмя газоотводными каналами (фиг. 320),

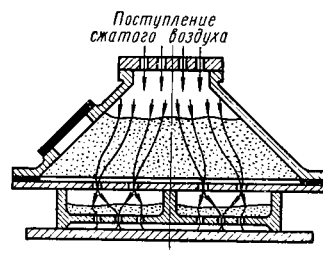


Фиг. 320. Стержень газовых отверстий блока (пескодувный способ).

а при переходе на пескодувный способ надобность в каркасах и каналах отпала.

Из 46 стержней, изготовляемых пескодувным способом (по данным ГАЗ), только два были с каркасами.

Сущность способа пескодувного изготовления стержней состоит в том, что сжатый (5,0—8,0 *ати*) воздух, поступая в резервуар пескодувной машины (фиг. 321), увлекает за собой через надувные отверстия песчинки в полость стержневого ящика, уплотняя при этом стержневую смесь.



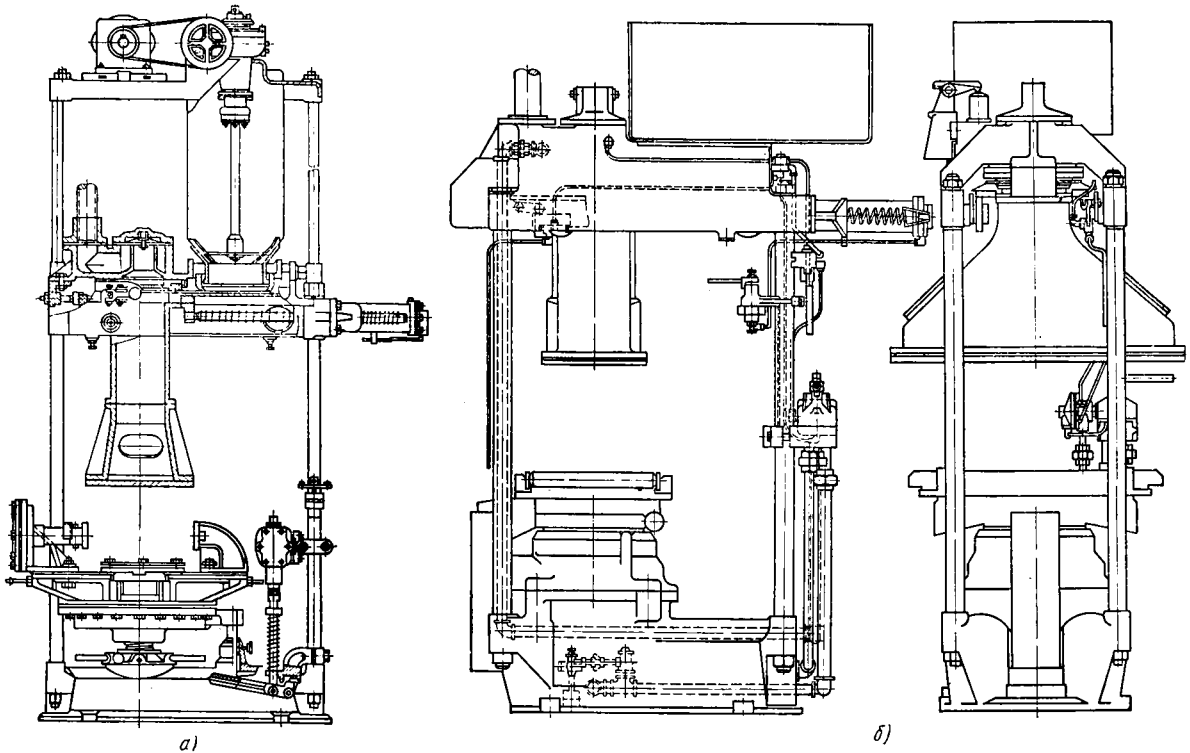
Фиг. 321. Схема рабочего процесса пескодувных машин.

Примером пескодувной машины для массового изготовления стержней является машина С-6 (фиг. 322, *а*) или ее модификация С-216 (фиг. 322, *б*) с механизированным съемом верхней половины стержневого ящика.

Пескодувный способ изготовления стержней имеет свои специфические особенности, учитывать которые необходимо при разработке технологического процесса.

Самыми важными вопросами, подлежащими разрешению, являются: а) геометрия стержней; б) конструкция стержневых ящиков; в) особенности технологии изготовления стержней; г) выбор площади сечения надувных и вентиляционных отверстий; д) давление и влажность сжатого воздуха; е) состав стержневой смеси.

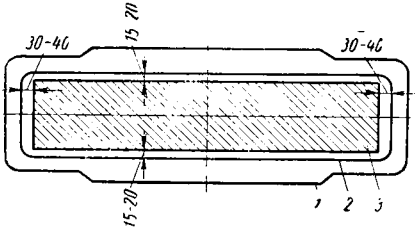
Внешние очертания стержня должны быть меньше внутренних габаритов резервуара машины, иначе возможно образование рыхлот в стержне (фиг. 323).



Фиг. 322. Пескодувная стержневая машина С-6.

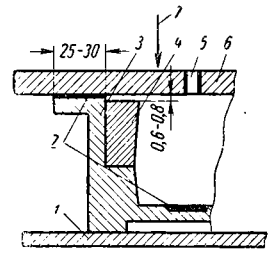
Стержни желательно иметь с толщиной стенок 8—10 *мм* при отсутствии длинных и тонких выступающих частей. Высота стержня должна быть возможно меньшей, так как очень высокие стержни вследствие повышенной осадки могут терять точность геометрических размеров как при выемке их из стержневого ящика, так и при транспортировке их и сушке.

В связи с этими требованиями определяются особенности конструкции стержневых ящиков (фиг. 324) по сравнению с обычными.



Фиг. 323. Схема периметров резервуара машины и стержня:

1 — внешний контур резервуара машины; *2* — внутренний контур резервуара; *3* — максимальная площадь стержня.



Фиг. 324. Ящик для пескодувной формовки:

1 — стол машины; *2* — броневые пластинки; *3* — корпус стержневого ящика; *4* — вкладыш; *5* — надувное отверстие; *6* — надувная плита; *7* — сила давления на ящик;

Количество вкладышей должно быть минимальным. Плоскость вкладыша, соприкасающаяся с плоскостью разъема ящика, располагается на 0,6—0,8 *мм* ниже плоскости разъема ящика (фиг. 324), для того чтобы между столом машины и надувной плитой не произошло заклинивания вкладыша в ящике.

Ширина бортов стержневого ящика на линии разъема должна быть не менее 25—30 *мм* во избежание прорыва песка в момент надувки; плоскость разъема ящика защищена сменной броневой пластинкой, и такие же пластинки устанавливают под каждым надувным отверстием.

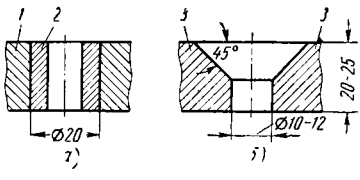
Следует избегать устройства больше одной плоскости разъема в стержневом ящике. Предпочтительнее плоскость разъема ящика, параллельная плоскостям стола и надувной плиты резервуара, так как при разъеме ящика в плоскости, перпендикулярной к плоскости стола машины, необходимы специальные зажимы, чтобы закрепить половинки стержневого ящика во время надувки.

Вентиляционные каналы в стержне рекомендуется выполнять наколочной плитой после надувки стержня или при совмещении операции наколки вентиляционных каналов с операцией надувки стержня; в этом случае наколочная плита является одновременно плитой, через которую надувается смесь в ящик.

Необходимо, чтобы вес стержня, который выдувается за один цикл, был не более $^1/_3$ веса песка, содержащегося в головке машины.

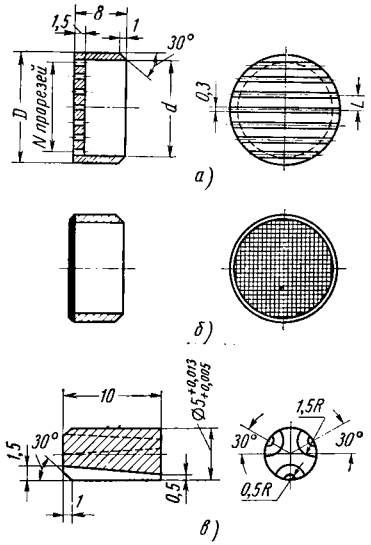
Обязательным условием для хорошего заполнения полости стержневого ящика и всех углублений является правильный выбор расположения и площади надувных отверстий, соотношения между площадями надувных и выдувных отверстий. Расположение, количество и размер надувных отверстий зависят от веса, формы и расположения стержня в ящике.

При конструировании стержневых ящиков для стержней автомобильного литья (вес стержней в пределах от 0,2—0,6 до 3 *кг* и выше) рекомендуется, по данным практики, делать одно надувное отверстие на площади 70—80 *мм*^{2}. Диаметр надувных отверстий колеблется в пределах 8—12 *мм*. Форма надувных отверстий в стержневом ящике и надувной плите показана на фиг. 325.



Фиг. 325. Форма надувных отверстий в стержневом ящике:

а — форма надувных отверстий; *б* — надувная плита; *1* — стенка ящика; *2* — втулка; *3* — надувная плита.



Фиг. 326. Выдувная сетка:

а — щелевая; *б* — сеточная; *в* — пальцевая

Правильный выбор соотношения между площадью вдувных отверстий $f_{вд}$ и площадью вентиляционных сеток $f_{вн}$ обеспечивает хорошее качество стержней. Проверка показала, что применение ящика с фильтром-сеткой, недостаточно пропускающим воздух, или ящика с фильтром-сеткой, у которого чрезмерно большая площадь сечения, не обеспечивает удовлетворительного качества отливок. Установлено, что оптимальное соотношение

$$\frac{\Sigma f_{вн}}{\Sigma f_{вд}} = 20 \div 50\%. \qquad (44)$$

Конечно, в каждом отдельном случае количество надувных отверстий и фильтров-сеток, а также выбор места их установки определяются конфигурацией стержня. На фиг. 326 показана выдувная сетка, а в табл. 62 — размеры их.

Таблица 62

Размеры выдувных сеток

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Размеры (номера) сеток				
			1	2	3	4	5
Наружный диаметр . . .	*D*	*мм*	16	12,5	9,5	8	6,5
Внутренний диаметр . .	*d*	„	13,5	10	7	5,5	4
Количество прорезей . .	*N*	„	7	6	5	4	3
Шаг прорезей	*L*	„	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Площадь сечения сетки	*f*	*мм*^{2}	20,953	14,175	8,475	5,325	3,15

Основное правило расположения сеток: выдувные сетки располагают против надувных отверстий с обязательным смещением их относительно оси надувных отверстий и во всех местных углублениях стержневого ящика.

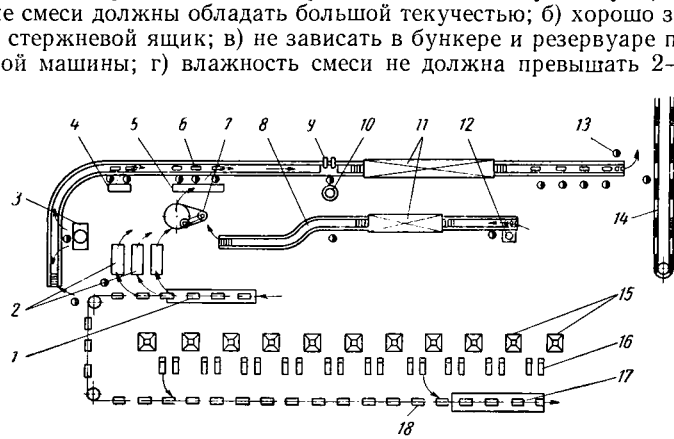
Ящики изготовляют из чугуна или из алюминия; ящики весом до 10 *кг* рациональнее делать из чугуна, свыше 10 *кг* — из алюминия. Ящик должен иметь коробчатую форму. Все стороны его должны быть тщательно обработаны под углом 90°, для того чтобы обеспечить взаимную перпендикулярность плиты подъемного стола и надувной плиты головки при зажиме ящика в момент надувания. Непараллельность верхней и нижней плоскостей ящика, даже составляющая только 0,2 *мм*, резко сказывается на качестве стержня. Соединяемые плоскости стержневых ящиков, плоскости разъема и примыкания к надувной плите делают шириной не менее 20—25 *мм* и тщательно их полируют. Неточность подгонки до 0,1 *мм* служит причиной образования канала, через который выходит воздух с песком, что приводит к быстрому износу ящика. Ящики, изготовленные из алюминия, должны иметь по линии разъема стальную облицовку.

Таблица 63

Составы стержневых смесей (в объемных процентах песка)

№ состава	Марка песка		Связующие						Физико-механические свойства		Прочие составляющие	
	1К0315	1К016	Мука	Сульфитная барда, удельный вес 1,27	Крепитель П	Крепитель 4Г	Олифа	Керосин	Влага в %	Газопроницаемость	Сырая смесь	Сухая смесь
1	70	30	1,8	0,6	1,8	2,3	—	0,3	2,4—3,0	90	0,07—0,09	11—14
2	70	30	1,8	0,6	5,8	—	—	0,3	2,5—3,0	90	0,08—0,09	9—12
3	70	30	2	0,6	—	3,7	0,9	0,3	2,4—3,0	90	0,07—0,09	11—15
4	—	100	—	0,4	5,6	—	0,45	0,3	2,4—3,0	80	0,07—0,09	10—14
5	30	70	2	0,7	—	2,6	—	0,16	2—2,4	60	0,08—0,1	6,0—1

Большое влияние на качество стержней оказывает состав стержневой смеси, требования к которой сводятся к следующему: а)стержневые смеси должны обладать большой текучестью; б) хорошо заполнять стержневой ящик; в) не зависать в бункере и резервуаре пескодувной машины; г) влажность смеси не должна превышать 2—3%;



Фиг. 327. Поточная линия изготовления и сборки стержней:

1 — подъем стержней из сушила; *2* — стеллажи; *3* — шлифовальный станок; *4* — рабочие места; *5* — столы для стержней; *6* — стержни; *7* — шлифовальный станок; *8* — рольганг; *9* — приспособление для сборки стержней; *10* — печь для цинкового сплава; *11* —печь для подсушки; *12* — бак для краски; *13* — контроль; *14* — транспорт для стержней; *15* — бункеры; *16* — стержневые станки; *17* — спуск в сушило; *18* — конвейерное четырехходовое сушило.

д) прочность смеси в сыром состоянии должна быть в пределах 0,05—0,1 *кг/см*^{2}.

Составы стержневых смесей для пескодувной формовки приводятся в табл. 63.

На фиг. 327 приведена схема поточной организации изготовления, обработки и сборки стержней узла угольника блок-цилиндра.

ГЛАВА IV

ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ

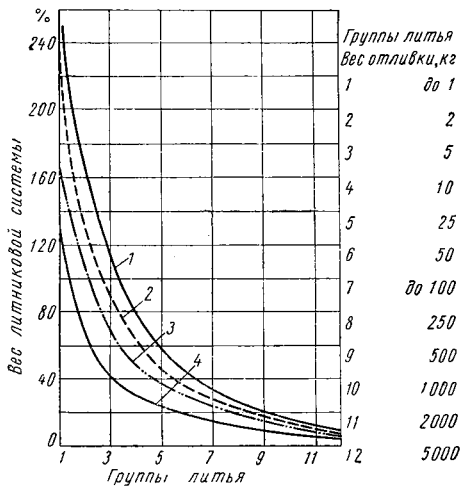
§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Правильный подвод металла в форму имеет исключительно важное значение для получения здоровой отливки, так как любая безукоризненно изготовленная форма может быть испорчена неудачным подводом к ней расплавленного металла.

В практике литейного производства брак из-за некачественной литниковой системы составляет не менее 30%. Кроме того, нередко получение годных отливок достигается путем излишнего расхода

металла на литниковую систему, включая сюда прибыли, выпоры и т. п.

Некоторое представление о расходе металла на литниковую систему дает фиг. 328, на которой приведены данные о соотношении между весом отливки и весом литников, разбитые на 12 групп, в зависимости от веса отливок. Конечно, указанные на фиг. 328 нормы расхода металла на литниковую систему следует рассматривать как первое грубое приближение, так как для соответствия теоретически обоснованного расчета литниковой системы производственному опыту эти цифры в каждом отдельном случае приходится уточнять.



Фиг. 328. Нормы расхода металла на литники:
1 — газовые двигатели; *2* — паровозное литье; *3* — мелкое индивидуальное литье; *4* — среднее машиностроение.

В практике литейного производства нередки случаи, когда, изменяя согласно расчету установленные на глазок размеры литниковых систем, удается снизить расход металла на 50% и более и одновременно снизить брак по литью. Излишне большие сечения элементов литниковой системы, помимо излишнего расхода металла, вызывают еще и раздутие формы, что ведет к увеличению веса отливок.

§ 2. НАЗНАЧЕНИЕ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Одним из важнейших назначений литниковой системы является обеспечение плавного, безударного подвода расплавленного металла в форму и предотвращение попадания шлака в форму.

При выборе места и способа подвода металла в форму необходимо стремиться к тому, чтобы получить здоровую отливку; при этом надо принимать во внимание качество заливаемого металла или сплава, особенности конструкции отливки и т. д.

При подводе расплавленного металла к тонкому сечению отливки металл прогревают наиболее интенсивно, пропуская через него весь металл, предназначенный для данной детали и притом в наиболее горячем состоянии, вследствие чего более тонкое место детали засты-

вает одновременно или почти одновременно с другими более массивными частями отливки, в которые поступает менее горячий металл.

Таким образом стремятся добиться того, чтобы не было значительной разницы в скоростях затвердевания толстых и тонких частей отливки и тем самым до известной степени добиться устранения опасности возникновения усадочных раковин и внутренних напряжений. Однако это мероприятие дает удовлетворительные результаты преимущественно при литье серого чугуна, обладающего незначительной усадкой.

Если же льют детали из ковкого чугуна, стали и других литейных сплавов, обладающих полуторной, двойной и большей усадкой по сравнению с серым чугуном, то нельзя избежать при подводе металла в тонкое место отливки образования усадочных и других дефектов. В таких случаях приходится прибегать к устройству прибылей и питающих бобышек, которые предназначены для питания отливки в процессе ее усадки, когда в ней возможно возникновение усадочной пористости и раковин. В подобных случаях наилучшим решением является такое устройство литниковой системы, при котором: а) учтены характерные особенности конструкций детали; б) обеспечено направленное затвердевание; в) каждая вышележащая часть отливки является прибылью по отношению к нижележащей, а прибыль, наиболее массивная и расположенная сверху, является источником, из которого расплавленный металл поступает в нижележащие части отливки, устраняя возникающие пористость и раковины.

Для того чтобы обеспечить поступление достаточного количества металла из прибыли при литье крупных деталей, как, например, тяжелые маховики и т. п., прибегают к «качанию» прибыли, т. е. прибыль держат заполненной жидким металлом и при помощи железного прутка не дают металлу затвердевать в проходе, соединяющем отливку с прибылью. Следовательно, при помощи правильно сконструированной литниковой системы можно в известных случаях регулировать термофизические явления, происходящие в форме в период затвердевания металла, обеспечивая тем самым получение здоровой отливки.

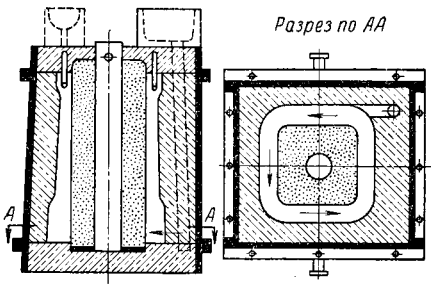
В качестве примера рассмотрим один случай из практики отечественного завода по литью изложниц, конфигурация которых допускает заливку двумя способами: при помощи сифонного (подвод металла снизу) и дождевого (подвод металла сверху через сетку) литников.

Изложница должна быть с чистой внутренней поверхностью, свободной от каких бы то ни было литейных пороков, сопротивляться разгару, выдерживать возможно большее количество плавок.

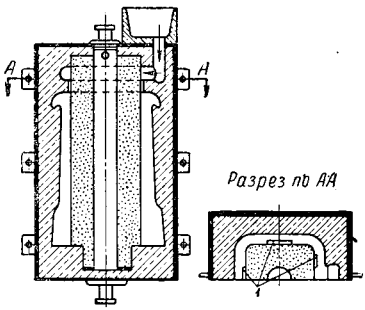
При сифонной заливке (фиг. 329) выход изложниц из строя вследствие трещин, роста и разгара всегда начинался с подошвы изложницы. Это объясняется следующим: весь металл и притом в наиболее горячем состоянии проходил через нижнее, утолщенное сечение изложницы. Вследствие этого нижняя часть формы сильно перегре-

валась и низ изложницы, более массивный, чем остальные ее части, застывал медленнее, что обусловливало появление внутренних напряжений, неизбежных при этом способе подвода металла.

Металл, поступающий по касательной под большим напором, развивает центробежные силы, которые отбрасывают наиболее чистый металл к периферии, а на внутренней поверхности изложницы собираются наиболее легкие части: шлаковые включения, смытая краска,



Фиг. 329. Сифонная заливка изложниц.



Фиг. 330. Дождевая заливка изложниц.

размытая формовочная и стержневая смесь и т. п. Следовательно, получение чистой внутренней рабочей поверхности изложницы при сифонном подводе металла почти исключается.

Стойкость изложниц, отлитых по этому способу, была весьма незначительна.

Литье изложниц сверху с использованием дождевого литника (фиг. 330) позволило устранить недостатки сифонного подвода металла и значительно повысить стойкость изложниц, что может быть объяснено следующим: металл, поступая через дождевой литник маленькими струями, равномерно распределяется по всей форме отливки, причем верхняя часть формы, соответствующая наиболее тонкому сечению изложницы, прогревается больше нижней, вследствие чего скорость остывания тонкой и толстой частей изложницы выравнивалось, а следовательно, устранялись причины для возникновения внутренних напряжений в отливке.

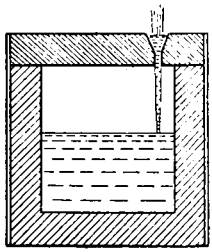
Металл, падая вниз вдоль стержня, при заполнении формы оттесняет все неметаллические включения к периферии, а наиболее здоровый металл собирается к внутренней рабочей поверхности изложницы.

§ 3. ТИПЫ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

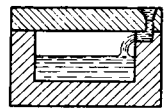
Применяемые в практике литейного производства различные способы подвода расплавленного металла можно свести к двум основным типам литников: 1) литник со свободным падением металла (фиг. 331); 2) литник с падением металла по ломаной линии (фиг. 332).

Последний способ подвода металла делится на три подгруппы: а) металл вводится через разъем формы сверху (фиг. 332); б) металл вводится в форму по разъему опок преимущественно на половину высоты отливки (фиг. 332); в) металл вводится снизу отливки — сифоном (фиг. 333).

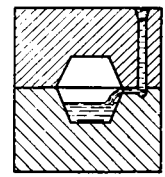
Каждому из указанных способов подвода металла присущи определенные преимущества и недостатки. Тот или иной способ подвода металла выбирают в зависимости от конфигурации, назначения и материала отливки. Литниковая система для чугунных отливок состоит из следую-

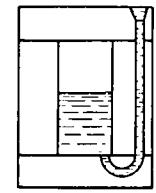


Фиг. 331. Способ заливки со свободным падением жидкого металла.



Фиг. 332. Подвод металла в форму по ломаной линии.





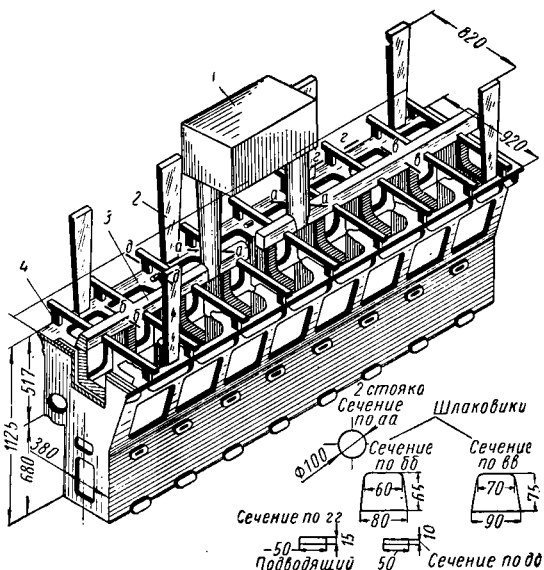
Фиг. 333. Подвод металла в форму снизу (сифонная заливка).

щих элементов (фиг. 334): литниковой чаши *1*, стояка *2*, шлакоуловителя *3* и питателей *4*.

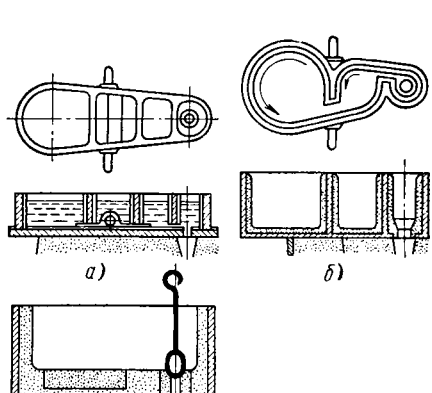
Назначение литниковой чаши заключается прежде всего в предотвращении непосредственного попадания шлака из ковша в форму, следовательно, литниковая чаша — первое шлакоулавливающее приспособление литниковой системы. Помимо этого, литниковая чаша, которую в период заливки держат заполненной, обеспечивает непрерывную подачу металла в форму при одном и том же (практически) напоре.

При крупных отливках и соответственно крупных чашах прибегают к специальным мероприятиям для задержки шлака. На фиг. 335, *а* изображена литниковая чаша с тремя вертикальными перегородками, образующими четыре камеры: в левую, наибольшую камеру поступает металл, который, пройдя промежуточные камеры, из четвертой камеры поступает через стояк в форму. Проходы для металла под перегородками постепенно уменьшаются по направлению к стояку, так что каждый раз при ударе струи металла о перегородку шлак и загрязнения всплывают в каждой камере кверху, а очищенный от шлака металл переходит к стояку.

На фиг. 335, *б* показан другой способ очистки чугуна от шлака, где используется принцип центробежной силы. Литниковая чаша делится на три отделения с тангенциально расположенными между ними ходами. Под действием возникающей центробежной силы более



Фиг. 334. Общий вид отливки с литниковой системой.

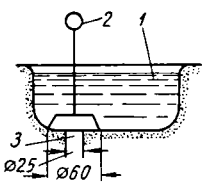


Фиг. 335. Литниковые чаши для крупных форм.

плотный металл оттесняется к краям, а шлак и сор всплывают на поверхность металла в центре.

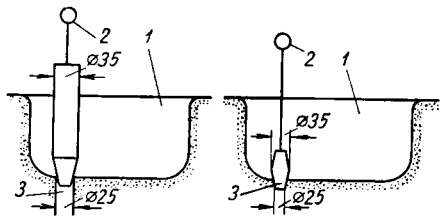
Рассмотренные конструкции чаш довольно громоздки и не нашли широкого применения. Гораздо чаще выполняют литниковую чашу с пробкой (фиг. 335, *в*), которая открывается после того, как чаша заполнена металлом.

Неправильная форма пробок, как, например, плоская форма (фиг. 336), при быстром удалении пробки приводит к засору газов



Фиг. 336. Схема неправильного устройства литниковых пробок:

1 — литниковая чаша; *2* — пробка; *3* — стояк.



Фиг. 337. Схема правильного устройства литниковых пробок:

1 — литниковая чаша; *2* — пробка; *3* — стояк.

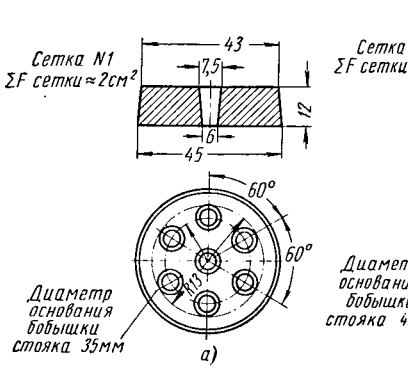
в полость формы и образованию завихрения металла, что резко повышает брак отливок. Более правильная форма пробок показана на фиг. 337.

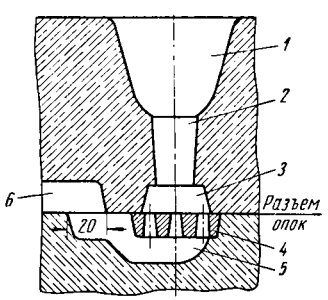
При машинной формовке для облегчения формовочных работ литниковая чаша располагается обычно непосредственно под стояком и имеет упрощенную форму (фиг. 338). При этом литниковая чаша не является уже первым шлакоулавливающим звеном литниковой системы, и поэтому для задержки шлака вводят в литниковую систему дополнительное звено — фильтрующие сетки (фиг. 338 и 339). На фиг. 338 представлены два типа сеток и расположение их при безопочной формовке, на фиг. 339 — при опочной формовке. Размеры фильтровальных сеток стандартизуются. Для литейных массового производства среднего машиностроения достаточно, например, двух круглых сеток (фиг. 338, *а* и *б*) для безопочной и двух прямоугольных сеток (фиг. 339, *а* и *б*) — для опочной формовки.

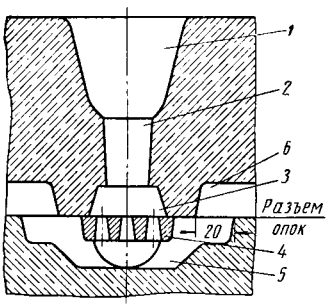
Сетка № 1 (фиг. 338, *а*)—с семью отверстиями, суммарная площадь сечения которых $\sum F_1 \approx 2\ см^2$, а сетка № 2 (фиг. 338) — с девятью отверстиями, суммарная площадь сечения которых $\sum F_2 \approx 2{,}5\ см^2$.

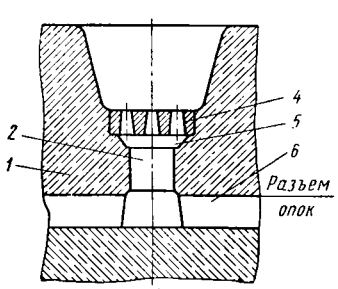
Сетки № 3 и 4 (фиг. 339, *а* и *б*) — с пятнадцатью отверстиями каждая; суммарная площадь сечения их соответственно $\sum F_3 = 4{,}2\ см^2$ и $\sum F_4 = 5{,}6\ см^2$.

В практике литейного производства, помимо указанных (см. фиг. 331—333) способов подвода расплавленного металла в форму, применяют комбинированные способы, назначение которых состоит в использовании преимущества того или иного способа



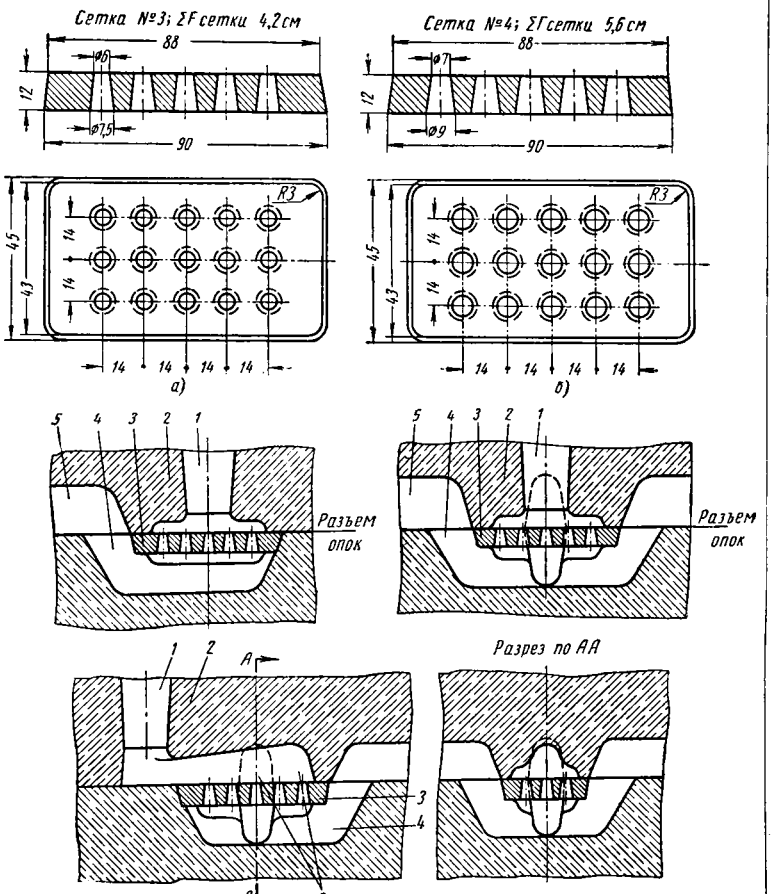






Фиг. 338. Схемы литниковых систем для безопочной формовки:

1 — литниковая чаша; *2* — стояк; *3* — верхний приемник металла; *4* — сетка; *5* — нижний приемник металла; *6* — шлакоуловитель.



Фиг. 339. Схемы литниковых систем для машинной формовки:

1 — стояк; *2* — верхний приемник металла; *3* — сетка; *4* — нижний приемник металла; *5* — шлакоуловитель.

подвода металла и освобождении в той или иной степени от их недостатков.

Преимущества сифонной литниковой системы заключаются в том, что она хорошо обеспечивает спокойный подвод металла в форму.

Основным недостатком сифонной подачи металла следует считать разогрев формы в месте входа металла в форму, вследствие чего создаются неблагоприятные условия затвердевания (фиг. 339, *а*). Внизу, в месте подвода металла, будет «горячée» часть отливки и разность в скорости затвердевания по сечению отливки повлечет за собой возникновение в ней внутренних напряжений. При дождевой литниковой системе (фиг. 339, *б*) получаются более благоприятные условия затвердевания, особенно если добиться равновесия между скоростью заливки и скоростью затвердевания.

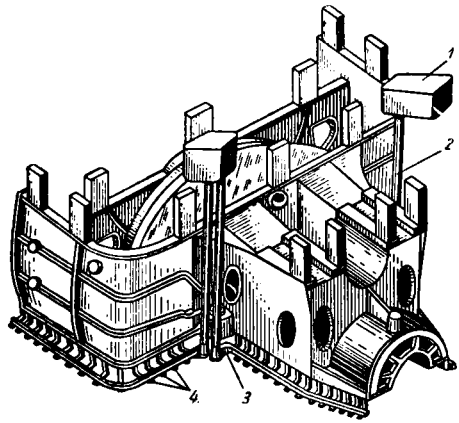
Чтобы ослабить вредное влияние разогрева формы в случае сифонного подвода металла, особенно недопустимого при отливке крупных деталей, литниковую систему оформляют следующим образом (фиг. 340): от нижней части стояков *1* идут шлаковики *2*, от которых вдоль всей боковой поверхности отливки прорезаны питатели *3*, служащие для быстрого и равномерного распределения металла, чем предотвращается местный перегрев. Такая комбинированная конструкция литниковой системы, являясь как бы перевернутой дождевой литниковой системой или нижней дождевой системой, объединяет преимущества обеих этих систем. На фиг. 341 показано некоторое усложнение конструкции литниковой системы, заключающееся в том, что создан дополнительный второй ярус для подвода металла (число ярусов может быть значительно увеличено).

Цель подобного устройства — рассредоточить подвод расплавленного металла по высоте отливки и избежать образования местного разогрева формы.

Завершение эта идея нашла в так называемой вертикально-щелевой системе, получившей большое распространение при литье алюминиевых и магниевых сплавов (фиг. 342).

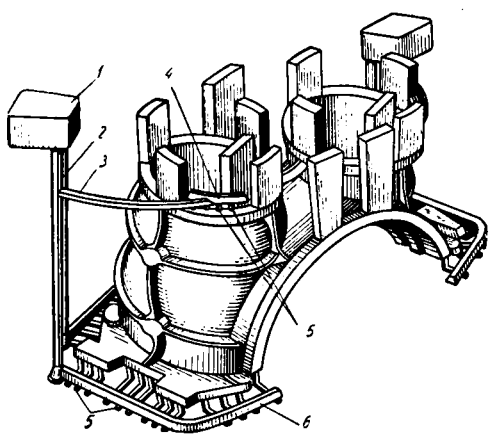
Обязательным условием правильного использования вертикально-щелевых и многоярусных литниковых систем является спокойное заполнение формы с таким расчетом, чтобы первые потоки металла не «заперли» стояк.

Если стояк будет заполнен (заперт) первым же потоком металла, то металл пойдет в форму через весь вертикальный литник по всей его высоте (или через все ярусы), беспорядочно падая в полость формы, захватывая при этом воздух и окислы металла. При отливках большой высоты и при подводе металла сифонным литником всегда создается опасность размыва формы падающей струей металла. Для ослабления ударной силы струи металла прибегают к устройству ступенчатых стояков, как это показано на фиг. 343: струя металла, проходя через три (или более) ступени и теряя каждый раз скорость, поступает в форму более спокойно и без удара.



Фиг. 340. Сифонная литниковая система для отливки чугунной детали паровой турбины:

1 — литниковая чаша; *2* — стояк; *3* — шлакоуловитель; *4* — питатели.

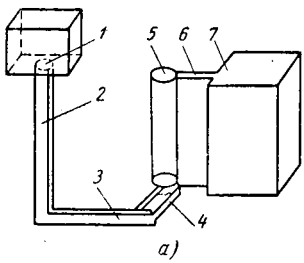


Фиг. 341. Двухступенчатый подвод металла к отливке чугунной детали паровой турбины:

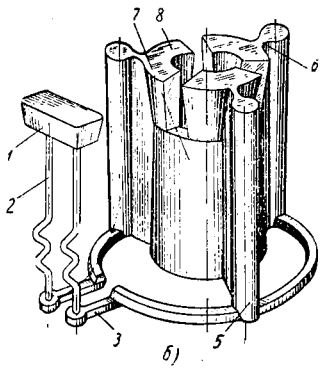
1 — литниковая чаша; *2* — стояк; *3* — верхний литниковый канал; *4* — шлакоуловитель; *5* — питатели; *6* — нижний шлакоуловитель.

В практике литья алюминиевых и магниевых сплавов эта идея нашла оформление в устройстве зигзагообразных (змеевидных) стояков (фиг. 344).

Для того чтобы обеспечить при литье безударный подвод металла при сифонной заливке, особенно при литье мелких деталей сложной



а)

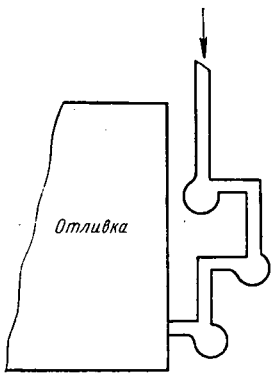


б)

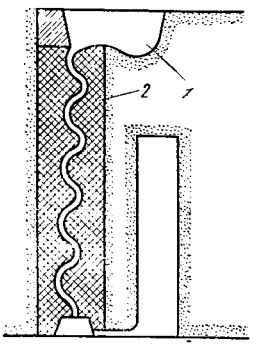
Фиг. 342. Вертикально-щелевые литниковые системы:

а — с прямым стояком; *б* — со змеевиковым стояком; *1* — литниковая чаша; *2* — прямой и змеевиковый стояки; *3* — шлакоуловитель; *4* — нижний питатель; *5* — колодец-шлакоуловитель; *6* — щелевые питатели; *7* — отливка; *8* — выпор.

конфигурации, например шестерен с литыми зубьями, отливаемыми в сырую форму, применяют рожковые литники (фиг. 345). Подобные



Фиг. 343. Ступенчатый стояк.



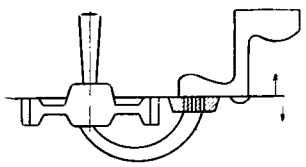
Фиг. 344. Зигзагообразный стояк:

1 — литниковая чаша; *2* — змеевиковый стояк.

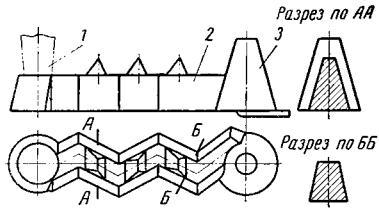
конструкции стояков способствуют всплыванию шлаков, препятствуя тем самым проникновению их в полость формы.

Эту идею — ослабление ударной силы струи падающего металла и задержки шлака — В. И. Фундатор осуществляет в своих тормозя-

щих литниковых системах следующим образом (фиг. 346): вместо прямого шлакоуловителя, соединенного со стояком *1*, он вводит в литниковую систему тормозящий коленообразный шлакоуловитель *2*, состоящий из отдельных звеньев-колен (элементов сопротивления) и шлакоуловительной головки *3*, проходя через которые, металл при каждом изменении направления освобождается от шлака и взвешенных неметаллических частиц.



Фиг. 345. Рожковые литники.



Фиг. 346. Тормозящий коленообразный шлакоуловитель:

1 — стояк; *2* — коленообразный шлакоуловитель; *3* — шлакоуловительная головка.

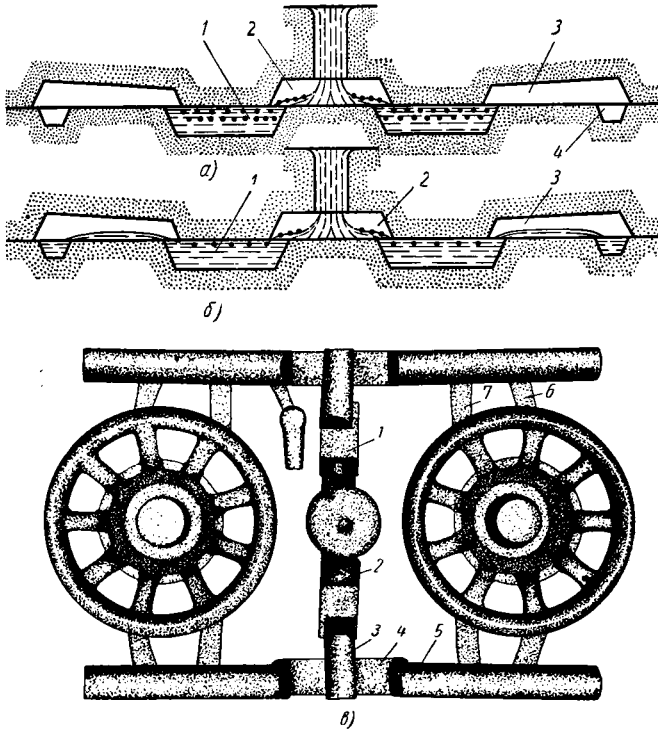
Схема процесса заполнения при таком устройстве литниковой системы показана на фиг. 347. В первые секунды после заливки металл заполняет гидравлические запоры *1* (фиг. 347, *а*), в то время как полости сопротивления *2* еще не заполнены, а в полость *3* и запор *4* металл еще не начал поступать. Неметаллические включения, попавшие через стояк в полость *2*, будут собраны в запорах *1*, расположенных в нижней опоке. После заполнения запоров *1* металл начнет поступать в верхнюю опоку через полость *3* (фиг. 347, *б*) и во вторые запоры *4*, которые будут заполняться в первую очередь. Полости элементов *2* и *3* заполняются лишь после того, как будут заполнены запоры *4*. Затем металл из запоров *4* будет поступать в полость *5* (фиг. 347, *в*), а из последней через полость *3* в питатели *6* и *7*, расположенные в нижней опоке, и в полость формы.

Подобная литниковая система, помимо того, что с помощью ее предотвращается попадание шлака в форму (благодаря девятикратному изменению направления струи металла в одиннадцати элементах сопротивления), резко снижает скорость заливки, что уменьшает опасность размыва формы. Недостатком такого оформления литниковой системы является ее сложность и потребность в увеличении размера опок.

При отливке дождевым литником нередко встречается особый вид брака, так называемые «орешки», которые образуются из случайно оторвавшихся от разбрызгивания струи капель металла; окисляясь, они покрываются пленкой окисла на поверхности. Вследствие этого поступающий в форму металл не сваривается с такими

каплями. Свариванию препятствует и слой газа, образующийся вокруг капель.

Для устранения этого вида брака при литье цилиндров и аналогичных деталей применяют комбинированную литниковую систему (фиг. 348), при которой расплавленный металл из литниковой чаши

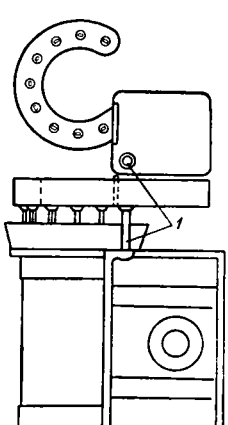


Фиг. 347. Схема заполнения формы при тормозящей системе:
а и *б* — схема процесса заполнения тормозящей литниковой системой; *в* — литниковая (тормозящая) система для маховичков.

поступает в первую очередь через пробку *1* в стояк сифонного литника. Когда в нижней части отливки поступающий через сифонный литник металл займет некоторый (небольшой) объем и создаст подушку, открывают заслонку, и металл начинает заполнять форму через дождевые литники. С помощью такой литниковой системы устраняется чрезмерный нагрев формы внизу (что имело бы место при сифонной заливке) в месте подвода металла, так как бо́льшая

часть металла поступает сверху и, кроме того, предотвращается образование «орешков».

Таким образом, назначение литниковой системы заключается в том, чтобы предохранить форму от попадания в нее шлака, сора, обеспечить плавный (без удара) подвод расплавленного металла в форму в целях предохранения ее от размыва, а также регулирования термофизических явлений в форме для получения здоровой отливки.



Фиг. 348. Комбинированная литниковая система.

§ 4. РАСЧЕТ ЛИТНИКОЗОЙ СИСТЕМЫ

Расчету литниковых систем посвящено большое количество статей, диссертаций и научно-исследовательских работ, но, к сожалению, до сих пор нет единого теоретически обоснованного расчета, который мог бы учесть и объяснить все многообразие взаимодействующих факторов в процессе заполнения формы расплавленным металлом и их влияние на конструкции литниковой системы.

Явления, происходящие в форме при ее заполнении металлом, настолько сложны и многообразны, что учесть их и выразить каким-либо уравнением в настоящее время не представляется возможным, тем более что экспериментальный материал, касающийся выяснения отдельных факторов. влияющих на скорость заполнения формы и качество отливки, совершенно недостаточен, во многом противоречив и не систематизирован.

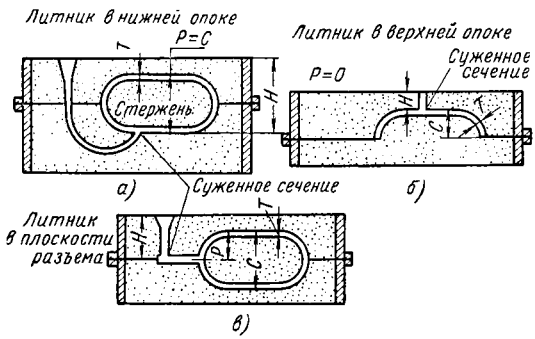
Вследствие этого приходится пользоваться приближенным расчетом, вводя в расчетные формулы полученные в условиях работы того или иного завода опытные коэффициенты, годные только для определенных условий. А так как эти условия различны для большинства литейных заводов хотя бы только в силу различия размера, веса и сложности отливок и т. д., то все, иногда очень остроумные, расчеты литниковых систем следует считать частным решением поставленной задачи.

В качестве первого приближения определяют площадь сечения питателей исходя из законов гидравлики, выведенных для установившегося процесса, тогда как заполнение формы расплавленным металлом рассматривать как установившийся процесс нельзя:

$$F_n = \frac{G}{\gamma t v} = \frac{G}{\gamma t \mu \sqrt{2gH_p}} = \frac{G}{\mu \gamma t \cdot 0{,}31\sqrt{H_p}}, \qquad (45)$$

где F_n — площадь сечения питателей в $см^2$;
v — скорость истечения металла в $см/сек$;

μ — коэффициент сопротивления;
t — время заливки в сек.;
G — вес отливки в *кг*;
γ — удельный вес металла (для расплавленного чугуна γ принимается равным 7 *г/см*^{3});
g — ускорение силы тяжести в *см/сек*^{2};
H_p — расчетный статический напор металла в *см*.
Неизвестными в уравнении (45) являются H_p, t и μ.



Фиг. 349. Схемы для определения расчетного напора.

Расчетный статический напор зависит от размера отливки и определяется из следующего соотношения:

$$H_p = \frac{2HC - P^2}{2C} = H - \frac{P^2}{2C}, \qquad (46)$$

где H — высота стояка выше места подвода металла в форму в *см*;
C — высота отливки в *см*;
P — высота отливки выше места подвода металла в форму в *см*.

а) При сифонной заливке (фиг. 349, *а*) $P = C$, тогда

$$H_p = H - \frac{C}{2}. \qquad (47)$$

б) При заливке сверху $P = 0$ (фиг. 349, *б*)

$$H_p = H. \qquad (48)$$

в) При подводе металла в плоскость разъема формы, являющейся осью симметрии (фиг. 349, *в*), т. е. при $P = \frac{C}{2}$, имеем

$$H_p = H - \frac{C}{8}. \qquad (49)$$

При определении времени заполнения формы приходится учитывать такое большое количество факторов, влияющих на продолжи-

тельность заливки (как, например, вес отливок, толщина стенок, сложность конструкции, характеристика формы и т. п.), что почти каждый исследователь подходит к определению оптимального времени заливки с точки зрения своего опыта, своих специфических условий.

Отсюда вполне понятно, что существует большое количество формул для определения времени заливки, из которых мы приведем наиболее распространенные:

$t = S\sqrt{G}$ — для тонкостенных, сложных по конфигурации отливок с толщиной стенок 2,5—15 *мм*, не выше 450 *кг*;

здесь G — вес отливки с литниками в *кг*;

S — коэффициент, учитывающий толщину стенок отливки.

Толщина стенок в *мм*	2,5—3,5	3,5—8,0	8—15
Значение коэффициента S . . .	1,63	1,85	2,2

$t = S\sqrt[3]{G}$ — для среднего и крупного (до 10 000 *кг*) машиностроительного литья.

$$t = S\sqrt[3]{G};$$

$$t = S\sqrt[3]{G\delta},$$

где δ — толщина отливки в *мм*.

$t = S\sqrt{2PG}$ — для крупного машиностроительного литья,

где P — постоянный параметр, равный 0,62, выбранный на основании данных Ново-Краматорского завода, на котором 1 *т* чугуна заливают в течение 35 сек.;

S — коэффициент, учитывающий толщину стенок отливки.

Ниже приведена зависимость коэффициента S от толщины стенки отливки:

Средняя толщина стенок в *мм*	До 10	До 20	До 40	До 80 и выше
Значение коэффициента S . .	1,0	1,3	1,5	1,7

Наибольшие затруднения встречаются в теоретическом обосновании коэффициента μ. Коэффициент μ характеризует общее сопротивление формы и является общим результирующим коэффициентом сопротивления в литниковой системе и сопротивлений в самой форме, т. е.

$$\mu = \mu_1 + \mu_2,$$

где μ_1 — коэффициент сопротивления литниковой системы, а μ_2 — коэффициент сопротивления формы.

Опытами ряда исследователей средние значения μ_1 были определены для чугуна в пределах 0,75—0,85 (среднее 0,8), т. е. потери в литниковой системе на трение в каналах, повороты, завихрения, сужение струи и т. п. составляют приблизительно 20%.

Сопротивление самой формы μ_2 зависит в первую очередь от конфигурации отливки, количества выделяющихся из формы газов, качества формы, влажности и газопроницаемости, ударов и завихрений металла в форме, и определение истинного значения μ_2 для данных условий является решающим фактором при определении общего коэффициента μ, изменяющегося в пределах от 0,3 до 0,8.

Величину μ выбирают на основании практических данных, в зависимости от характера литья. Так, для тонкостенного литья с большим внутренним сопротивлением формы $\mu = 0{,}34$.

Вставив это значение μ в формулу (45), а также значение $t = S\sqrt{G}$, получим

$$F_n = \frac{G}{0{,}34S\sqrt{G}\cdot 0{,}31\sqrt{H_p}}. \qquad (50)$$

Обозначив $\frac{1}{0{,}31\cdot 0{,}34S}$ через X, имеем

$$F_n = \frac{X\sqrt{P}}{\sqrt{H_p}}, \qquad (51)$$

где X — коэффициент, зависящий от толщины стенок отливки.

Толщина стенок отливки в *мм*	2,5—3,5	3,5—8,0	8—15
Значение коэффициента S . . .	5,8	4,9	4,3

Следовательно, при одинаковом весе отливки чем тоньше ее стенки, тем больше суммарная площадь питателей.

По найденной величине питателей F_n находят площади сечения других элементов литниковой системы: шлакоуловителя $F_ш$ и стояка $F_{ст}$.

Сопротивления площадей стояка, шлакоуловителя и питателей в зависимости от характера литья колеблются в следующих пределах:

$F_n : F_ш : F_{ст} = 1 : 1{,}5 : 2$ для среднего и крупного машинного литья;
$F_n : F_ш : F_{ст} = 1 : 1{,}2 : 1{,}4$ для крупного литья;
$F_n : F_ш : F_{ст} = 1 : 1{,}1 : 1{,}15$ для среднего и мелкого литья;
$F_n : F_ш : F_{ст} = 1 : 1{,}06 : 1{,}11$ для тонкостенного мелкого литья.

Для стальных отливок Г. М. Дубицкий рекомендует $F_n : F_ш : F_{ст} = 1{,}0 : 1{,}3 : 1{,}6$.

Литниковые системы, у которых наиболее узким местом является суммарное сечение питателя, т. е. сечения элементов литниковой системы уменьшаются по направлению от стояка к питателям, называются заполненными (запирающимися) литниковыми системами; иногда их называют тормозящими литниковыми системами, потому что такое соотношение между сечениями стояка, шлакоуловителя и питателей достаточно эффективно предотвращает (тормозит) попадание шлака в форму.

Рекомендуется, и не без основания, обратное соотношение сечения элементов литниковой системы: $F_n : F_ш : F_{ст} = 1{,}5 : 1{,}3 : 1$,

или $F_п$: $F_ш$: $F_{ст} = 1 : 3 : 1$, так называемые незаполненные литниковые системы, которые получили распространение в производстве алюминиевого и магниевого литья.

Исследования Е. М. Ноткина на специальной рентгеновской установке процессов заполнения земляных форм сплавом АЛ4 показали, что при заполненной литниковой системе, когда при соотношении $F_п : F_ш : F_{ст} = 2 : 4 : 6$ имело место завихрение движения и фонтанирование металла, тогда как при обратном соотношении $F_п : F_ш : F_{ст} = 6 : 4 : 2$ заполнение формы металлом происходило спокойно.

Расчет литниковой системы по номограмме К. А. Соболева

Номограмма К. А. Соболева для расчета площади сечения питателей составлена на основе данных литейной среднего машиностроительного литья сложной конструкции (фиг. 350).

Вправо от средней линии номограммы по оси абсцисс отложены веса отливок от 1 до 10 000 *кг*. Над осью абсцисс, вправо от средней вертикальной линии, проведено девять наклонных параллельных линий, соответствующих различным значениям толщины стенок: 3, 5, 8, 10, 15, 20, 40 и 50 *мм*.

Влево от средней линии номограммы, на той же оси абсцисс, но несколько ниже, отложены значения искомой площади питателей (в *см*^{2}), необходимой для заливки детали с малым внутренним сопротивлением формы; еще ниже — те же данные для деталей со средним, а еще ниже, в третьем ряду — те же значения для деталей с большим внутренним сопротивлением формы.

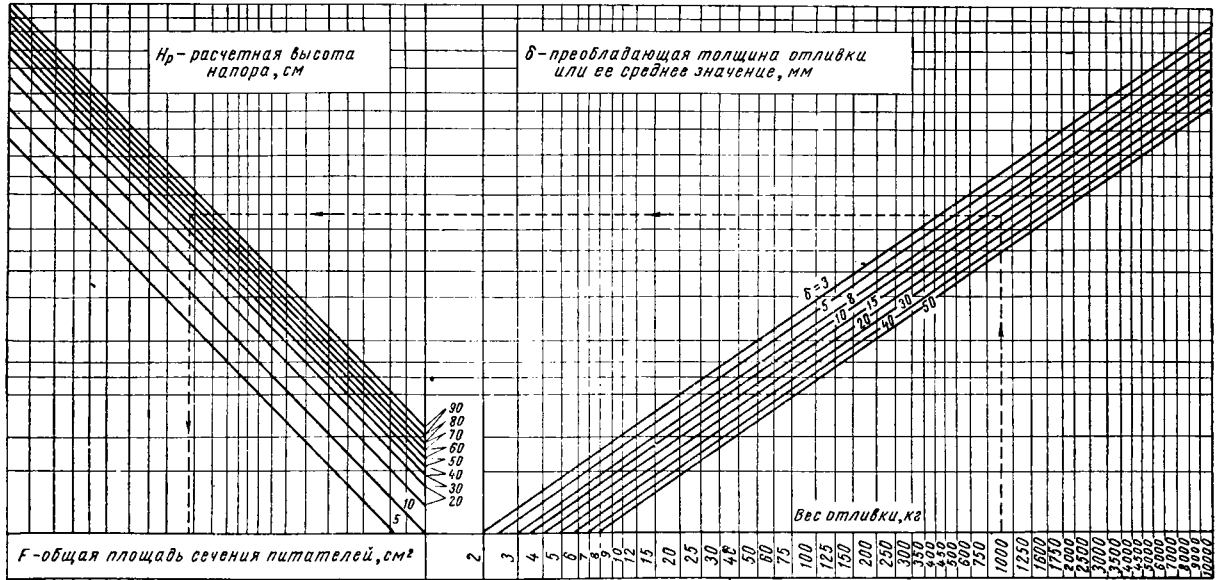
Над левой частью номограммы, над нанесенными по оси абсцисс значениями общей площади сечения питателей, проведены одиннадцать наклонных параллельных линий, которые соответствуют различным значениям расчетной высоты стояка. Высоты стояков взяты в пределах 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 *мм*.

Номограмма Соболева дает функциональную зависимость суммарной площади сечения питателей $F_п$ от веса отливки G, времени заливки t, коэффициента μ и расчетной высоты напора. Время заливки определяется как функция веса и толщины стенки отливки по формуле

$$t = S\sqrt[3]{5G}.$$

Предположим, что нужно отлить деталь весом 900 *кг* с преобладающей толщиной стенки 15 *мм*. Расчетная высота стояка равна 60 *см*; форма детали имеет среднее сопротивление.

Находим в правой части номограммы точку, соответствующую 900 *кг*, восставим в ней перпендикуляр к оси абсцисс и продолжим его до пересечения с наклонной линией, соответствующей толщине стенки 15 *мм*. Из найденной точки пересечения проводим влево линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с наклонной линией, соответствующей расчетной величине напора 60 *см*, и из точки пересечения этих двух линий опускаем перпендикуляр на ось абсцисс.



Фиг. 350. Номограмма К. А. Соболева.

Пересечение этого перпендикуляра с осью абсцисс указывает, что для формы со средним сопротивлением формы суммарная площадь сечения питателей для данной отливки равна 19,5 *см*².

Данной номограммой можно пользоваться при определении суммарной площади сечения питателей для отливки всырую. При заливке сухих форм следует вводить поправочный коэффициент от 0,80 до 0,85.

Расчет по удельной скорости заливки

В практике литейного производства литниковую систему нередко рассчитывают по удельной скорости заливки. Так, на Ново-Краматорском заводе для определения суммарной площади питателей пользуются следующей формулой:

$$F_n = \frac{G}{tK_y}, \tag{52}$$

где K_y — удельная скорость заливки в *кг/см² сек*;

$$K_y = \frac{G}{tF_n}.$$

Вставив значение K_y в предыдущую формулу, получим

$$F_n = \frac{GtF_n}{tG} = F_n. \tag{53}$$

Это равносильно выбору площади сечения питателей без расчета и может быть оправдано, если при назначении той или иной величины

$$K_y = \frac{G}{tF_n} = \mu\gamma\frac{\sqrt{2gH}}{1000}$$

приняты во внимание особенности каждой данной отливки, которые учитываются величинами K_y и H.

Значения удельной скорости колеблются в пределах от 0,47 для сырых форм до 1,7 для отливки сухих форм для деталей сложной конфигурации.

По способу Ново-Краматорского завода литниковую систему рассчитывают следующим образом. Время заливки определяют по формуле

$$t = S\sqrt{2PG}, \tag{54}$$

где P — постоянный параметр, равный 0,62, вычисленный на основании того, что, по цеховым данным, 1 *т* чугуна заливается за 35 сек.

Суммарная площадь сечения определяется по соответствующей формуле. Для определения площадей сечения элементов литниковой системы рекомендуется следующее соотношение:

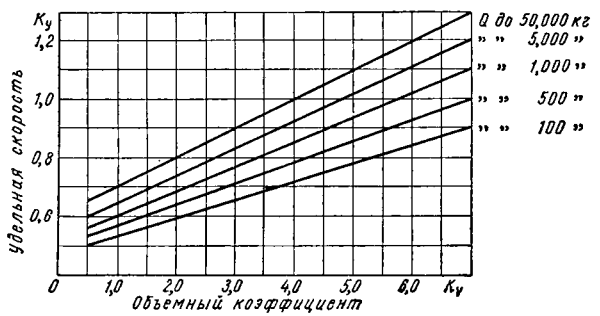
$$F_n : F_ш : F_{ст} = 1 : 1{,}2 : 1{,}4. \tag{55}$$

Удельная скорость заливки K_y определяется в следующей последовательности.

Сначала устанавливают объемный коэффициент

$$K_V = \frac{G}{V}, \tag{56}$$

где G — вес жидкого металла с литниками;
V — габаритный объем отливки, взятый по крайним точкам (по чертежу) в $дм^3$.



Фиг. 351. Определение удельной скорости заливки по Б. В. Рабиновичу.

Удельную скорость заливки K_y в зависимости от веса отливки и объемного коэффициента K_V находят по графику (фиг. 351).

Для определения размеров литниковых чаш завод рекомендует следующую формулу:

$$G = F_n K_y X, \tag{57}$$

где G — вес чаши в *кг*;
X — запас секундо-раз.

Величина X изменяется в зависимости от веса отливки следующим образом:

Вес отливки в *кг*	Значение X (запас секундо-раз)
До 100	3,0
» 500	3,0
» 1 000	6,0
» 5 000	7,5
» 50 000	8,0

Объем литниковой чаши

$$V = \frac{G}{7{,}0}\ дм^3.$$

Размеры литниковой чаши определяют по ее ширине b, исходя из определенных отношений ее длины l и высоты h к ширине. Эти отношения для чаш с одним и двумя стояками даются в табл. 64.

Таблица 64

Определение размеров литниковых чаш

Количество стояков	Ширина чаши b	Длина чаши l	Высота чаши h
Один	1,0	1,6	0,7
Два	1,0	1,3	0,7

Следовательно, в случае одного стояка в чаше имеем

$$V = b \cdot 1.6b \cdot 0{,}7b = 1{,}12b^3 \qquad (58)$$

или

$$b = \sqrt{\frac{V}{1{,}12}}. \qquad (59)$$

При двух стояках

$$V = b \cdot 1{,}3b \cdot 0{,}7b = 0{,}91b^3; \qquad (60)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{V}{0{,}91}}.$$

Способ расчета Ново-Краматорского завода является частным случаем решения поставленной задачи, и значение удельной скорости заливки для иных условий производства необходимо определять с учетом местных условий.

Расчет по способу В. И. Фундатора

Способ расчета литниковой системы, предложенный В. И. Фундатором, сводится к установлению суммарного минимума питателей F_{min}.

Минимум питания, по определению автора данного способа, определяется наименьшей площадью сечения питателей, которая (при наиболее низкой допустимой температуре заливки и при наименьших давлениях) обеспечила бы получение качественных отливок. Правильнее было бы назвать такие сечения оптимальными, а не минимумом питания, так как отливка возможна и при меньших сечениях, чем минимум питания, но их нельзя рекомендовать из-за резкого повышения брака.

Для определения суммарного минимума питания, следовательно, размеров литниковой системы для отливки из чугуна, бронзы, силумина и магния подсчеты ведут по табл. 65.

Имея заданными вес, толщину и конфигурацию отливки определяют поперечное сечение каждого питателя в отдельности и общее число их.

Требуется, например, определить размеры литниковой системы для чугунной отливки весом 100 *кг* с толщиной стенок 15—20 *мм* средней сложности. По табл. 65 находим, что для подобной отливки

Таблица 65

Минимум питания отливок из чугуна, бронзы, силумина и магниевых сплавов

Объем жидкого металла в *л*	Вес отливки в *кг*				Питатели		Толщина стенок отливки в *мм*				
	Из серого чугуна	Из бронзы	Из силумина	Из магниевых сплавов	Площадь сечения каждого питателя в *см²*	Длина в *мм*	3—5	5—8	8—10	10—15	15—20
							Количество питателей				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0—0,07	0—0,5	0—0,6	0—0,2	0—0,1	0,3—0,4	10—15	1	1	1	1	1
0,07—0,13	0,5—1	0,6—1,1	0,2—0,3	0,1—0,23	0,4—0,5	15—20	1	1	1	1	1
0,13—0,4	1—3	1,1—3,4	0,3—1,0	0,23—0,7	0,5—0,7	20—25	1	1	1	1	1
0,4—0,7	3—5	3,4—6,0	1,0—1 8	0,7—1,3	0,65—0,85	25—30	2	2	1	1	1
0,7—1,3	5—10	6,0—11,2	1,8—3,4	1,3—2,4	0,65—0,85	25—30	3	3	2—3	2—3	2—3
1,3—2,0	10—15	11,2—17,2	3,4—5,2	2,4—3,6	0,65—0,85	25—30	3	3	2	2	2
2,0—3,0	15—22,8	17,2—25,8	5,2—7,8	3,6—5,5	0,65—0,85	25—30	3	4	4	3	3
3,0—4,0	22,8—30,4	25,8—34,4	7,8—10,4	5,5—7,3	0,85—1,0	30—35	3	4	4	3	3
4,0—5,3	30,4—40,8	34,4—45,6	10,4—13,8	7,3—9,64	0,85—1,0	30—35	3	5	4	3	3
5,3—8,0	40,8—61,6	45,6—68,8	13,8—20,8	9,64—14,6	1,0—1,5	30—35	3	4—5	4	3—4	3
8,0—10,5	61,6—80,8	68,8—90,3	20,8—27,3	14,6—19,1	1,0—1,5	30—35	3	5—6	5	4—5	3
10,5—13,0	80,8—100	90,3—111,8	27,3—33,8	19,1—23,7	1,0—1,5	40—45	3	6—7	7	4—5	4
13,0—16,0	100—123	111,8—137,6	33,8—41,6	23,7—29,1	1,0—1,5	40—45	3	7—8	7	5—6	4
16,0—18,4	123—141,6	137,6—158	41,6—47,84	29,1—33,5	1,0—1,5	40—45	3	7—8	7	5—6	4
18,4—21,0	141,6—161,7	158—181	47 84—54,6	33,5—38,2	1,0—1,5	45—50	3	7—8	7	5—6	5
21,0—23,7	161,7—182,4	181—204	54,6—61,6	38,2—43,1	1,0—1,5	45—50	3	8—9	7—8	7—6	6
23,7—26,3	182,4—202,5	204—226,2	61,6—68,4	43,1—48,0	1,0—1,5	45—50	3	8—9	8	7	6
26,3—30,0	202,5—231,0	226,2—258,0	68,4—78,0	48,0—54,5	1,5—1,6	45—50	3	8—9	8	7	6
30,0—37,0	231,0—284,7	258,0—318,2	78,0—96,2	54,5—67,2	1,6—1,75	45—50	3	8—9	8	7	6
37,0—44,0	284,7—338,4	318,2—378,4	96,2—114,4	67,2—79,9	1,75—2,0	45—50	3	8—9	8	7	6
44,0—51,0	338,4—392,1	378,4—438,6	114,4—132,6	79,9—92,7	1,85—2,10	45—50	3	8—9	8	7	6
51,0—58,0	392,1—445,8	438,6—518,8	132,6—150,8	92,7—105,4	2,0—2,10	50—55	3	8—9	8	7	7
58,0—65,0	445,8—509,8	518,8—579,0	150,8—169,0	105,4—118,2	2,15—2,25	50—55	3	8—9	8	7	7
65,0—72,0	509,8—563,2	579,0—639,2	169,0—187,2	118,2—130,9	2,25—2,50	50—55	3	9—10	9	8	7
72,0—79,0	563,2—616,9	639,2—699,4	187,2—205,4	130,9—143,6	2,50—2,75	50—55	3	9—10	9	8	7
79,0—85,0	616,9—670,6	699,4—759,6	205,4—223,6	143,6—156,4	2,65—2,85	50—55	3	9—10	9	8	7

Примечания: 1. При разработке таблицы приняты: а) удельный вес чугуна 7,25, бронзы 8,6, силумина 2,8; б) допустимая наинизшая температура заливки серого чугуна 1250° С, силумина 700—730° С, бронзы 1080—1200° С.
2. Для ковкого (белого) чугуна указанные размеры питателей следует увеличивать на 15—20%.

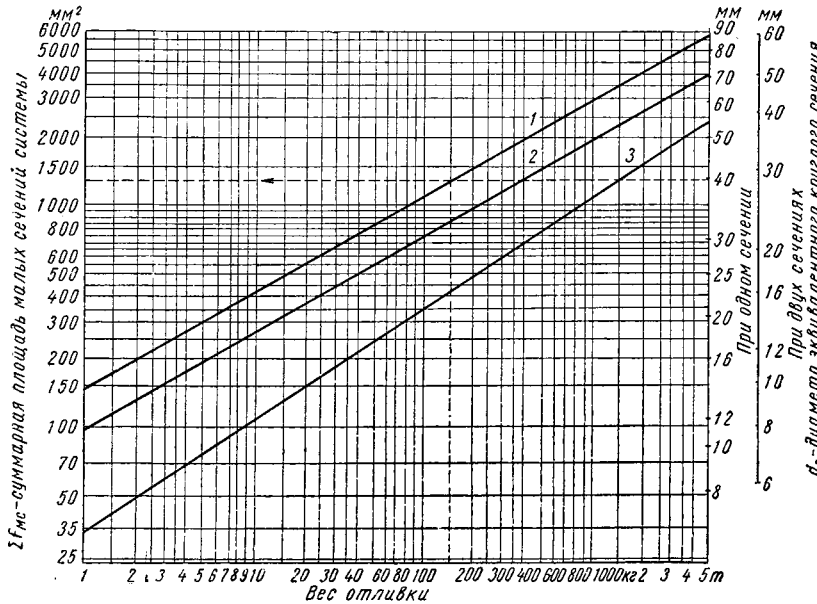
необходимы четыре питателя (графа 12) с площадью сечения у каждого в пределах 1—1,5 $см^2$ (графа 6). Учитывая, что рассматриваемая отливка средней сложности, необходимо взять четыре питателя сечением 1 $см^2$ и, следовательно, F равна минимум 4 $см^2$.

В табл. 65 наряду с площадью сечения питателей приведена также длина их (графа 7). Если питатели приходится делать длиннее, то площадь сечения их увеличивают на 15—20%.

Остальные размеры литниковой системы подсчитывают из соотношения $F_п : F_ш : F_{ст} = 1 : 1{,}1 : 1{,}5$.

Расчет по способу Б. В. Рабиновича

Б. В. Рабинович рекомендует для определения площадей малых сечений $\Sigma F_{м.с}$ и диаметров d_0 эквивалентных круглых сечений следующую диаграмму (фиг. 352): по оси абсцисс отложены весовые значе-



Фиг. 352. Диаграмма для определения площадей малых сечений системы $\Sigma F_{м.с}$ и диаметров d_0 эквивалентных круглых сечений:

1 — быстрая заливка; *2* — заливка с нормальной скоростью; *3* — медленная заливка.

ния отливок, а по оси ординат $\Sigma F_{м.с}$ — суммарная площадь малых сечений системы. Малыми сечениями при заполнении суживающихся литниковых систем будет, очевидно, минимальная площадь сечения питателей, а при заполнении расширяющихся литниковых

систем — площадь наименьшего (нижнего) сечения стояка. Три наклонные линии *1*, *2*, *3* делят номограмму на три части,соответственно быстрой, нормальной и медленной заливке.

Преимущества медленной заливки следующие: а) меньшая динамическая нагрузка на форму, меньшее раздутие форм и снижение брака из-за засора при заливке всырую, а также из-за усадочных раковин; б) увеличение времени заливки, что способствует удалению газов из стержней, и в) экономия металла вследствие относительно небольшого веса применяемой литниковой системы.

К недостаткам медленной заливки относятся следующие: а) увеличение времени теплового воздействия металла на форму; б) понижение температуры и жидкотекучести металла в процессе его заливки.

Преимущества быстрой заливки заключаются в том, что металл не успевает значительно остыть и снизить жидкотекучесть, а поверхность формы прогреться.

Недостатки быстрой заливки состоят в следующем: а) сырые формы раздуваются, вследствие чего размеры отливки увеличиваются; б) поверхности формы и стержней размываются жидким металлом; в) увеличивается брак из-за включений шлака; г) увеличивается вес литниковой системы.

Размеры литниковой системы определяют в следующем порядке:

1) по номограмме (фиг. 352) находят $\Sigma F_{м.с}$;

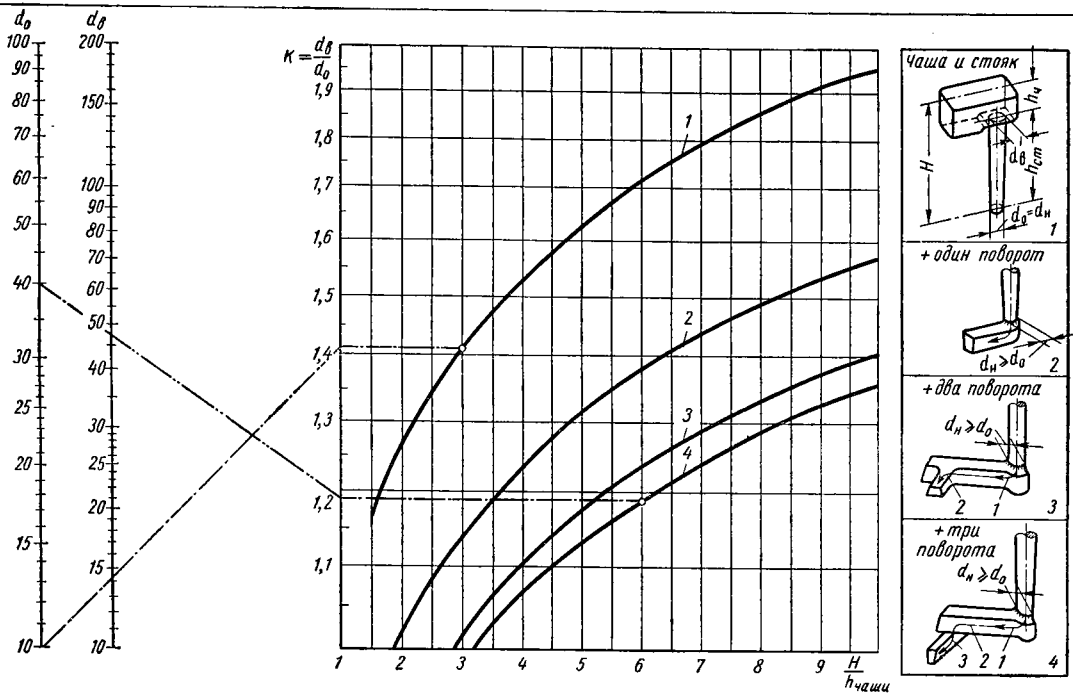
2) верхнее сечение стояка определяют по номограмме (фиг. 353), где по оси абсцисс отложены значения H: $h_{чаши}$ есть фактический уровень металла в чаше во время заливки. Можно принимать $h_{чаши} = 0{,}75H$, где H — глубина чаши в форме, по оси ординат — отношение

$$K = \frac{d_в}{d_0}.$$

На фиг. 353 построены четыре кривые соответственно четырем типам литниковых систем. Чтобы найти K, надо вычислить $\frac{H}{h_{чаши}}$ по размерам данной литниковой системы, найти значение $\frac{H}{h_{чаши}}$ на оси абсцисс и восстановить перпендикуляр до пересечения с соответствующей кривой. Проведя горизонталь от точки пересечения влево, найдем на оси ординат значение K. Для определения верхнего диаметра стояка $d_0 = Kd_0$ необходимо знать еще d_0 [$d_в$ — диаметр верхнего, d_0 — диаметр основания стояка).

Диаметр d_0 находят по номограмме (фиг. 352) на правой шкале против соответствующего значения $\Sigma F_{м.с}$.

Диаграмма на фиг. 353 совмещена с номограммой, позволяющей сразу найти $d_в$ по известному отношению $\frac{H}{h_{чаши}}$. Для этого значение K на оси ординат соединяют прямой со значением d_0 на край-



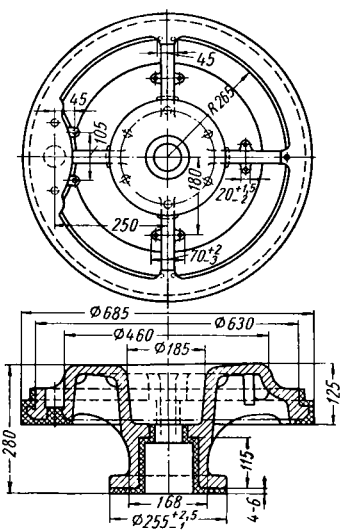
Фиг. 353. Диаграмма для определения отношения $K = \frac{d_в}{d_0}$ и номограмма для подсчета верхнего диаметра стояка:

1 — литниковая система, состоящая только из чаши и стояка (свободное падение металла); *2* — литниковая система, состоящая из чаши, стояка и питателя (металл делает один поворот); *3* — литниковая система, состоящая из чаши, стояка, шлакоуловителя и питателя, расположенного в одной опоке со шлакоуловителем (металл делает два поворота); *4* — литниковая система, состоящая из чаши, стояка шлакоуловителя и питателя, расположенного со шлакоуловителем в разных опоках (металл делает три поворота).

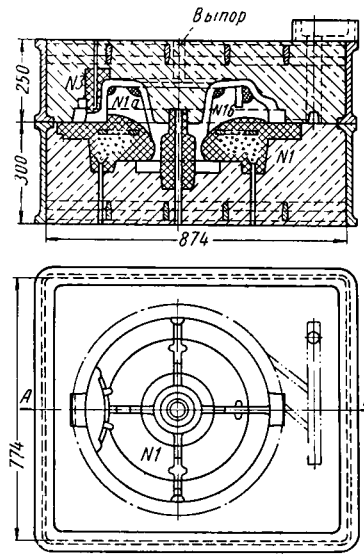
ней левой шкале. Пересечение прямой со шкалой d_0 дает искомое значение верхнего диаметра стояка.

Пример расчета. Поставлена задача отлить крышку (фиг. 354 и 355). Ее вес 114 *кг*, преобладающая толщина сечения тела составляет 20 *мм*. Форма для отливки крышки приведена на фиг. 355.

$$F_n : F_ш : F_c = 1 : 1{,}5 : 2. \quad (61)$$



Фиг. 354. Крышка весом 114 *кг* (преобладающая толщина крышки 20 *мм*).



Фиг. 355. Форма для отливки крышки весом 114 *кг*.

Расчет по Озанну-Дитерту. Металл подводится по разъему формы, поэтому прежде всего находим значение H_p:

$$H_p = H - \frac{P^2}{2c} = 35 - \frac{12{,}5^2}{2{,}28} = 33 \text{ см}. \quad (62)$$

Принимаем $\mu = 0{,}5$.

$$F_n = \frac{\sqrt{114}}{0{,}5 \cdot 2{,}2 \cdot 0{,}31\sqrt{33}} = 5{,}5 \text{ см}^2. \quad (63)$$

Принимаем два питателя размером 12 × 23 *мм*. Площади шлакоуловителя и стояка $F_ш = 5{,}5 \cdot 1{,}5 = 8{,}3$ *см*^{2}; $F_{ст} = 5{,}5 \cdot 2 = 11$ *см*^{2}, $d \approx 38$ *мм*.

Расчет по номограмме Соболева. Относя крышку к группе деталей с малым внутренним сопротивлением формы, по номограмме (фиг. 354) находим $F_п = 5{,}0$ *см*^{2}; $F_ш = 5 \cdot 1{,}5 = 7{,}5$ *см*^{2}; $F_{ст} = 5 \cdot 2 = 10$ *см*^{2}; $d \approx 35$ *мм*.

Расчет по удельной скорости заливки:

$$K_V = \frac{114}{87} = 1{,}31 \text{ кг/дм}^3;$$

по диаграмме (фиг. 351) $K_y = 0{,}56$ *кг/см сек*;

$$F_п = \frac{\sqrt{114}}{1{,}1 \cdot 0{,}56} = 17{,}3 \text{ см}^2. \quad (64)$$

Площади шлакоуловителя и стояка:

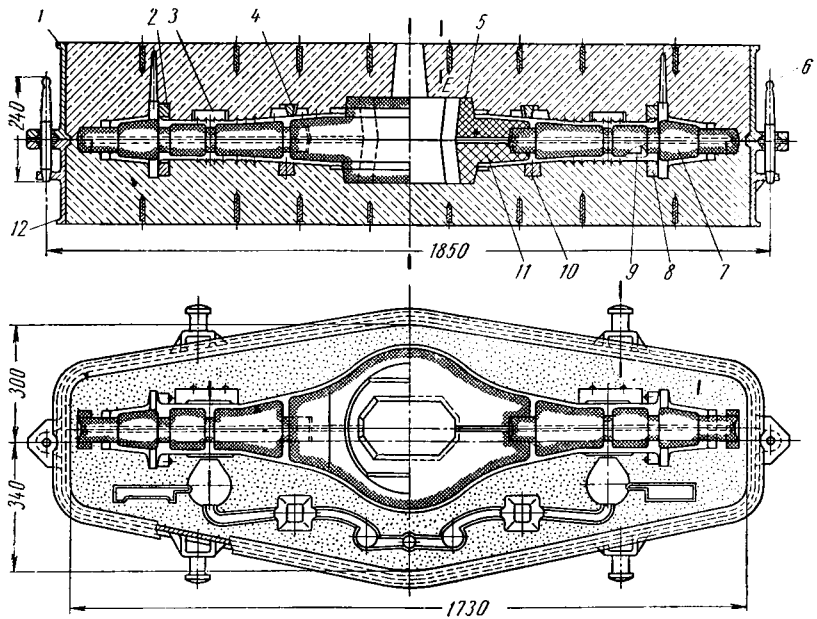
$F_ш = 17{,}3 \cdot 1{,}2 = 21$ *см*^{2}; $F_{ст} = 17{,}3 \cdot 1{,}4 = 24$ *см*^{2}; $d = 55$ *мм*.

Расчет по Фундатору. Согласно табл. 66, $F_п = 1{,}5$ *см*^{2}; $F_ш = 5 \cdot 1{,}1 = 5{,}5$ *см*^{2}; $F_{ст} = 5 \cdot 1{,}15 = 5{,}75$ *см*^{2}; $d \approx 27$ *мм*.

§ 5. ОСОБЕННОСТИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОВКОГО ЧУГУНА

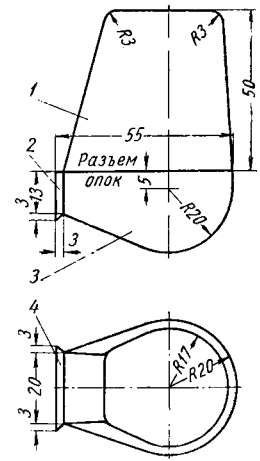
Ковкий чугун обладает повышенной по сравнению с серым чугуном усадкой (1,5—2,0% против 1%). Поэтому подвод металла осуществляется в место детали с наибольшим сечением, причем для устранения опасности возникновения усадочных раковин и горячих трещин ставят возможно ближе к отливке усадочный питатель, играющий роль прибыли. В тех местах отливки, где нет возможности установить усадочный питатель, например в местах, удаленных от питателя, у утолщенного места ставят холодильник-кокиль (фиг. 356).

Форма усадочного питателя показана на фиг. 357; верхняя часть усадочного питателя называется прибылью, нижняя — чашкой; часть, соединяющая усадочный питатель с отливкой, — горлом, а ослабленное сечение, по которому отделяется усадочный питатель от отливки, — пережимом. Ввиду того что прибыль должна питать отливки, горло усадочного питателя делают достаточно массивным, чтобы оно не застыло раньше времени и обеспечивало бы надежную работу прибыли. Обычно площадь горла $F_г$ равняется 75% площади тела отливки. В связи с этим вместо обычного для заполнения литниковых систем при литье серого чугуна соотношения $F_п : F_ш : F_г = 1 : 1{,}2 : 1{,}4$ для ковкого чугуна приходится брать соотношение 1 : 1 : 1,5, т. е. литниковая система для ковкого чугуна является незаполненной и не может служить шлакоулавливающим устройством.



Фиг. 356. Кокиль-холодильник:

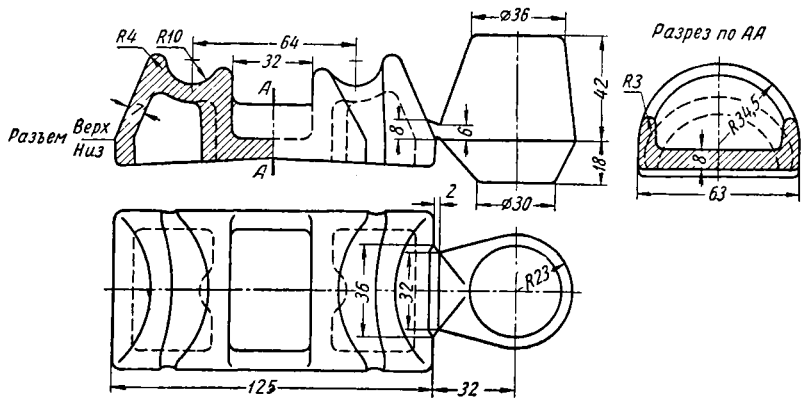
1 — верхняя опока; *2* — холодильник № 4; *3* — холодильник № 5; *4* — холодильник № 6; *5* — стержень № 4; *6* — штырь установочный; *7* — стержень № 2; *8* — холодильник № 3; *9* — холодильник № 1; *10* — холодильник № 2; *11* — стержень № 1; *12* — нижняя опока.



Фиг. 357. Усадочный питатель:

1 — прибыль; *2* — горло; *3* — чашка; *4* — пережим.

Поэтому задержка шлака осуществляется, например, фильтровальной решеткой и другими средствами. Пережим, как составная часть усадочного питателя, необходим для более легкого отламывания отливки от питателя. Вид отливки с усадочным питателем показан на фиг. 358, где видно устройство пережима. Усадочные питатели стремятся ставить возможно ближе к отливке, для того чтобы улучшить питание отливки.



Фиг. 358. Отливка из ковкого чугуна с усадочным питателем.

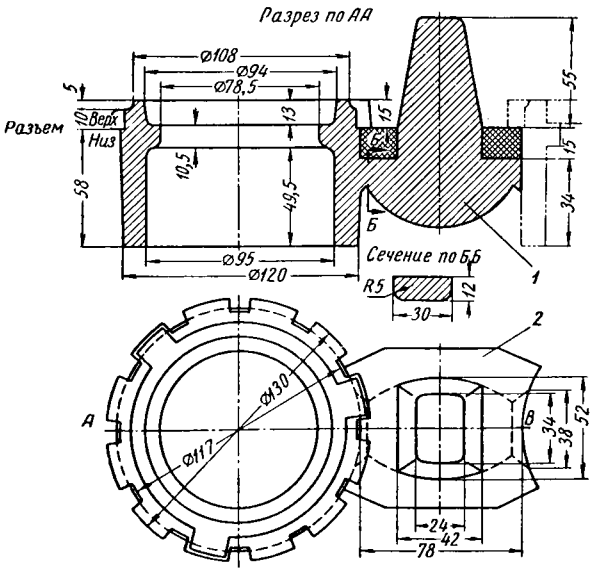
Объем прибыли берется практически из такого расчета, чтобы обеспечить надлежащее питание отливки, а высота прибыли должна быть выше места перехода сечений (фиг. 359).

Если в силу каких-либо соображений приходится ставить усадочный питатель в удаленной от литника части отливки, то металл будет поступать в него через отливку и, конечно, достаточно охлажденным, вследствие чего размеры такого питателя-кармана должны быть значительно больше усадочного питателя (фиг. 360).

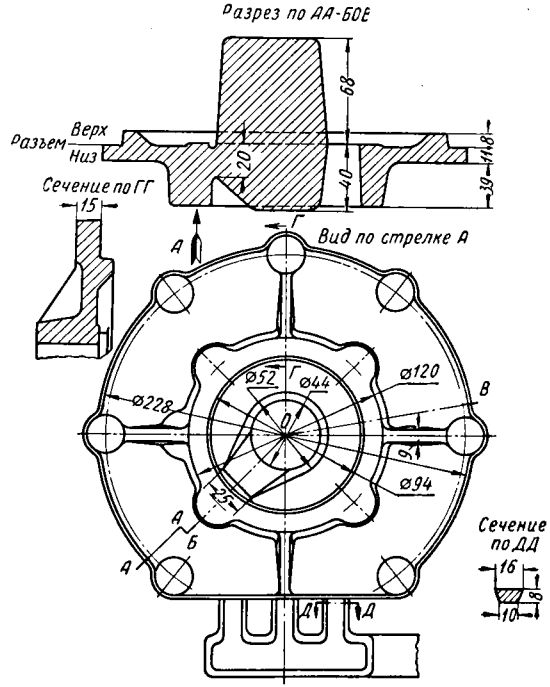
Устройство усадочного питателя (см. фиг. 359) для гнезда подшипника отличается особенностью, которая вызвана тем, что отливка в плоскости разъема имеет зубцы. Вследствие этого подвод металла сделан ниже разъема, для чего в форму ставится стержень. В. В. Рабинович рекомендует следующий способ определения размеров усадочного питателя в зависимости от веса отливки приведенной (средней) толщины в месте подвода металла:

$$L = \frac{W}{O}, \qquad (65)$$

где W — объем отливки;
O — поверхность.

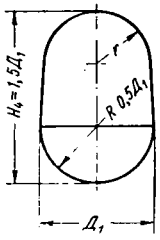


Фиг. 359. Усадочный питатель для гнезда подшипника:
1 — питатель на две отливки; *2* — стержень.

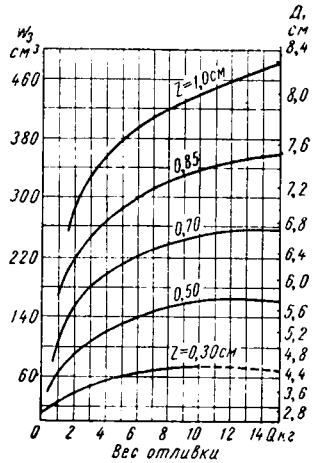


Фиг. 360. Питание отливки с помощью кармана.

Размеры усадочных питателей (фиг. 361) определяются по диаграмме на фиг. 362, где по оси абсцисс указан вес отливок в *кг*, а по оси ординат — объемы $W_{п.б}$ бобышек питателей в $см^3$ и их диаметры Д в *см*.



Фиг. 361. Схема усадочного питателя для ковкого чугуна.



Фиг. 362. Диаграмма для подсчета питателей (по схеме на фиг. 32). Схема формовки заготовок для втулок из ковкого чугуна:

1 — отливка; *2* — стояк; *3* — литниковый ход; *4* — питающие бобышки; *5* — питатели.

§ 6. ОСОБЕННОСТИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Г. М. Дубицкий рекомендует определять оптимальное время заливки по формуле

$$t = S\sqrt[3]{\delta G} \text{ сек.}, \tag{66}$$

где δ — средняя толщина стенок в *мм*;

G — вес отливки плюс литников и прибыли в *кг*;

S — коэффициент времени.

Значение коэффициента S выбирается в зависимости от производственных условий по табл. 66.

С. В. Руссиян рекомендует для определения оптимального времени заливки следующую формулу:

$$t = S\sqrt{G}. \tag{67}$$

Значение коэффициента S в зависимости от относительной плотности отливки $\gamma v = \frac{G}{v}$.

γv	0—1,0	1,1—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	5,1—6,0	6,1—7,0 и выше
S	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Таблица 66

Значения коэффициента S в зависимости от условий литья

Температура металла и жидкотекучесть	Способ подвода металла		
	Снизу — сифоном и в толстостенные части отливки	На половине высоты или ступенчатый	Сверху — равномерный подвод в тонкостенные части отливки
	Значения коэффициента S		
Нормальные	1,3	1,4	1,5—1,6
Повышенные	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,8

Примечания: 1. Для отливок, склонных к образованию внутренних напряжений, трещин и усадочных раковин (особенно при равномерном подводе в тонкостенные части отливок), значения коэффициента S, указанные в таблице, желательно увеличить на 0,1—0,2.

2. Отливки, изготовляемые в металлических формах или песчано-глинистых с большим количеством кокилей и холодильников, следует заливать быстрее, и значение S для них следует уменьшить на 0,1—0,2.

Г. М. Дубицкий рекомендует проверять найденное время заливки из уравнения

$$v = \frac{H}{t}, \tag{68}$$

где H — высота отливки в *см*;

t — время заливки в сек.

Значения v соответствуют:

при толщине стенок $\delta = 7$ —10 *мм* не менее 20 *м/сек*

» » » $\delta = 10$—40 » » » 10 »

» » » $\delta \geqslant 40$ » » » 8 »

Если v окажется недостаточным, нужно или изменить положение детали в форме, или уменьшить время заливки.

Для определения суммарной площади сечения питателей для стальных деталей, заливаемых из поворотных ковшей, Г. М. Дубицкий рекомендует следующую формулу:

$$F_n = \frac{G}{\mu t \cdot 0{,}317\sqrt{H_p}}, \tag{69}$$

где $0{,}317 = \sqrt{2g\gamma} \cdot 0{,}001$ при $\gamma = 7{,}14$, т. е. вместо принятого в формуле значения $\gamma = 7{,}0$ для чугуна взять $\gamma = 7{,}14$. Поправка Г. М. Дубицкого носит чисто формальный характер, так как μ колеблется в пределах 0,25—0,42.

С. В. Руссиян для определения ΣF_n рекомендует следующую формулу:

$$\Sigma F_n = \frac{G}{tK_y \cdot L}, \qquad (70)$$

где K_y — удельная скорость заливки в *кг/см² сек* — определяется в зависимости от γv следующим образом:

γv	0—1,0	1,1—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	5,1—6,0	6,1—7,0 и выше
K_y для сырой формы	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	0,95
K_y для сухой формы	0,95	1,0	1,15	1,20	1 30	1,40	1,50

L — поправочный коэффициент на жидкотекучесть — принимается равным 0,8—1,0 в зависимости от химического состава стали: 1) для высоколегированных (немагнитная сталь, сильхром, марганцовая и т. п.) сталей $L = 0{,}8$; 2) для низколегированных сталей $L = 0{,}9$; 3) для углеродистых сталей $L = 1{,}0$.

Значение коэффициента μ колеблется в пределах 0,25—0,41 (среднее 0,35) для сырых форм и 0,3 для сухих форм.

Соотношения сечений элементов литниковой системы по Дубицкому $F_n : F_ш : F_{ст} = 1{,}0 : 1{,}3 : 1{,}6$; по Руссияну $F_n : F_ш : F_{ст} = 1{,}0 : 1{,}1 : 1{,}2$.

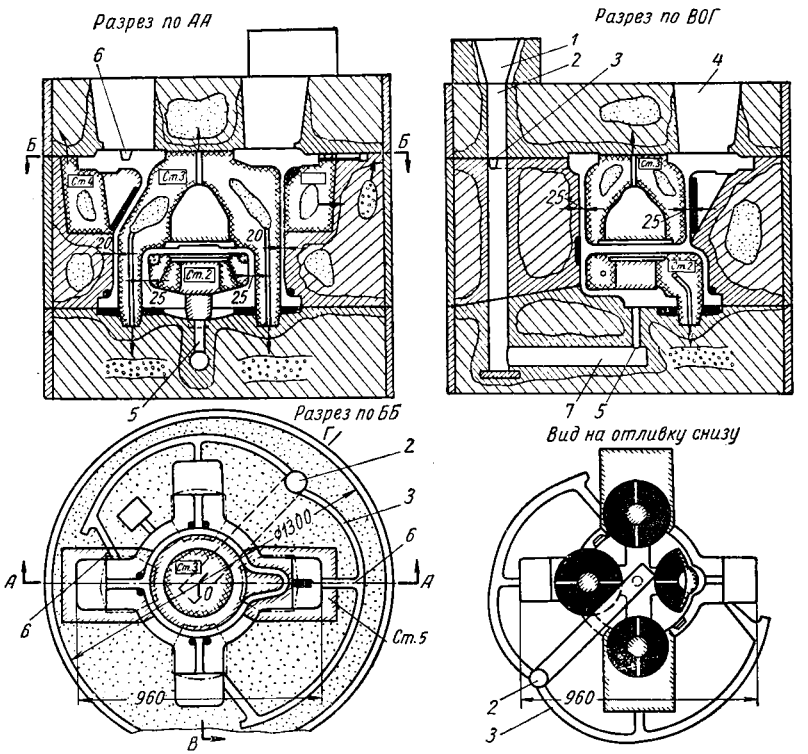
Из приведенных выше рекомендаций расчета литниковой системы для стального литья видно, что способы определения отдельных параметров литниковой системы принципиально ничем не отличаются от способов расчета литниковой системы для чугунного литья. Специфической особенностью литниковых систем для стального литья является учет того обстоятельства, что стальное литье по сравнению с чугунным обладает повышенной усадкой (2% и выше), что обусловливает необходимость применения прибылей и холодильников.

Наиболее распространенными способами подвода металла в стальном литье являются сифонный или ступенчатый, обеспечивающие наиболее спокойное заполнение формы. На фиг. 363 изображено устройство литниковой системы для стального литья.

Назначение прибыли — питать отливку в процессе усадки (отсюда старинное название прибыли — «кормило»), поэтому, как правило, прибыли ставят над наиболее массивными местами отливки, в которых в результате замедленного затвердевания образуются усадочные раковины и резко выраженная пористость. В тех частях местного скопления металла, где по каким-либо причинам нельзя поставить прибыль, например в узлах и сопряжениях стенок, применяют холодильники.

При производстве стальных отливок на литниковую систему вместе с прибылями расходуется 25—50% общего веса жидкого

металла. Увеличение коэффициента выхода годного может быть достигнуто в первую очередь за счет уменьшения расхода на прибыли и литниковые системы, вследствие чего вопрос о правильном определении размеров прибыли и места ее расположения имеет особенно важное значение.



Фиг. 363. Схема литниковой системы для стального литья:

1 — литниковая воронка; *2* — стояк; *3* — верхний литниковый канал; *4* — прибыль; *5* и *6* — нижний и верхний литниковые питатели; *7* — нижний литниковый канал.

Наиболее удачным решением полного использования эффективности прибылей является такое расположение их, которое обеспечивало бы направленное затвердевание отливки.

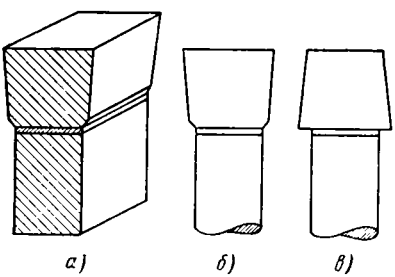
Различают следующие виды прибылей: прямые (открытые и закрытые), отводные, сфероидальные (шаровые) и легкоотделяемые.

Прямые прибыли устанавливают непосредственно над питаемым узлом отливки. Форма прямых прибылей показана на фиг. 364.

Прямые прибыли являются в то же время и выпорами.

Отводные прибыли ставятся в тех случаях, когда прямую прибыль поставить нельзя, примером чего может служить фиг. 365, на которой показана установка отводных прибылей на боковых фланцах коробки турбины. Подвод металла осуществляется через прибыль (аналогично усадочным питателям в ковком чугуне).

Шаровые или сфероидальне прибыли имеют по сравнению с открытыми прибылями то преимущество, что отношение наружной поверхности прибыли к площади ее сечения минимально, а высота не связана с высотой опок. Шаровые прибыли должны иметь утеплители (фиг. 366), радиус которых должен быть равен половине радиуса прибыли. Утеплитель способствует перемещению усадочной раковины в верхнюю часть прибыли.



Фиг. 364. Форма открытых прибылей:

а — прямоугольная; *б* — цилиндрическая с прямой конусностью; *в* — цилиндрическая с обратной конусностью.

До сих пор нет еще достаточно надежных и несложных теоретически обоснованных способов определения размеров и объема прибыли, не требующих большой затраты времени на их расчет.

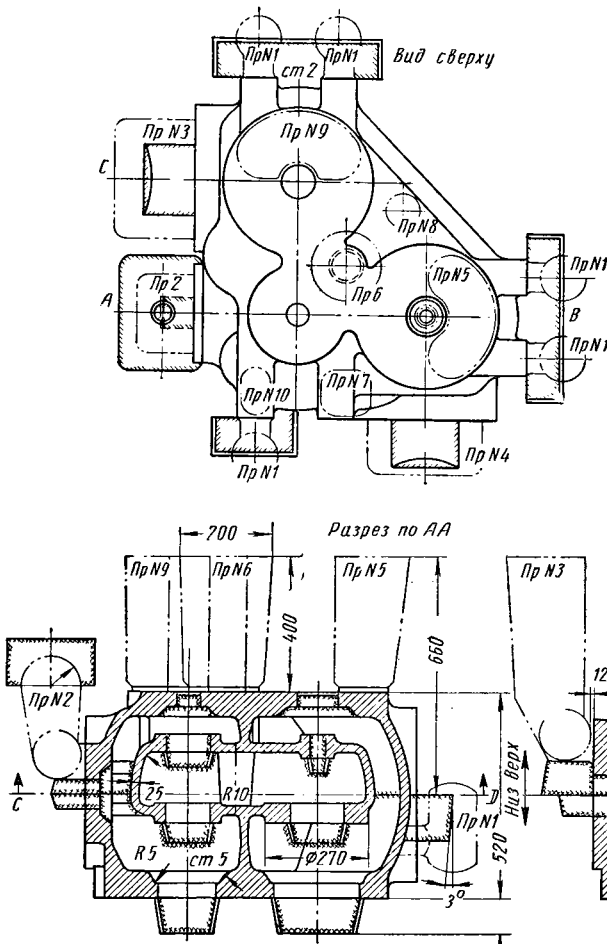
С. В. Руссиян, суммируя производственные данные, составил проект нормалей для расчета прибылей, положив в его основу приращение толщины и высоты прибылей в зависимости от размеров питаемого узла отливки. Эти нормали приведены в табл. 67

Таблица 67

Нормаль для определения размеров радиальных прибылей-компенсаторов (фиг. 367)

Наименование основных размеров	Значение основных величин при отношениях	
	$\frac{h_0}{b} < 2{,}0$	$\frac{h_0}{b} > 2{,}0$
Приращение толщины отливки . .	Исключено	$\delta = 0{,}1H$
Приращение толщины прибыли . .	$c = 0{,}35b$	$c = 0{,}35\,(a + b)$
Высота прибыли	$h_n = 0{,}6h_0 + c$	$h_n = 0{,}6h_0 + c$
Угол перехода шейки прибыли . .	$\angle\,\alpha = 45°$	$\angle\,\alpha = 45°$
Боковой конус прибыли	$\alpha_1 = \frac{h_n}{10}\,(6°)$	$\alpha_1 = \frac{h_n}{10}\,(6°)$
Диаметр вписанной окружности	$D = 1{,}3a$	$D = 1{,}3\,(a + b)$
Длина дуги одной прибыли . . .	$L_n = \frac{0{,}5L_0}{K}$	

L_0 — длина средней окружности обода отливки;
K — количество прибылей.



Фиг. 365. Отводные прибыли Пр. № 1, Пр. № 2, Пр. № 3, Пр. № 4, Пр. № 5, Пр. № 6, Пр. № 7, Пр. № 8, Пр. № 9.

Таблица 68

Нормаль для определения размеров кольцевых прибылей-компенсаторов (фиг. 368)

Наименование основных размеров	Значение основных величин при отношениях	
	$\frac{h_0}{a} \leqslant 2{,}0$	$\frac{h_0}{a} > 2{,}0$
Приращение толщины отливки . .	Исключается	$b = 0{,}1h_0$
Приращение толщины прибыли . .	$c = 0{,}4a$	$c = 0{,}4\,(a + b)$
Высота прибыли	$h_n = 0{,}6h_0 + c$	$h_n = 0{,}6h_0 + c$
Угол перехода шейки прибыли . .	$\alpha = 45°$	$\alpha = 45°$
Боковой конус прибыли	$\alpha_1 = \frac{h_n}{10}$ (6°)	$\alpha_1 = \frac{h_n}{10}$ (6°)
Радиус шарового закругления прибыли	—	$R = h_n - a$

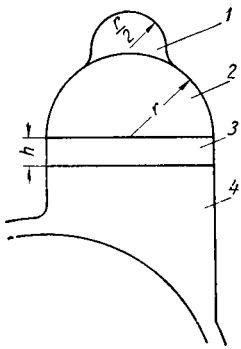
Таблица 69

Нормаль для определения размеров цилиндрических и прямоугольных прибылей-компенсаторов (фиг. 369)

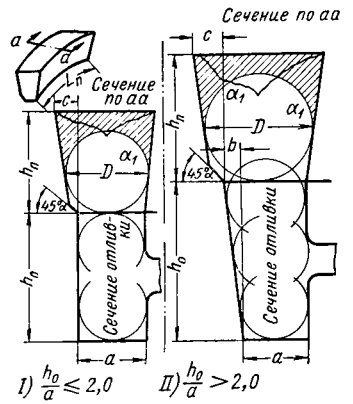
Наименование основных размеров	Значение основных величин	
	Для цилиндрических прибылей	Для прямоугольных прибылей
Приращение толщины прибыли	$c = 0{,}4a$	$c = 0{,}5a$
Высота прибыли	$h_n = 0{,}5h_0 + 2c$	$h_n = 0{,}5h_0 + 2c$
Угол перехода шейки	$\alpha = 45°$	$\alpha = 45°$
Боковой конус прибыли	$\alpha_1 = \frac{h_n}{10}$	$\alpha_1 = \frac{h_n}{10}$
Длина прибыли	—	$L \leqslant 2{,}5a$
Диаметр шарового закругления прибыли	$D = 1{,}4d_0$	$D = 1{,}6a$

и на фиг. 367—369. Кроме того, на фиг. 370 приведены размеры фланцевых прибылей-компенсаторов.

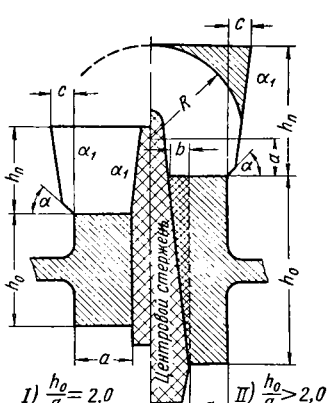
Легко отделяемые прибыли впервые в мире были предложены А. А. Рыжиковым и А. Д. Поповым. Применение их позволяет устранить трудоемкий процесс огневой обрезки прибылей и сократить припуски на механическую обработку отливок в местах установки прибылей. Характерной особенностью легкоотделяемых прибылей является простановка между отливкой и прибылью разделительной пластинки из стержневой смеси или листового железа. В центре пластинки имеется отверстие, через которое происходит питание отливки и удаляются газы. Питание межкристаллических и микроусадочных раковин при применении легкоотделяемых прибылей значительно хуже, вследствие чего при переходе от нормальной при-



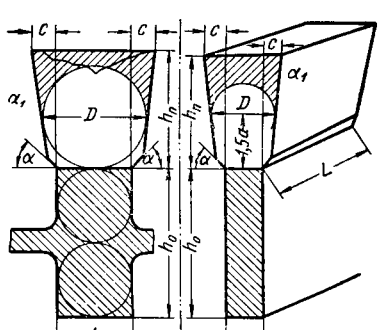
Фиг. 366. Шаровые прибыли:
1 — утеплитель; *2* — прибыль; *3* — припуск на обрезку; *4* — отливка.



Фиг. 367. Расчетные данные для определения размеров радиальных прибылей-компенсаторов.



Фиг. 368. Расчетные данные для определения размеров кольцевых прибылей-компенсаторов.

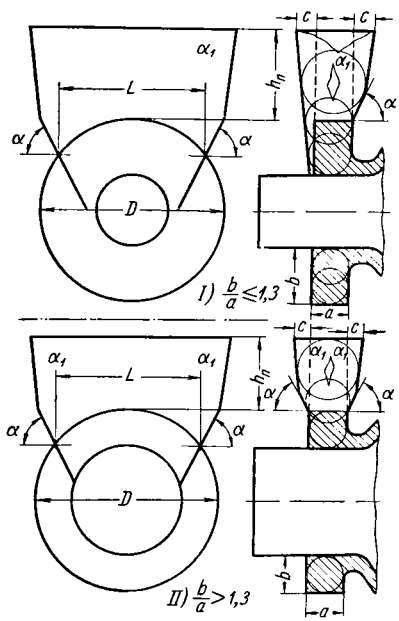


Фиг. 369. Расчетные данные для определения размеров цилиндрических и прямоугольных прибылей-компенсаторов.

были к легкоотделяемой рекомендуется увеличивать объем прибыли, что в большинстве случаев достигается за счет увеличения диаметра прибыли, так как увеличивать высоту прибыли не всегда возможно.

Применяются также легкоотделяемые прибыли бокового питания.

Канд. техн. наук П. И. Ямшанов впервые предложил и совместно с технологами-литейщиками Уралмашзавода внедрил в практику стального литья использование повышенного давления газа в прибылях. Повышенное давление газа создается при помощи установки в прибыль специального патрона с газообразующимся веществом, в качестве которого рекомендуется следующие составы: А) 100% мела; Б) 89,3% мела, 10,7% кокса и 20% (от веса смеси) воды.



Фиг. 370. Размеры фланцевых прибылей-компенсаторов.

Для крупных отливок на каждые 70% газообразующего вещества рекомендуется добавлять 30% термита. В зависимости от толщины стенок, состава и количества газообразующего вещества патроны маркируют: марка 10Б12 соответствует патрону с толщиной стенки 10 *мм*, состав которой обозначен буквой *Б*, а вес заряда равен 12 *г*.

Для определения веса заряда П. И. Ямшанов разработал следующий метод.

Определив вес питаемого узла отливки и объем усадочной раковины, рассчитывают количество газообразующего вещества для установления потребного давления газа в прибыли (4—5 *ат*). Предполагается, что объем усадочной раковины равен примерно 2% объема питаемого узла отливки. Газы, выделяющиеся из заряда весом 1 *г*, нагретого до температуры жидкого металла, занимают объем ~ 2 *л* при давлении 1 *атм*. Давление в прибыли должно начать повышаться после того, как на периферии прибыли образуется корочка затвердевшего металла, для чего необходимо подобрать соответствующую толщину стенки цилиндра заряда патронов (фиг. 371). Полное затвердевание металла в прибыли должно закончиться одновременно с окончанием газовыделения из патрона. На фиг. 372 приведены кривые скорости нагревания цилиндров с различной толщиной стенок в жидкой стали. Продолжительность

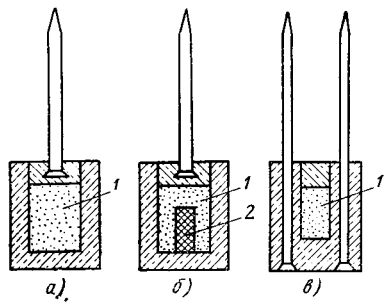
затвердевания для различных типов прибылей показана на фиг. 373—380.

Зная скорость нагревания цилиндра в жидком металле и скорость затвердевания металла в прибыли, выбирают толщину стенки цилиндра из такого расчета, чтобы газообразование началось не раньше, чем образуется корочка металла необходимой толщины.

Данные Уралмашзавода о марках патронов и их устройстве приводятся в табл. 70.

Схема установки патронов прибыли приведена на фиг. 381.

Д. Р. Кононов разработал и с успехом внедрил в производство прибыли для крупного стального литья, действующие под давлением, используя для этого воздух, нагнетаемый по трубам от компрессорной установки (фиг. 382).



Фиг. 371. Типы патронов:

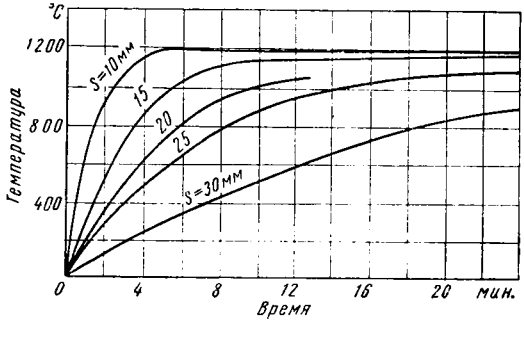
а — с одним гвоздем и зарядом мела *1*;
б — с одним гвоздем и зарядом термита *2*;
в — с двумя гвоздями и зарядом мела *1*.

Сжатый воздух с помощью резинового шланга *1* (фиг. 382), соединенного с регулятором давления, поступает в специальное приспособление (фиг. 382, *а*) с втулкой *2*, вставляемой в стержень *3*,

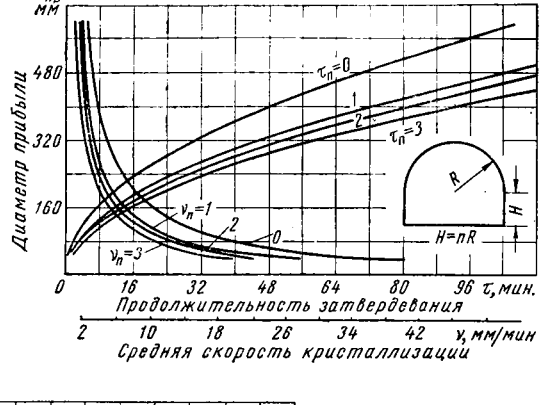
Таблица 70

Размеры патронов в зависимости от затвердевания прибыли

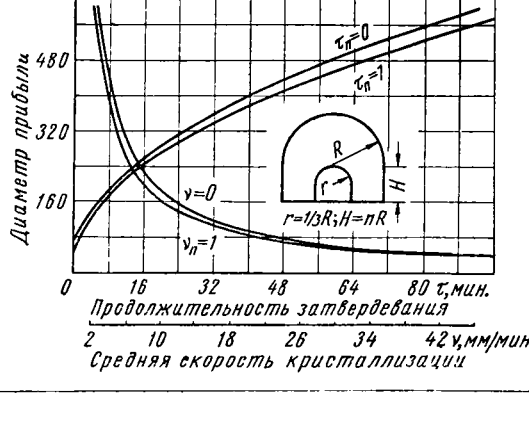
Характеристика патронов и их действия	Продолжительность полного затвердевания металла в прибыли в мин.								
	2—3	4—6	7—9	10—12	13—20	21—30	31—60	61—120	120—180
Марка патронов	5Б2,5	5Б5	8Б5	10Б10	12Б12	15Б10	20А10	25А15	30А20
Вес заряда в *г*	2,5	5	5	10	10	10	10	15	20
Толщина стенки патрона в *мм*	5	5	8	10	12	15	20	25	30
Через сколько минут начнет действовать заряд	—	1	1,5	2	3	4	6	8	10
Толщина корочки затвердевания металла в прибыли до начала действия заряда в *мм*, не менее	—	5	8	10	12	15	20	25	30
Диаметр душника для накола прибылей в *мм* . .	Без наколов			6	5	6	7	10	12



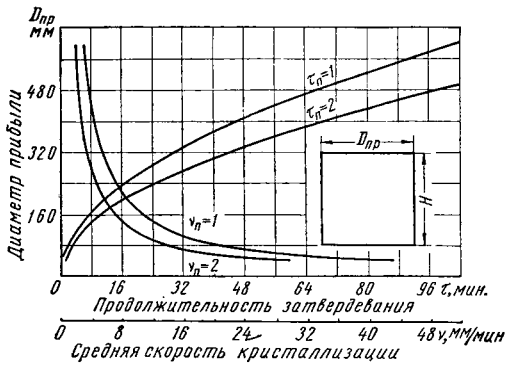
Фиг. 372. Скорость нагревания внутри полости цилиндра.



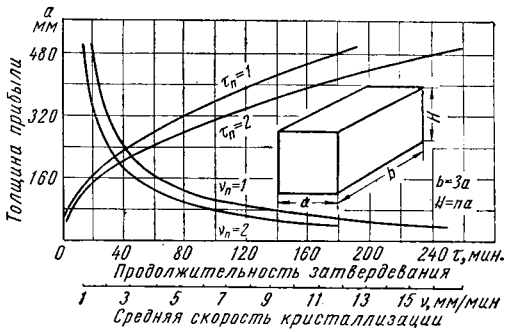
Фиг. 373. Продолжительность затвердевания шаровой прибыли.



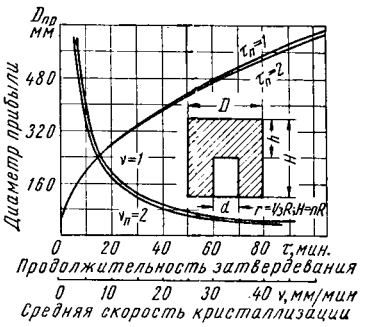
Фиг. 374. Продолжительность затвердевания шаровой прибыли с внутренним стержнем.



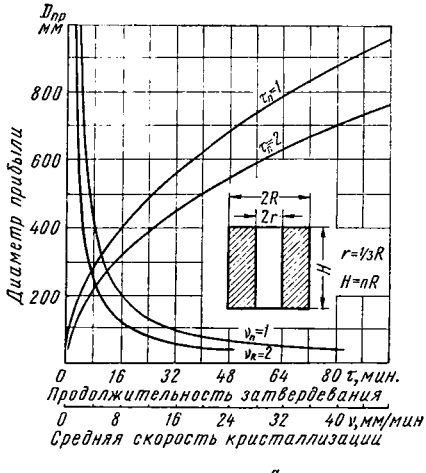
Фиг. 375. Продолжительность затвердевания цилиндрических прибылей.



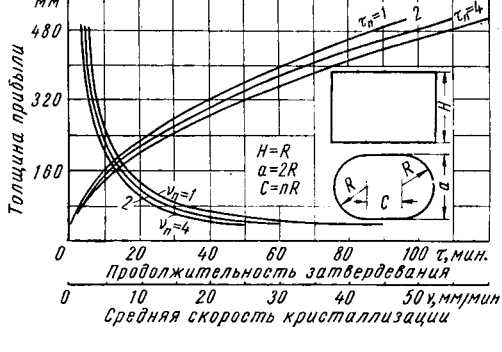
Фиг. 376. Продолжительность затвердевания прямоугольных прибылей.



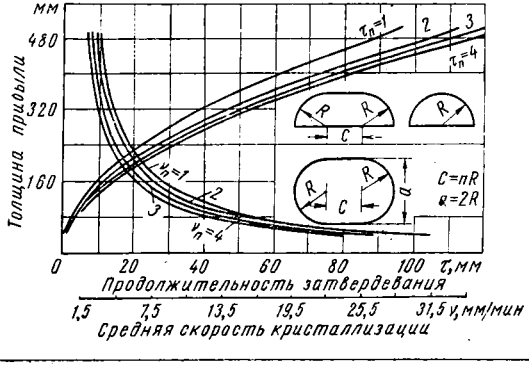
Фиг. 377. Продолжительность затвердевания цилиндрических прибылей с внутренним стержнем.



Фиг. 378. Продолжительность затвердевания кольцевых прибылей.



Фиг. 379. Продолжительность затвердевания прибыли прямоугольного сечения с закругленными углами.

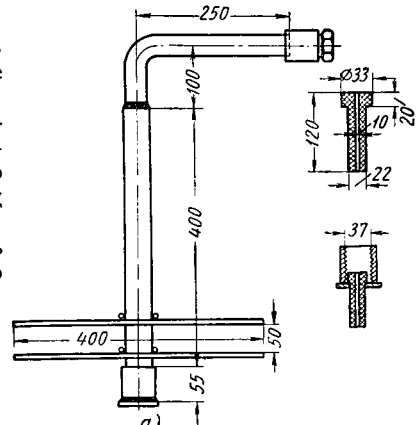


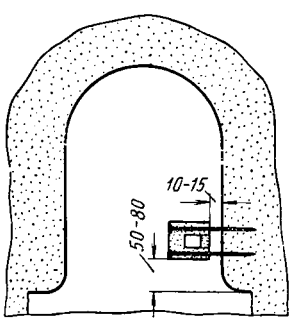
Фиг. 380. Продолжительность затвердевания прибылей овального сечения.

через который сжатый воздух давит на прибыли. Схема установки приспособления показана на фиг. 382, *б*.

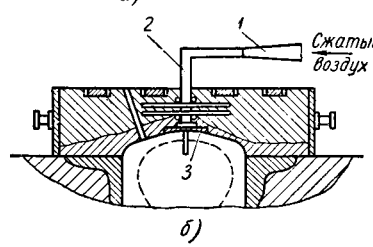
Иногда создают давление в прибылях за счет выделения газа из стерженька, помещаемого в прибыль, в отличие от способа, когда используется атмосферное давление. При отсутствии летучих веществ в составе стерженьков никакого эффекта при установке их в прибыли не наблюдалось.

Применение прибылей, действующих под газовым давлением, для стального и цветного литья позволило снизить расход жидкого металла на 25—30% или, другими словами, повысить выход годного литья с 50 до 75—80%.





Фиг. 381. Схема установки патронов в прибыли.



Фиг. 382. Схема подачи сжатого воздуха в прибыль:

а — приспособление; *б* — схема установки приспособления на прибыль.

§ 7. ОСОБЕННОСТИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ И МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Подсчет наименьшего сечения литниковой системы при отливке алюминиевых и магниевых деталей ведется по тем же формулам, что и для чугунного и стального литья. Но в практике при отливке цветных деталей очень часто за наименьшее сечение литниковой системы принимают не суммарное сечение питателей, а сечение стояка в нижней его части, т. е. применяют незаполняющиеся литниковые системы с последовательно увеличивающимися сечениями, что дает

возможность, как устанавливает проф. Спасский, не только снизить в значительной степени линейную скорость для движения металла в форме, особенно в первый, наиболее опасный период поступления его в форму, но и до известной ступени регулировать эту скорость.

Если приток металла в шлакоуловителе будет больше, чем истечение из него, то шлакоуловитель через некоторое время заполнится металлом и напор, определяющий скорость истечения, сразу возрастает до величины напора H. Подбор сечений стояка и питателей определяет время наступления этого момента.

Соотношения площадей стояка, шлакоуловителя и питателей при отливке легких алюминиевых и магниевых сплавов следующие: $F_{ст} : F_{ш} : F_{п} = 1 : 2 : 4$, т. е. площадь сечения элементов литниковой системы последовательно увеличивается по направлению от стояка к шлакоуловителю и питателям.

Максимальная скорость движения сплава в стояке, по данным Е. М. Ноткина, для алюминиевых сплавов должна быть равна 150 *см/сек*, а для магниевых — 130 *см/сек*. Соответствующая скорость движения металла в стояке обеспечивается рациональным расположением местных сопротивлений в литниковой системе за счет увеличения потерь на трение.

Определение суммарной площади сечения стояка при литье алюминиевых сплавов определяется по номограмме фиг. 383 и по номограмме фиг. 384 для магниевых сплавов.

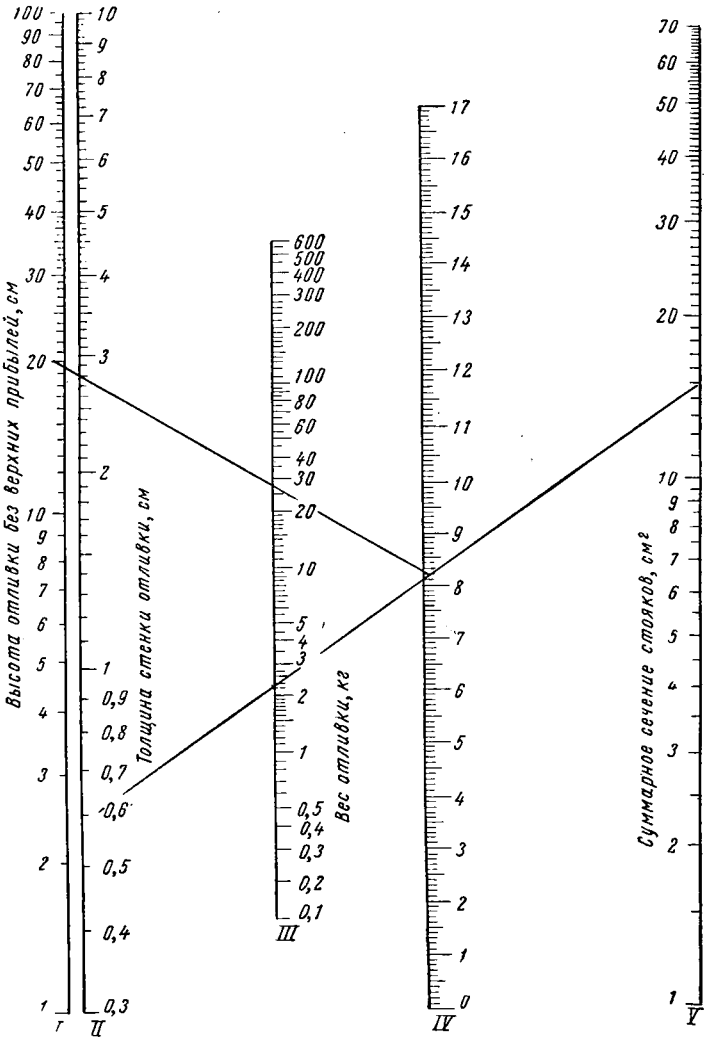
Определение площади поперечного сечения стояка

На номограмме (фиг. 384) находят точки, соответствующие значениям высоты, веса и толщины стенки отливки, для которой определяется литниковая система. Через найденные точки на шкалах *I* и *II* проводят прямую линию *1* до пересечения ее со шкалой *IV*. Эту точку на шкале *IV* соединяют прямой линией *2* с точкой на шкале *1* и продолжают прямую *2* до пересечения со шкалой *V*. Точка пересечения прямой *2* и шкалы *V* показывает величину площади сечения стояка в $см^2$.

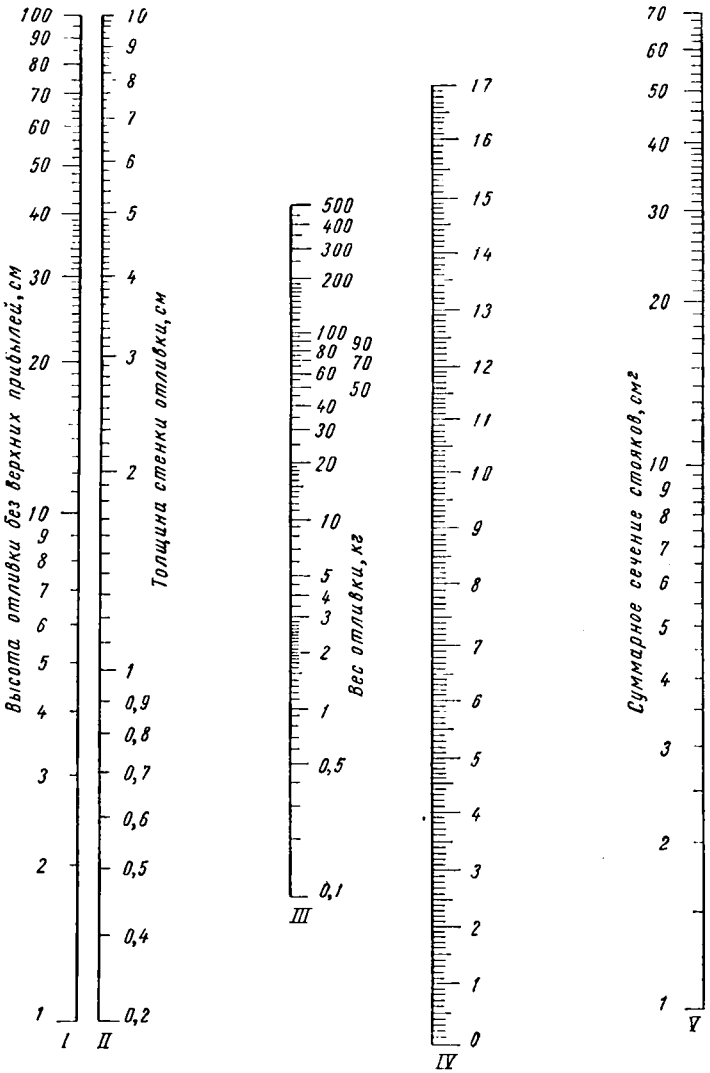
Типы стояков показаны на фиг. 385, 386.

Следует отметить, что если в практике изготовления стального литья еще до сих пор не изжито стремление увеличивать объем и количество прибылей, то в практике производства литья из алюминиевых и магниевых сплавов это стремление выражается более резко, что в значительной степени снижает процент выхода годного литья.

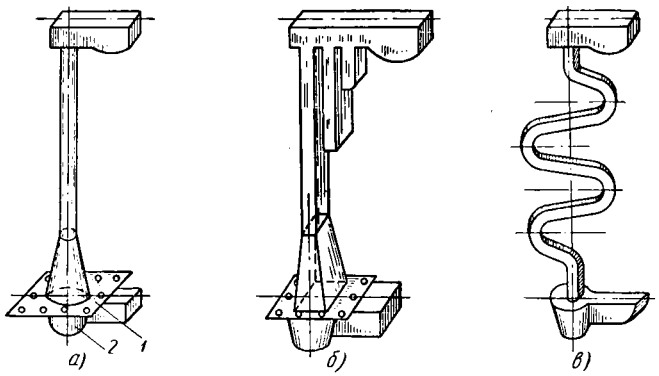
Советским литейщикам предстоит проделать большую работу по определению различных параметров литниковой системы, чтобы создать строго научную теорию расчета литниковой системы.



Фиг. 383. Номограмма для определения суммарной площади сечения стояков при литье алюминиевых сплавов (скорость течения металла в стояке 150 *см/сек*).

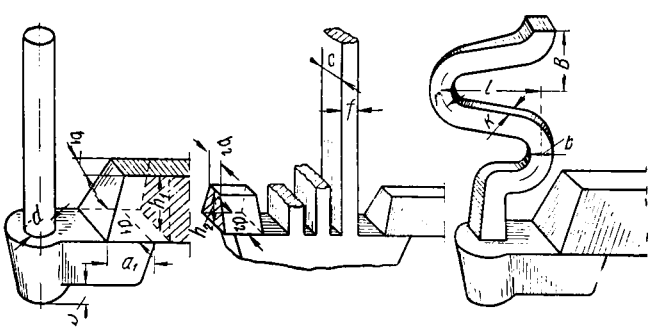


Фиг. 384. Номограмма для определения суммарной площади сечения стояков при литье магниевых сплавов (скорость течения металла в стояке 130 *см/сек*).



Фиг. 385. Типы стояков:

а — круглый; *б* — пластинчатый; *в* — змеевиковый; *1* — сетка; *2* — металлоприемник.



Фиг. 386. Конструктивные размеры стояков и коллекторов.

ГЛАВА V

СБОРКА И ЗАЛИВКА ФОРМ

В объем работ по сборке и заливке форм входят следующие операции: 1) сборка формы, т. е. установка стержней и контроль точности их установки, спаривание верхней и нижней опок и т. д.; 2) установка литниковых и выпорных чаш; 3) нагрузка или скрепление формы; 4) заливка собранной формы.

§ 1. СБОРКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

При формовке всырую после отделки формы следует непосредственно сборка. В случае же формовки по-сухому необходимо также исправить дефекты формы, появившиеся после сушки.

Прежде чем приступить к сборке, нижнюю опоку тщательно устанавливают на подопочной плите, если формы заливаются на конвейере или на рольганге, или на земле, и если заливают формы на формовочной площадке, то нижнюю опоку следует тщательно притереть к земле и установить строго горизонтально.

Стержни, поданные на сборку, предварительно осматривают, проверяют вентиляцию, качество изготовления и размеры.

Стержни следует устанавливать в форму согласно принятому технологическом процессу. Необходимо особенно тщательно следить за точностью геометрии отливки. Правильность и точность установки стержней проверяют с помощью специальных шаблонов и кондукторов.

Если конструкция знаков не обеспечивает надлежащей устойчивости положения стержня в форме, применяют жеребейки.

Из всех установленных в форме стержней должны быть отведены каналы, через которые могли бы свободно удаляться газы, образующиеся в стержнях при заливке.

При формовке крупных и сложных деталей после установки всех стержней проводится контрольное перекрытие опок для проверки толщины тела отливки и плотности прилегания верхней опоки. Перед контрольным перекрытием в проверяемых местах раскладывают комки глины («мушки»).

При окончательном перекрытии опок, во избежание утечки металла, по их разъему прокладывают слой глины толщиной 3—5 *мм* для крупных и 2—3 *мм* для средних форм. Для этой же цели вентиляционные каналы, проходящие по разъему, а также и литниковые каналы окружают тонким слоем глины.

§ 2. УСТАНОВКА ЛИТНИКОВЫХ И ВЫПОРНЫХ ЧАШ

После перекрытия формы устанавливают литниковые и выпорные чаши. При установке чаш необходимо обращать особенно тщательное внимание на совпадение их отверстий с отверстиями стояков.

Дно чаши должно быть плотно соединено с поверхностью формы, для того чтобы исключить возможность просачивания металла при заливке.

Высота литниковой и выпорной чаш должна быть одинаковой.

До заливки литниковую чашу рекомендуется закрывать листами жести или пробкой, а в отверстие выпорной чаши закладывать кусок глины, для того чтобы внутрь формы на попадал мусор.

§ 3. НАГРУЗКА (КРЕПЛЕНИЕ) ФОРМЫ. РАСЧЕТ ГРУЗА

При заполнении формы расплавленный металл стремится поднять верхнюю опоку. Во избежание этого опоки скрепляют друг с другом с помощью болтов, скоб, струбцинок или же на собранную форму накладывают груз.

Для того чтобы рассчитать крепление опок или вес груза, необходимо знать давление, которое оказывает металл на верхнюю опоку.

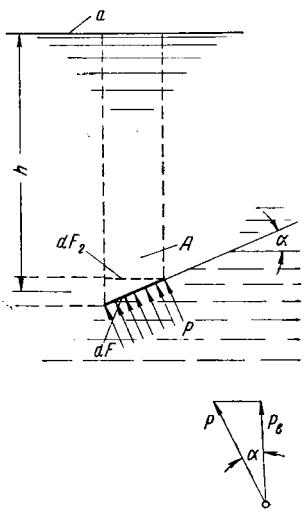
Если площадь dF, которая наклонена относительно горизонтальной плоскости формы (фиг. 387) на угол α, находится на глубине h под зеркалом залитого в форму металла, то давление, которое испытывает эта площадка со стороны жидкого металла, равна

$$dP_n = h\gamma dF, \qquad (71)$$

где γ — удельный вес жидкого металла в $кг/м^3$;

dP_n — давление, нормальное к площадке dF.

Вертикальная составляющая этой силы $dPh = dP_n \cos\alpha$ представляет собой ту силу, с которой жидкий металл поднимает верхнюю опоку, и $dP_в = h\gamma dF\cos\alpha$:



Фиг. 387. Давление жидкого металла на форму.

$$\cos\alpha dF = dF_2.$$

Здесь $dP_в$ — вертикальная составляющая силы dP_n;

dF_2 — горизонтальная проекция площадки dF.

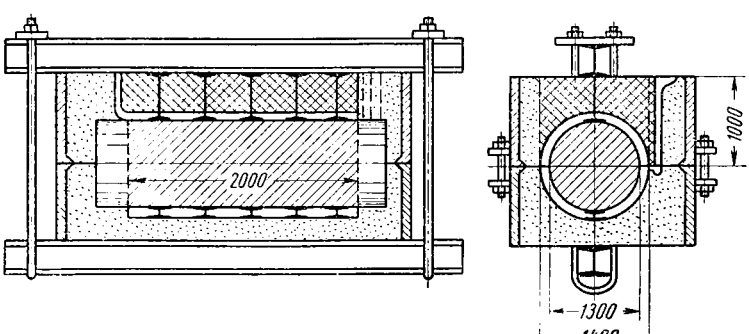
Давление на всю верхнюю опоку равно $P = \gamma ShdF_2$.

Правая часть последнего выражения представляет собой вес воображаемого столба жидкого металла, находящегося над частью отливки, расположенной в верхней опоке; высота этого столба A (см. фиг. 391) измеряется до уровня жидкого металла в литниковой чаше.

Пример расчета

Рассчитываем давление жидкого металла на верхнюю опоку формы трубы при горизонтальной заливке (фиг. 388).

Давление жидкого чугуна на внутреннюю поверхность формы соответствует весу объема металла. Внешний диаметр трубы $d_1 =$



Фиг. 388. Горизонтальная заливка труб (размеры в *мм*).

$= 1{,}4$ *м*; длина $L = 2{,}0$ *м*; высота уровня металла $h = 1$ *м*, следовательно,

$$P = \left(dLh - \frac{1}{2}\frac{\pi d_1^2}{4}L\right)\gamma = \left(1{,}4 \cdot 2{,}0 \cdot 1 - \frac{1}{2}\frac{3{,}14 \cdot 1{,}4^2}{8}\right) \cdot 7000;$$

$$P_{ом} = 8820 \text{ кг}, \qquad (72)$$

где $\gamma = 7000$ *кг/м*^{3} — удельный вес жидкого металла.

Стержень, для внутренней полости отливки, со всех сторон окружен жидким металлом и испытывает давление снизу вверх. Это давление равно весу жидкости, вытесненной этим телом. В нашем случае стержень испытывает давление, равное

$$P_{ст} = \frac{\pi d^2}{4} L \cdot \gamma = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}3^2}{4} \cdot 2{,}0 \cdot 7000; \qquad (73)$$

$$P_{ст} = 18\,590 \text{ кг};$$

здесь $d_2 = 1{,}3$ *м* — внутренний диаметр трубы.

Стержень передает это давление верхней опоке, вследствие чего сила, с которой жидкий металл стремится поднять верхнюю опоку, равна

$$P = P_{ом} + P_{ст} = 8820 + 18\,590 = 27\,410 \text{ кг}.$$

При определении усилия, которое должны выдержать крепления опок (болты, стяжки, скобы и т. п.) или величины груза, из этой

силы P следует вычесть вес верхней опоки. Полученное усилие необходимо увеличить на 30—40%, учитывая гидравлический удар металла при заполнении формы.

§ 4. ЗАЛИВКА ФОРМЫ. ЛИТЕЙНЫЕ КОВШИ

Для заливки форм расплавленным методом применяют специальные ковши — ручные и крановые.

Ручные ковши обычно конусные, и в зависимости от емкости их выполняют или в виде ложек, служащих для переноски и заливки одним рабочим, или в виде ковшей, переносимых на особых подставках или вилках двумя, тремя или четырьмя рабочими. Ложки-ковши применяют для заливки мелких форм емкостью 10—20 *кг*, чаще 20 *кг* жидкого чугуна.

Для заливки более крупных форм применяют ручные ковши емкостью 50—100 *кг* жидкого чугуна.

Для заливки небольших форм на конвейере или на рольгангах применяют такие же ковши, передвигающиеся по монорельсу. Наклон ковшей при заливке осуществляется вручную при помощи рукоятки. Емкость ковшей колеблется в пределах 50—250 *кг* (но не более 1000 *кг*).

Для заливки средних и крупных форм обычно применяют крановые ковши емкостью 1—5 *т*. Подобные ковши снабжают специальным поворотным механизмом, который приводится в действие либо от руки, либо при использовании крупных ковшей с помощью электродвигателя. Крановые ковши выполняют конусными, цилиндрическими или барабанными; чаще всего применяют барабанные и конусные литейные ковши.

Металл можно заливать через носок ковша или через донную пробку и стопор. Чугун, а также кислую сталь из электропечи (для небольших деталей) заливают через носок ковша. Стопорные ковши применяют для заливки крупных стальных отливок и в исключительных случаях для чугунных (более 15 *т*). При заливке через носок литниковая чаша должна быть полной; перерывы струи металла ни в коем случае нельзя допускать, а шлак, плавающий на поверхности ковша, нужно задерживать скребками. Более надежные в этом отношении чайниковые ковши, т. е. ковши, имеющие специальную перегородку, задерживающую шлак. При тонкостенном литье, для того чтобы обеспечить возможно более медленное охлаждение металла в ковше, целесообразно применять барабанные ковши, имеющие наименьшую по сравнению с другими ковшами поверхность излучения. Емкость барабанных ковшей 0,5—5,0 *т*. Небольшие (до 1000 *кг*) ковши футеруют раствором в виде глиняной обмазки; крупные ковши выкладывают огнеупорным кирпичом.

Перед заливкой ковш должен быть хорошо прогрет и прокален для полного удаления влаги из футеровки. Ковш для чугуна сушат при температуре 300—400° С, так как он прокалится после первой заливки.

Ковш для стали предварительно прокаливают докрасна. Ковш малой емкости сушится в камерных печах, крупные ковши для стали и чугуна — газовыми или нефтяными форсунками.

Температура заливаемого металла оказывает большое влияние на качество отливки: недостаточно высокая температура металла приводит к образованию в отливке различных дефектов в виде плен, спаев, заворотов и т. п. Слишком высокая температура заливаемого металла влечет за собой увеличение усадочных раковин и пригара, поэтому заданную температуру заливки металла следует соблюдать обязательно. Контроль температуры заливки осуществляется с помощью оптического пирометра или при помощи термопар.

ГЛАВА VI

ВЫБИВКА И ОЧИСТКА ЛИТЬЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Процесс выбивки и очистки литья состоит в том, что затвердевшие и охладившиеся до известной температуры отливки извлекают из опоки: при этом земляная форма должна быть разрушена, из отливки удалены стержни, зачищены заливы и заусенцы, а также удалены литники и прибыли, после чего следует заключительная операция — очистка наружной и внутренней поверхности отливок от пригоревшей земли.

Отливки выдерживают в опоках после заливки определенное время в зависимости от их сложности, размеров и веса. Слишком ранняя выбивка отливок из формы при высокой температуре может вызвать дополнительные внутренние напряжения в отливках, вследствие чего могут образоваться трещины и другие дефекты.

В качестве первого приближения можно считать, что для тонкостенного литья выбивка допускается при температуре 400° С, для среднего 500° С, для толстостенного 600° С.

В табл. 71 приведены данные продолжительности изготовления форм и выдержки их после заливки.

В исключительных случаях, когда охлаждение отливки в форме происходит неравномерно (вагонные колеса с отбеленным ободом), выбивку осуществляют при светло-красном калении, но в последующем отливки термически обрабатываются. Вопрос об определении времени выдержки отливок почти не подвергался теоретическому исследованию.

В табл. 72 приведены данные о времени выдержки отливок для чугунного литья.

Эти завышенные нормы ведут к тому, что время выдержки, особенно тяжелых отливок, превышает в несколько раз время всего цикла изготовления формы, следствием чего является заниженное

Таблица 71

Продолжительность изготовления форм и выдержки после заливки

Наименование детали	Вес в *т*		Продолжительность в сутках		Отношение продолжительности выдержки к изготовлению формы
	черной отливки	жидкого металла	изготовления формы	выдержки после заливки	
Корпус редуктора турбины	8	12	12	4	0,30
Матрица штампа	8	12	5	2,5	0,50
Зубчатое колесо	10	27	4	6	1,5
Секция статора гидротурбины	25	33	10	7	0,7
Шабот	45	90	5	15	3,0
„	90	113	7	21	3,0
„	100	123	8	25	3,1
Станина ковочной машины	66	88	16	15	1,0
Станина блюминга	67	105	8	15	1,9
Корпус втулки гидротурбины	88	109	4	8	2,0
Обод маховика	91	—	10	15	1,5
Траверса гидропресса	130	150	15	15	1,0

Таблица 72

Время выдержки чугунных отливок

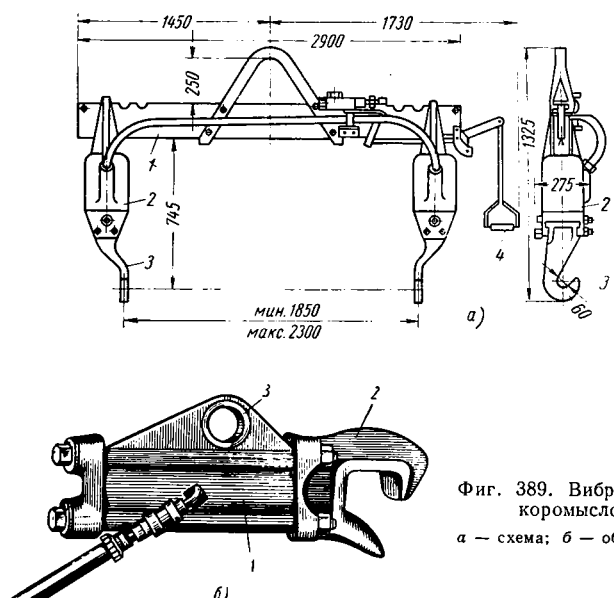
Наименование детали	Размеры деталей в *мм*	Черный вес в *кг*	Время выдержки в час.	
			в опоках	в цехе
Блок-картер двигателя	1700×1100×850	1980	24	12
	2200×1700×850	3835	24	12
	3320×1150Л×920	2440	48	12
	1650×975×1050	2470	24	12
Маховики (половинки)	1950×975×320	840	24	12
Маховики	Ø 1550×320	2250	48	12

использование формовочных площадей, опочного парка и формовочных материалов.

Исследования П. Г. Новикова позволили установить, что вместо принятой в практике сталелитейных цехов скорости остывания отливок, как, например, шабота около 4 *т* в сутки, можно брать значительно более высокие нормы — 10—13 *т* в сутки, что позволило резко повысить использование формовочных площадей.

§ 2. ВЫБИВКА ОТЛИВОК ИЗ ФОРМЫ

Операция выбивки принадлежит к числу наиболее трудоемких и тяжелых работ при производстве отливок. При выбивке отливок из формы выделяется большое количество тепла, газов и пыли, поэтому механизация выбивных и очистных работ в советских литейных является делом первостепенной важности. Выбивка крупных опок в условиях мелкосерийного производства может быть механизиро-



Фиг. 389. Вибрационное коромысло:
а — схема; *б* — общий вид.

вана при помощи вибрационного коромысла (фиг. 389), представляющего собой балку *1*, подвешенную в горизонтальном положении к подъемнику. С обоих концов коромысла имеются два вибратора *2* и крюки *3*, которыми захватывается опока за цапфы, после чего коромысло вместе с опокой поднимается, и начинают действовать вибраторы. Под действием вибрации земля из опоки падает на расположенную в полу литейных неподвижную решетку и, проваливаясь вниз передается транспортером в землеприготовительное отделение. В этом случае выделяется, особенно при выбивке сухих опок, большое количество пыли, вследствие чего необходимо принимать особые меры для вентиляции помещения.

В литейных массового производства вибрационные коромысла применяют при выбивке на конвейере верхних опок. При индиви-

дуальном производстве для выбивки опок применяют подвесной пневматический вибратор, представляющий собой упрощенную конструкцию вибрационного коромысла и имеющий перед ним некоторое преимущество, заключающееся в том, что он не связан с размерами выбиваемых опок. Производительность подвесного вибратора значительно ниже, так как ручная операция скрепления его с опокой отнимает много времени.

Для выбивки чаще всего применяют выбивные решетки — пневматические, механические и инерционные. Последние два типа выбивных решеток более экономичны по сравнению с пневматическими, вследствие чего пневматические выбивные решетки все более вытесняются механическими решетками.

На фиг. 390, *а* и *б* показан общий вид электромеханической решетки в плане и в разрезе (завод «Станколит»). Решетка состоит из следующих узлов: собственно решетка *1*, рама *2*, амортизатор *3*, электродвигатель *4* и приводной вал *5*. Рама *2* состоит из двух боковин, связанных между собой в центре трубой, а по бокам — распорными балками.

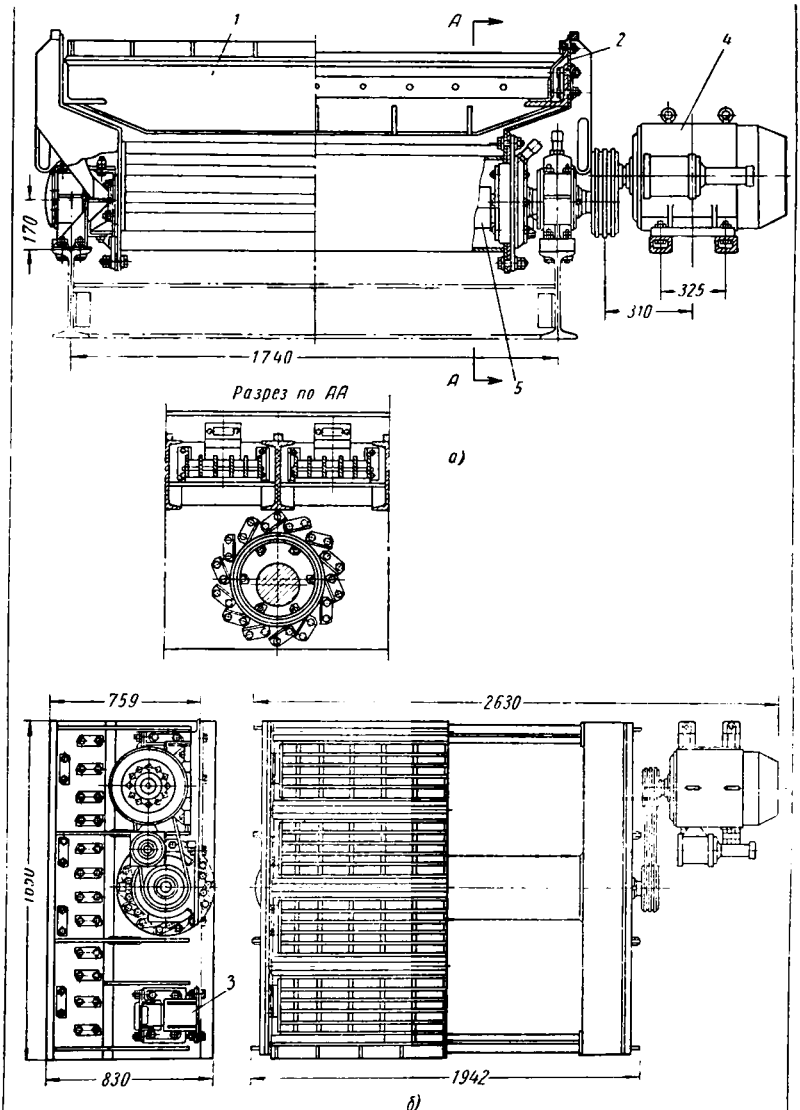
К верхней части боковины прикреплена рама, на которую ставится опока, предназначенная для выбивки. К внешней стороне боковин рамы, концентрично трубе, привернуты два фланца, в которые вмонтирован эксцентриковый вал на роликовых подшипниках. Концевые шейки вала покоятся на четырех шарикоподшипниках, которые, в свою очередь, вмонтированы в коренные подшипники со сферическими вкладышами на фундаментной раме. Эксцентрицитет между шейками вала, сидящими в коренных и фланцевых подшипниках, называемый рабочим эксцентрицитетом, равен 3 *мм*.

Вал в средней части диаметром 21 *мм* выполнен утолщенным по отношению к шейкам коренных подшипников, что необходимо для уравновешивания движущихся масс при холостом ходе. К боковинам рамы прикреплены четыре кронштейна, а к фундаментной раме привернуты стойки. Между кронштейнами и стойками плотно вставлены восемь резиновых амортизаторов из литой резины, которые должны воспринимать знакопеременные усилия движущихся частей установки. Мощность электродвигателя 8 *квт*.

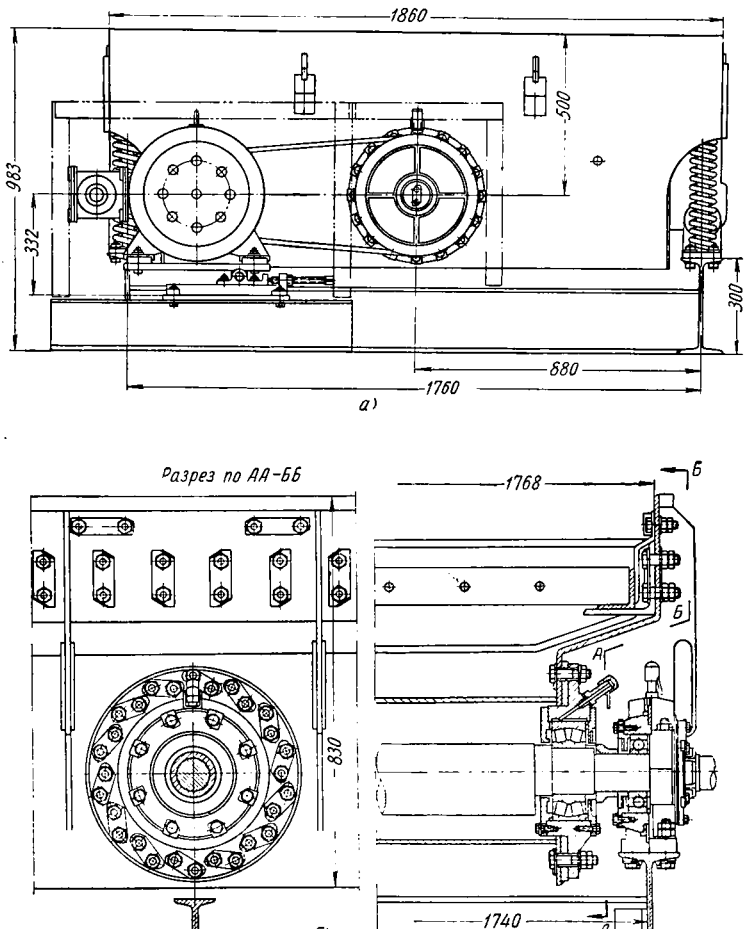
Во время вращения вала, при наличии рабочего эксцентрицитета, рама с решеткой и установленной на ней опокой получает вибрацию, вызывающую интенсивную выбивку.

По сравнению с выбивкой на пневматических решетках весь процесс выбивки ускоряется, и расход электроэнергии на выбивке одной лишь опоки 1200 × 900 *мм* составляет 0,54 *квт-ч* против 0,175 *квт-ч* при выбивке на пневматической решетке, т. е. в 30 раз меньше. Для выбивки более крупных опок более выгодным считается применять инерционные выбивные решетки, которые не требуют громоздких фундаментов и расходуют меньше электроэнергии.

Инерционные выбивные решетки не имеют жестких опор и вибрирующая часть их покоится на пружинах (фиг. 391, *а*, *б*).

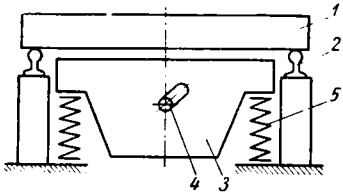


Фиг. 390. Электромеханическая решетка — общий вид и разрез.



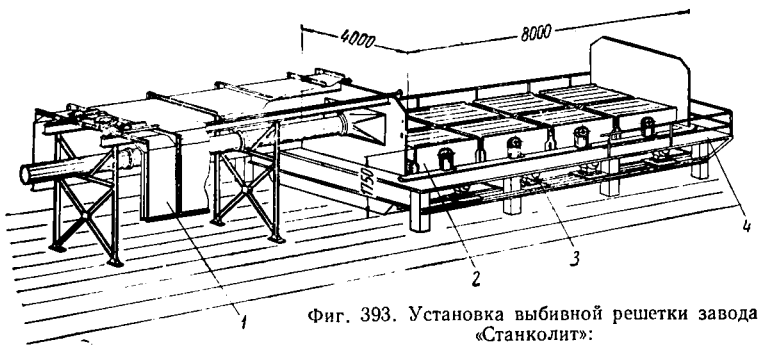
Фиг. 391. Инерционная выбивная решетка — общий вид и разрезы.

Схема работы инерционной решетки заключается в следующем (фиг. 392): опока *1* устанавливается на рельсы *2*. Корпус решетки *3* при вращении дебалансированного вала *4* колеблется с большой амплитудой и за каждый оборот вала ударяет по опоке снизу вверх. Жесткость пружин *5* и число оборотов вала подбирают так, чтобы амплитуда колебаний достигала 30—40 *мм*. Инерционные решетки Уралмашзавода грузоподъемностью до 50 *т* выбивают опоки весом 10 *т* в течение 6—8 мин.



Фиг. 392. Схема работы решетки завода «Станколит».

Установка из восьми инерционных выбивных решеток в цехе крупного литья показана на фиг. 393; восемь решеток смонтированы на общей металлической конструкции в два ряда, по четыре в ряду. Промежутки между решетками используются для укладки рельсов для приема опок. Зазор между опокой и решетками равен примерно 8—10 *мм*. Решетки будут ударять в опоки снизу вверх. Под решетками расположены приемные бункеры, из которых горелая земля поступает на ленточный транспортер и далее в центральную земледелку.



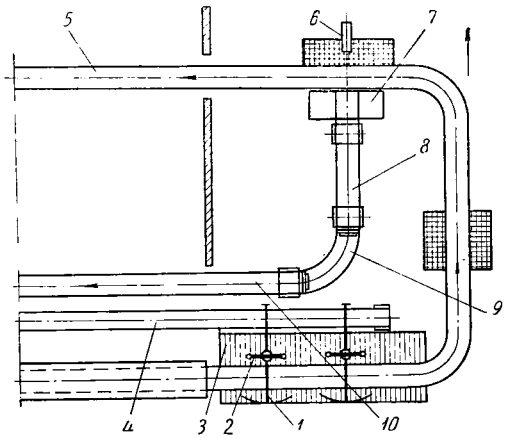
Фиг. 393. Установка выбивной решетки завода «Станколит»:

1 — защитный футляр; *2* — инерционная решетка; *3* — мотор; *4* — площадка для обслуживания.

Выбивка опок на конвейере требует четкой организации работ и возможно более полного использования механизмов для того, чтобы процесс выбивки опок, связанный с транспортированием большого количества грузов на ограниченной площади, при повышенной температуре не задерживал работу конвейера.

На фиг. 394 показана организация выбивки крупных опок на Горьковском автозаводе. Посредством подвешенных к монорельсу *1* вибрационных траверс *2* выбиваются верхние опоки над решеткой *3*; выбитые опоки передаются на ленточный конвейер *4*.

Подвесной охладительный конвейер, проходящий над тележками литейного конвейера *5*, имеет соответствующее снижение и подъем; при снижении охладительного конвейера отливка подхватывается специальными подвесками и при подъеме конвейера извлекается из нижней опоки. Нижняя опока толкателем *6* сбрасывается на пневматическую выбивную решетку *7* и после выбивки передается на лен-



Фиг. 394. Выбивка крупных форм на ГАЗе.

точный конвейер *8* далее через рольганг *9* — на конвейер *10* для возврата к месту формовки.

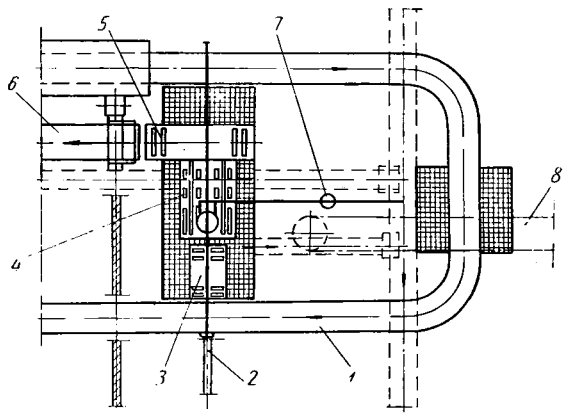
Раздельная выбивка на разных решетках верхних и нижних опок и малая производительность пневматических выбивных решеток являются крупным недостатком описанной установки; кроме того, длительное нахождение в цехе раскрытых нижних опок с отливками увеличивает газонасыщенность помещения.

Улучшенным вариантом этой установки является проект Гипроавтотракторопрома (фиг. 395) с одной электромеханической решеткой.

По этой схеме залитая форма сталкивается с литейного конвейера *1* толкателем *2* на рольганг *3* и переносится подъемником на решетку *4*. Сначала снимается верхняя опока, выбивается и передается на рольганг *5* для возврата конвейером *6* к месту формовки. Отливка из нижней опоки извлекается подъемником *7* и передается на охладительный конвейер *8*, введенный внутрь литейного конвейера. Нижняя опока выбивается аналогично верхней.

Большим достижением советских литейщиков следует считать разработанные ими автоматические установки для выбивки опок. Выбиваемые опоки без крестовин в нижней части имеют размер

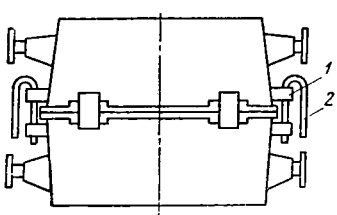
580 × 580 *мм*. Для устранения сдвига опок во время вибрации и толкания опоки снабжены двумя дополнительными расположенными по диагонали ушками *1* (фиг. 396), в которые вставляют изогнутые шпильки *2*.



Фиг. 395. Выбивка крупных форм по проекту Гипроавтотракторопрома.

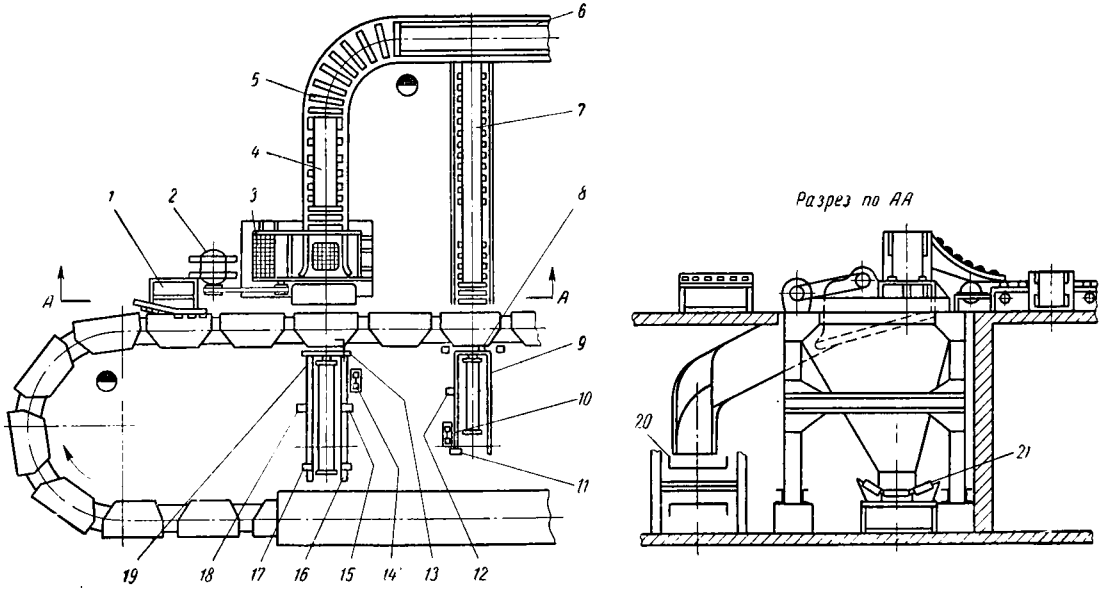
Одна из автоматических установок для выбивки опок приведена на фиг. 397.

Опока, пройдя через охладительную ветвь конвейера, подходит к роликовому выравнивателю *1*, который устанавливается параллельно оси конвейера. В момент подхода к оси направляющего стола выбивной решетки *3* опока нажимает на рычаг концевого выключателя *13*, в который включает напряжение на соленоид воздушного крана *14* толкателя *19*, делающего ход вперед и подающего опоку на стол выбивной решетки *3*. В конце хода толкателя вперед упор *17* нажимает на рычаг концевого выключателя *18*, снижающего напряжение с соленоида крана *14*, и толкатель возвращается в исходное положение.



Фиг. 396. Опоки с дополнительными ушками.

Одновременно двигающийся на второй штанге толкателя упор *16* нажимает на рычаг концевого выключателя *15*, включающего электромотор *2* выбивной решетки и реле времени. Выбивка длится 6—8 сек., после чего реле выключает мотор. Земля и отливки проваливаются через отверстие в столе и попадают на наклонную часть



Фиг. 397. Схема установки для автоматической выбивки опоки (ЗИЛ).

решетки, связанную боковыми стенками со столом в одну вибрирующую систему. Земля через решетку попадает на ленточный транспортер *21*, а отливки по желобу — на пластинчатый транспортер *20*.

Пустая опока остается на столе выбивной решетки до следующего толчка, который происходит через 13 сек., в момент подхода к толкателю *19* следующей опоки; при этом пустая опока сталкивается со стола на наклонный транспортер *4*, которым она поднимается на определенную высоту, и переходит на наклонный рольганг *15*, поворачивающий на 90° направление движения опоки; с наклонного рольганга опока попадает на ленточный транспортер *6* и с него к месту формовки.

Подопочный щиток после сталкивания опоки на стол выбивной решетки остается на тележке конвейера и движется с ней до второго толкателя *9*. Упор тележки нажимает на рычаг концевого выключателя *8*, дающего напряжение на соленоид воздушного крана *10*, толкателя *9*, который ходом вперед сбрасывает щиток на транспортер *7*. В конце хода толкателя *9* упор *11* нажимает на рычаг концевого выключателя *12*, снимающего напряжение с соленоида, и толкатель *9* возвращается в исходное положение до следующего включения через 13 сек., т. е. до подхода следующей тележки со щитком.

Ленточный транспортер *7* передает щиток на транспортер *6*, а оттуда щиток вместе с опоками — к месту формовки.

Во избежание столкновения щитков с опоками на транспортере *6* подбирается при помощи вариатора соответствующая скорость движения транспортера *7*.

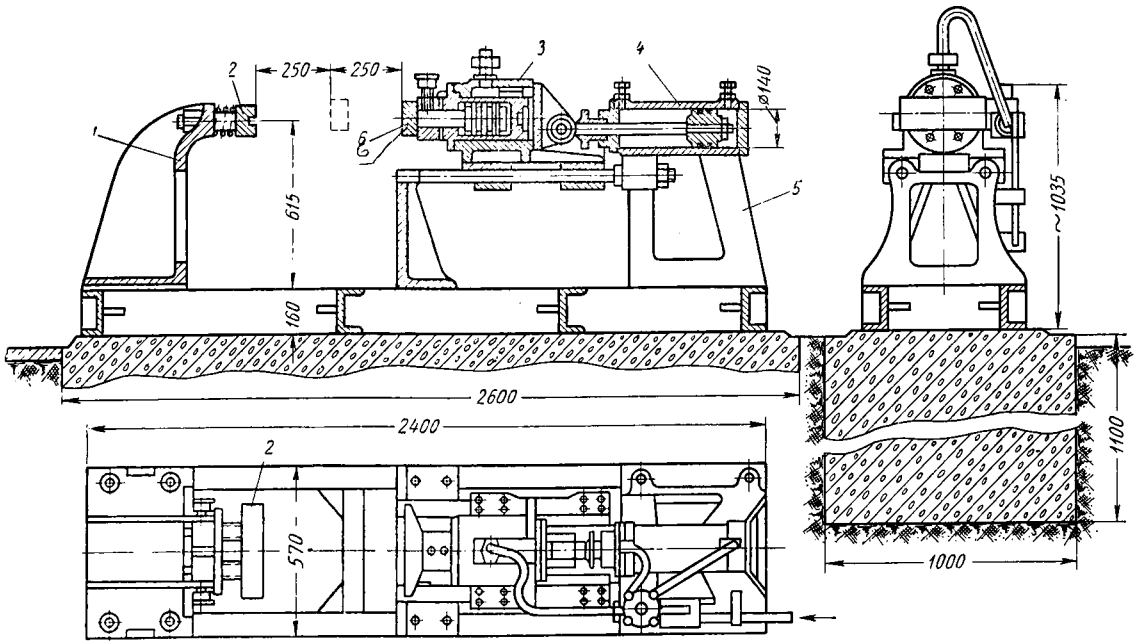
Для обслуживания всей установки требуется двое рабочих: один для сбивания с опок крепежных скоб и надевания изогнутых шпилек, что выполняется до подхода опоки к выравнивателю *1*, а другой — у рольганга *5* для снятия шпилек и наблюдения за сходом опок и щитков на транспортер *6*.

§ 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ВЫБИВКИ СТЕРЖНЕЙ

Механизация выбивки стержней осуществляется при помощи вибрационных машин, гидравлических и песко-гидравлических установок.

Вибрационная выбивная машина приведена на фиг. 398. Отливка, зажатая между двумя упорами, получает при работе вибратора удары, под действием которых стержни разрушаются и высыпаются из отливки.

При производстве крупных отливок, когда стержни готовят из песчано-глинистой стержневой массы, например, при отливке паровозных и компрессорных цилиндров и тому подобных отливок, удаление стержней вручную при помощи пневматических вибраторов является весьма трудоемким и неблагоприятным в смысле санитарно-гигиенических условий труда.

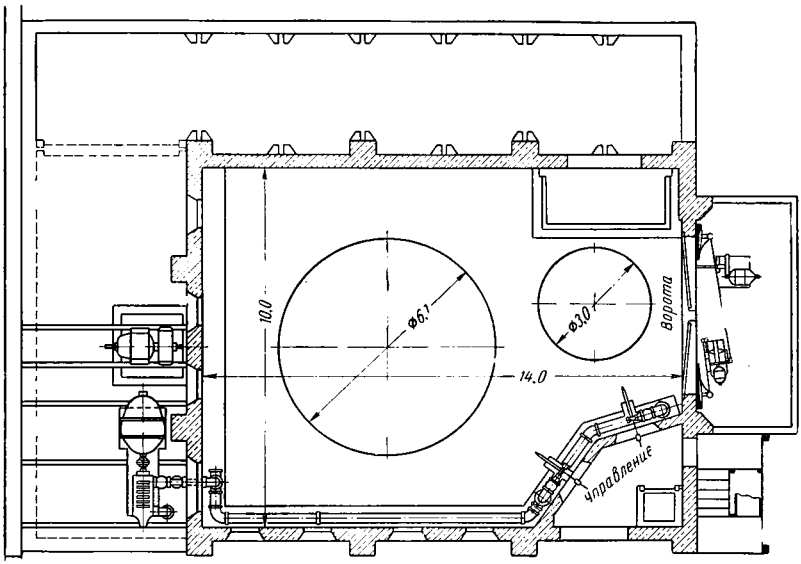


Фиг. 398. Вибрационная выбивная машина 411:

1 — задняя бабка; *2* — пружинный упор; *3* — вибратор; *4* — пневматический толкатель, *5* — передняя бабка; *6* — боек вибратора.

Наиболее удачным способом механизации подобных работ следует считать гидравлическую установку для выбивки стержней и пригоревшей земли.

Схема гидравлической установки для удаления стержней приведена на фиг. 399. Закрытая бетонная камера располагается посре-



Фиг. 399. Схема установки гидроочистки отливок.

дине литейного пролета так, чтобы отливки, предназначенные в очистке, можно было загружать в нее краном. Внутренние размеры камеры 105 × 14 *м* при высоте 6 *м*, толщина стенок ~ 300 *мм*; стенки камеры, лежащие в направлении струи воды, подаваемой под высоким давлением, защищены от размывающего действия воды стальными плитами.

Крыша камеры изготовлена из трех надвигающихся во время работы друг на друга стальных плит, которые приводятся в движение отдельными моторами, управляемыми одним контролером. Открывание и закрывание крыши занимают 40 сек. Со стороны литейного пролета камера имеет двойные ворота, на закрывание и открывание которых требуется 10 сек.

Внутри камеры помещены два поворотных круга — один диаметром 3 *м* с грузоподъемностью 100 *т* и другой диаметром 6 *м* с грузоподъемностью 300 *т*. Оба круга вращаются на шариковых опорах. Мощность моторов 25—35 *квт*.

Помещение для обслуживания расположено в одном из углов камеры так, что расстояние до поворотных кругов примерно одинаково. Установлены два аппарата с тремя соплами, расположенными на разной высоте; сопла могут быть установлены на любой высоте.

Вода под давлением ~ 30 *ат* со скоростью 3500 *л/мин* подается специальным насосом. Получающаяся при очистке грязь отстаивается в двух расположенных под полом приемниках, вмещающих около 300 000 *л*. Грязь из приемников непрерывно удаляется; земля отделяется от воды, доводится до 7% влажности и снова идет в переработку.

Гидравлическая очистка без пыли резко сокращает время очистки (от нескольких часов до десятков минут). Одновременно с удалением стержней происходит также и очистка отливок от пригоревшей земли, так что отливки, прошедшие гидравлическую очистку, дополнительной очистки не требуют.

За последнее время значительное распространение получили песко-гидравлические установки, отличающиеся от гидравлической установки тем, что в специальный брандспойт-гидромонитор подводится по одному шлангу вода под давлением 80 *ати*, а по другому шлангу — смесь воды с песком (стержневой песок).

Струя воды высокого давления засасывает песок из другого шланга и вода, смешанная с песком, направляется на отливку, осуществляя очистку ее поверхности и удаление стержней.

Удаление литников и прибылей осуществляется по-разному для каждого вида литья: литники для мелкого и среднего литья из серого и ковкого чугуна легко отбивают ударами молотка, и только в случае очень крупных отливок из серого чугуна приходится прибегать к механизированным способам удаления литников и прибылей.

Очистка литья в барабанах (фиг. 400) происходит за счет внутреннего трения отливок. Барабаны загружаются отливками на 60—75%; для увеличения работы трения в барабан одновременно с отливками загружаются звездочки из отбеленного чугуна в количестве 20—25% от веса литья.

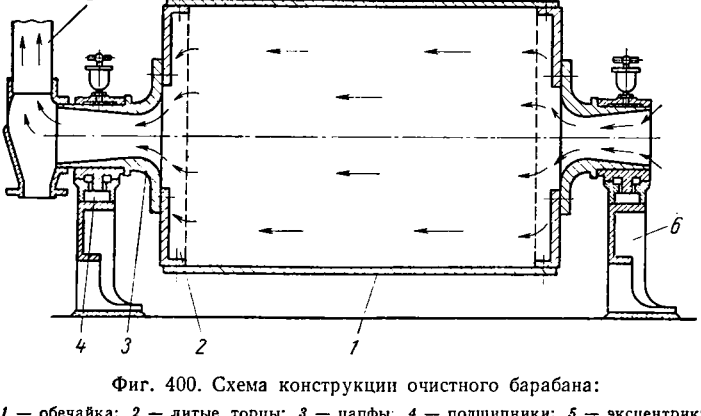
Для обеспечения надлежащего эффекта очистки в барабанах вопрос о выборе наивыгоднейшего числа оборотов является важным: при слишком большом числе оборотов возникающая центробежная сила возрастает до такой величины, что силы тяжести не в состоянии оторвать отливку при вращении от стенок барабана и процесс очистки литья не осуществляется. Практикой установлено, что для нормальной работы барабана необходимо, чтобы сила тяжести в 2 раза превосходила центробежную силу отливки на внутренней поверхности барабана.

Барабаны в зависимости от размера и конфигурации отливок выполняют или круглыми (преимущественно для мелких деталей), или прямоугольными (для более крупных отливок, типа автомобильных цилиндров и т. п.).

Принцип работы пневматического пескоструйного аппарата состоит в том, что струю кварцевого песка под давлением сжатого воздуха (2—3 *ати*) направляют на отливку, чем и достигается чистка последней от пригоревшей формовочной и стержневой земли.

Абразивное действие струи песка может быть осуществлено тремя способами:

1) за счет инжекции, создаваемой струей сжатого воздуха (фиг. 401), который, выходя из сопла, создает разрежание как в сме-



Фиг. 400. Схема конструкции очистного барабана:

1 — обечайка; *2* — литые торцы; *3* — цапфы; *4* — подшипники; *5* — эксцентрик; *6* — стойка.

сительной камере, так и в трубе, которая засасывает воздух и песок из камеры; песок и воздух смешиваются в камере и через сопло падают на отливку;

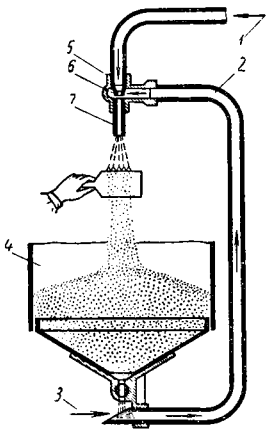
2) за счет объединенного действия инжекции и силы тяжести частиц песка (фиг. 402);

3) посредством нагнетательной установки, существенной особенностью которой является герметически закрытый бак для песка, находящийся под давлением сжатого воздуха (фиг. 403).

По мере израсходования песка в баке новые порции песка поступают в него сверху через воронку *1* и клапан, открывающийся под действием веса песка.

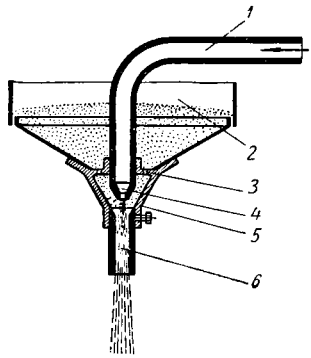
По трубе подводится сжатый воздух, нагнетающий песок через отверстие в смесительную камеру, откуда он поступает в рабочее сопло.

Применение песка для очистки отливок вызывает профессиональное заболевание у рабочих (силикоз), и потому пескоструйные аппараты для новых литейных не могут быть рекомендованы. Их необходимо заменять дробеструйными аппаратами, создающими гораздо



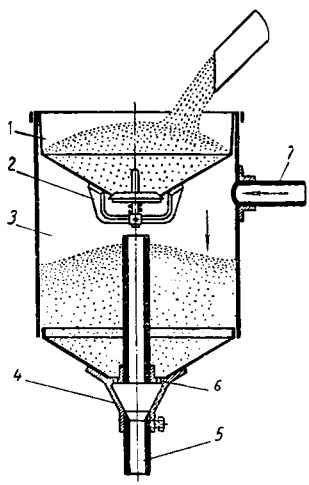
Фиг. 401. Принципиальная схема пескоструйного аппарата всасывающей системы:

1 — трубка для подвода сжатого воздуха; *2* — трубка для транспортирования песка; *3* — трубка для подсоса атмосферного воздуха: *4* — бак с песком; *5* — смесительная камера; *6* — воздушное сопло; *7* — рабочее сопло.



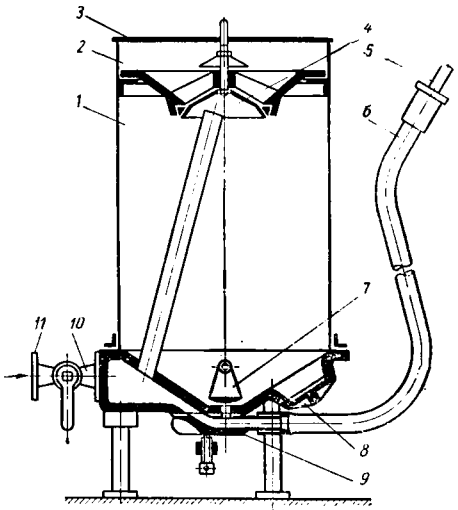
Фиг. 402. Принципиальная схема пескоструйного аппарата гравитационной системы:

1 — трубка для сжатого воздуха; *2* — открытый бак с песком; *3* — отверстие для песка; *4* — воздушное сопло; *5* — смесительная камера; *6* — рабочее сопло.



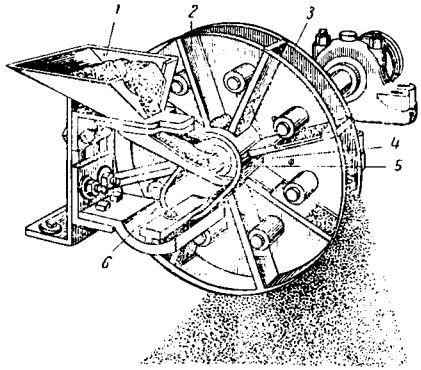
Фиг. 403. Принципиальная схема аппарата нагнетательной системы:

1 — воронка для песка; *2* — клапан; *3* — бак; *4* — смесительная камера; *5* — рабочее сопло; *6* — отверстие для песка; *7* — труба для подвода сжатого воздуха.



Фиг. 404. Однокамерный аппарат нагнетательной системы с ручным переключением:

1 — бак; *2* — воронка для абразивного материала; *3* — сито; *4* — клапан; *5* — рабочее сопло; *6* — резиновый шлак; *7* — кран для регулирования подачи абразивного материала; *8* — люк для прочистки; *9* — смесительная камера; *10* — трехходовой кран; *11* — трубка для подвода воздуха.

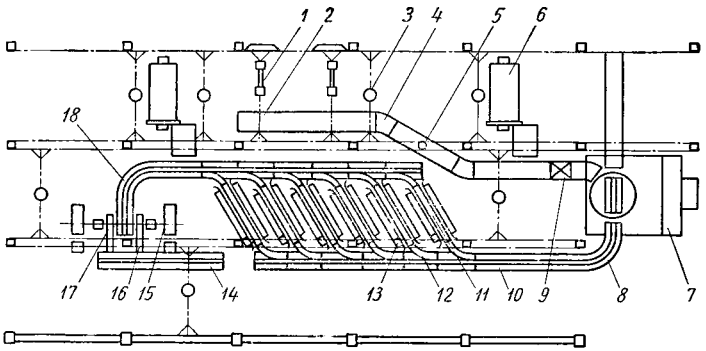


Фиг. 405. Принцип действия лопаточного дробеметного колеса:

1 — воронка с дробью; *2* — лопатки рабочего колеса; *3* — диск колеса; *4* — отверстие для выхода дроби; *5* — лопатка распределительного колеса; *6* — коробка распределительного колеса.

более благоприятные условия труда и работающими по тем же схемам (фиг. 401—403). Вместо песка в качестве абразивного материала применяют чугунную дробь, направляемую под давлением 5—6 *ати* на поверхность отливки.

Конструктивное оформление рабочих схем (фиг. 401—403) для песко- и дробеструйной очистки литья осуществляется в виде ста-



Фиг. 406. Схема поточной линии обрубки и зачистки отливок блока цилиндров:

1 — подвесные наждаки; *2* — рольганг подачи в камеру; *3* — кранбалка с подъемником; *4* — секция рольганга радиальная; *5* — подъемник для выемки арматуры; *6* — барабан для зачистки литья; *7* — пескоструйная камера; *8* — рольганг выдачи из пескоструйной камеры; *9* — поворотный стол; *10* — секция рольганга прямая; *11* — секция рольганга для обрубки; *12* — секция рольганга со стрелкой; *13* — подмостки с тумбочками; *14* — рольганг для выдачи годного литья; *15* — гидропресс; *16* — ротационный подъемник; *17* — рольганг передаточный; *18* — рольганг подачи на пресс.

ционарных камер и камер непрерывного действия, вращающихся барабанов и проходных столов. Устройство однокамерного аппарата нагнетательной системы с ручным переключением показано на фиг. 404.

С большим успехом применяют за последние годы очистку литья дробью, направляемой на детали, подлежащие очистке, под действием центробежной силы, аналогичной действию пескомета. Дробеметное колесо показано на фиг. 405. Дробь из воронки под действием центробежной силы, возникающей при быстром вращении колеса, попадает сначала на лопатки распределительного колеса, через отверстия, просверленные в них, вылетает наружу и, подхватываемая лопатками рабочего колеса (скользя по ним под действием центробежной силы от центра к периферии), выбрасывается на отливку.

Дробеметная очистка отливок используется в ленточных барабанах, на вращающихся столах и камерах непрерывного действия.

На фиг. 406 приведена схема поточной линии обрубки и очистки блока цилиндров.

ГЛАВА VII

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ

§ 1. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА, ХАРАКТЕРА И УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА

Основной задачей при проектировании технологического процесса формовки является выбор наиболее рационального способа формовки, обеспечивающего высокие технико-экономические показатели производства литых деталей. При этом необходимо максимально снижать брак и припуски на механическую обработку; облегчать труд формовщиков; упрощать технологический процесс формовки; максимально использовать существующее производственное и вспомогательное оборудование; учитывать свойства основных и вспомогательных материалов; увеличивать съем годного с квадратного метра производственной площади.

Основные способы формовки и область их применения

Способы формовки	Область применения
Ручная формовка	Индивидуальное и мелкосерийное производство отливок из любого сплава, любого габарита, веса и любой конфигурации
Машинная формовка	Массовое и серийное производства различных по весу и габариту отливок из любых сплавов
Пескометная формовка	Любой характер производства средних и крупных по габариту и весу отливок

Разработка технологического процесса формовки состоит в составлении технологической карты формовки и чертежа или схемы литейной формы. Для этого необходимо: установить положение детали в форме при формовке и заливке; установить поверхность разъема формы, число, границы и крепление стержней в форме и конструкцию фиксаторов и знаков стержней; разработать вентиляционную систему формы и стержней, конструкцию и рассчитать литниковую систему; установить место подвода металла [1], выбрать тип формовки и установить расположение моделей на плите.

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ФОРМЕ ПРИ ФОРМОВКЕ И ЗАЛИВКЕ. ПОВЕРХНОСТЬ РАЗЪЕМА ФОРМЫ

Выбор правильного положения детали при заливке имеет большое значение, так как оказывает решающее влияние на качество отливки и по существу предопределяет разъем формы и весь технологический процесс формовки.

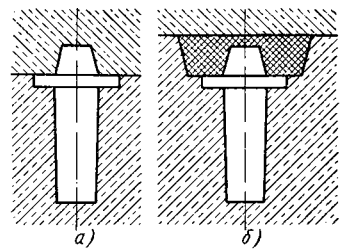
[1] Конструкции и методы расчета литниковых систем см. главу «Литниковая система».

Для деталей, отливаемых из сплавов, склонных к образованию значительных усадочных раковин, например, из стали, ковкого чугуна и др., выбор правильного положения детали при заливке имеет особенно большое значение.

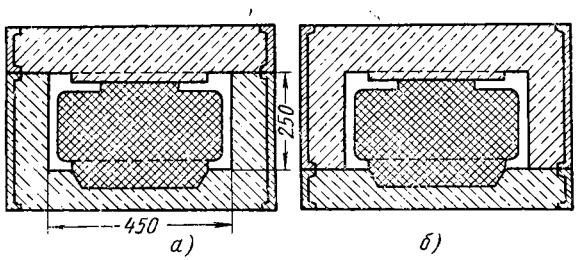
Обычно при разработке технологического процесса формовки можно наметить несколько вариантов. При определении положения детали при формовке и заливке следует придерживаться следующих правил.

Расположение отливки в опоке

Необходимо располагать всю отливку в нижней опоке, что позволяет исключать влияние сдвига форм на отливку. Это правило следует иметь в виду при безопочной формовке деталей, требующих высокой точности. Например, при отливке направляющей клапана мотора (ХТЗ) недопустимо смещение конической части относительно цилиндрической (фиг. 407). В том случае, когда расположить всю отливку в нижней опоке не удается или в этом нет надобности, следует помещать в нижней опоке более высокую



Фиг. 407. Схема формовки направляющего клапана:
а — неправильно; *б* — правильно.



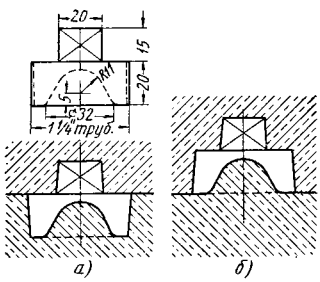
Фиг. 408. Выбор линии разъема:
а — неправильно; *б* — правильно.

часть детали. Расположение высокой части отливки в нижней опоке делает верхнюю полуформу более легкой. Стремиться к такому расположению отливки в нижней опоке следует только в том случае, когда опоки спаривают вручную.

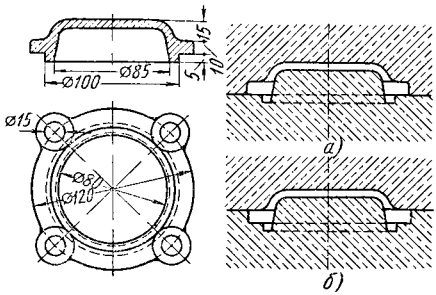
Однако для улучшения качества сборки сложных форм иногда целесообразно размещать всю отливку или наиболее высокую ее часть в верхней опоке. При разъеме по схеме *б* (фиг. 408) проста-

новка стержня и продувка формы более удобны, чем при разъеме по схеме *а*.

Необходимо помещать в одной опоке те части отливки, которые служат базой при механической обработке детали и которые подлежат механической обработке. Это правило следует иметь в виду в тех случаях, когда всю деталь не удается расположить в одной опоке.

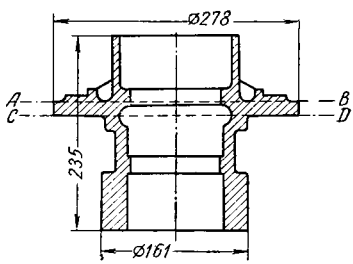


Фиг. 409. Схема формовки пробки:
а — неправильно; *б* — правильно.



Фиг. 410. Схема формовки крышки подшипника:
а — неправильно; *б* — правильно.

При формовке пробки (фиг. 409) по схеме *б* база (квадратная головка) для нарезки резьбы и цилиндрическая часть пробки расположены в одной опоке; при формовке по схеме *а* возможно смещение базы относительно цилиндра.



Фиг. 411. Выбор линии разъема для ступицы:
AB — правильный разъем; *CD* — неправильный разъем.

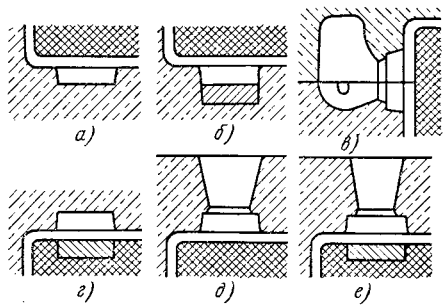
Формовка по схеме *б* крышки подшипника (фиг. 410) более удачна, чем по схеме *а*, так как базой для обработки цилиндрической поверхности (диаметром 100 *мм*) и торца фланца является цилиндрическая поверхность фланца диаметром 120 *мм*.

В тех случаях, когда все обрабатываемые поверхности не удается расположить в одной опоке вместе с базой, следует выбрать тот вариант расположения отливки в форме, при котором в одной опоке вместе с базой будет находиться наибольшее число обрабатываемых поверхностей.

Для ступицы (фиг. 411) более удобно сделать разъем, по *CD*, так как цилиндрическая поверхность фланца диаметром 278 *мм* является базой для обточки цилиндрической поверхности ступицы

(диаметром 161 *мм*), которая, в свою очередь, является основной базой для обработки всей детали.

Верхняя часть отливки обычно поражается шлаковыми и газовыми, усадочными раковинами, поэтому для получения чистой и плотной поверхности отливки после механической обработки обрабатываемые поверхности следует располагать «вниз».



Фиг. 412. Варианты расположения отливки в форме.

Взаимное расположение тонких и толстых частей отливки относительно разъема формы существенно влияет на плотность затвердевающего металла. Правильное решение этого вопроса связано в местом подвода металла и конструкцией литниковой системы. Наиболее простое решение для отливок из серого чугуна — расположение толстого места «вниз» (фиг. 412). В прочих случаях возможны решения по схемам фиг. 412, *а — е*.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА СТЕРЖНЕЙ И ИХ ГРАНИЦ

При выполнении сложных отливок определение числа стержней и крепление их в форме являются ответственной задачей.

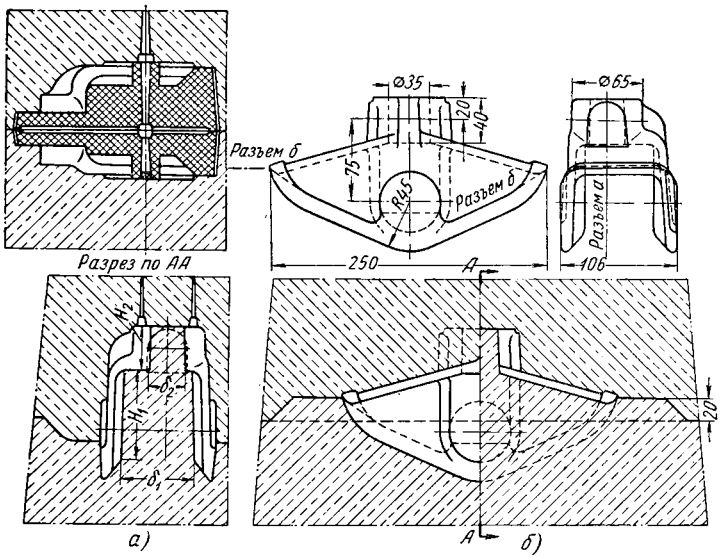
Замена стержней сырыми болванами представляет существенные преимущества, так как отпадают операции изготовления, сушки, транспортировки стержней; увеличивается точность геометрических форм литья и уменьшается брак, связанный с деформацией стержней из-за их перекоса при сборке и т. д.; увеличивается производительность при сборке форм (на 60—70%); снижается себестоимость литья (на 12—15%).

На фиг. 413 показаны схемы формовки буксирной головки со стержнем (фиг. 413, *а*) и с сырым болваном (фиг. 413, *б*).

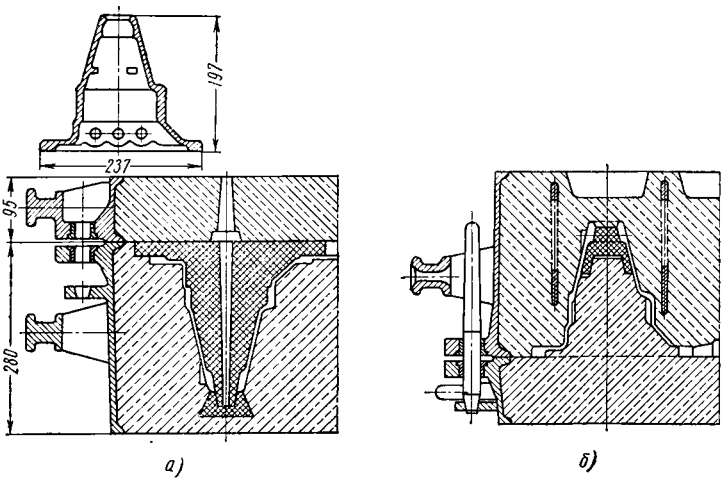
При замене стержня сырыми болванами следует располагать его при $\frac{\delta}{H} \geqslant 0{,}85$ (фиг. 413, *а*) в нижней опоке и при $\frac{\delta}{H} \geqslant 3$ — в верхней.

В тех случаях, когда $\frac{\delta}{H} < 0{,}85$, целесообразно тонкую часть сырого болвана при формовке крышки коробки скоростей заменить сухим стержнем (фиг. 414). Иногда вместо болвана применяют сырой стержень (см. фиг. 415, формовка картера коробки скоростей).

Для точного изготовления поверхности стержня, намечая границы стержневых кусков, следует найти такой разъем ящика, при котором



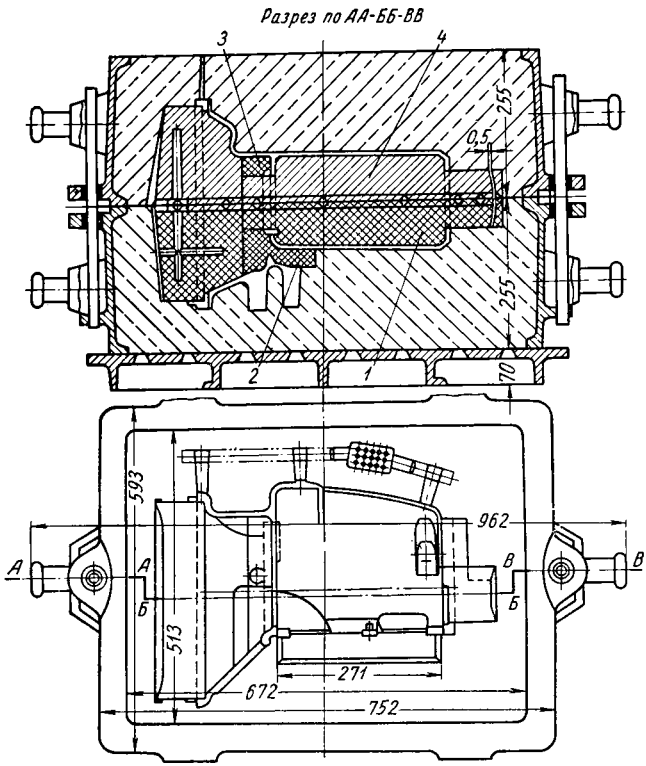
Фиг. 413. Схема формовки буксирной головки:
а — неправильно; *б* — правильно.



Фиг. 414. Схемы формовки крышки коробки скоростей:
а — неправильно; *б* — правильно.

стержневой ящик был бы с наименьшим числом отъемных частей и вкладышей и возможно большей поверхностью для набивки.

Для точной сборки формы необходимо применять наименьшее число стержней, так как большое число стержней существенно ослож-



Фиг. 415. Схема формовки картера коробки скоростей с верхним сырым стержнем:

1 и *2* — сухие стержни; *3* — стержень-вставка; *4* — сырой стержень.

няет работу формовщика, особенно для тонкостенных отливок со сложной конфигурацией.

Для облегчения работы сборщика и повышения точности простановки сложных стержней, предварительно часть стержней собирают в узлы вне конвейера. Для сборки часто применяют вспомогательный стержень, который служит знаком для всего узла, или применяют специальные устройства — кондукторы.

§ 4. КОНСТРУКЦИЯ ФИКСАТОРОВ И ЗНАКОВ СТЕРЖНЕЙ

Правильность геометрии отливки во многом зависит от конструкции и точности изготовления элементов крепления стержней в форме фиксаторов и знаков стержней.

Способы крепления стержней в форме на знаках показаны на фиг. 288 (глава III «Изготовление стержней»).

Разметка знаков устанавливается соответственно технологии формовки и характеру литья.

Короткий горизонтальный знак применяют для стержней с нижним опорным знаком; средние и длинные знаки следует выбирать по допускаемому напряжению смятия от веса стержня и давления металла.

Размеры вертикальных знаков (высота H) выбираются в зависимости от наибольшего размера знака в поперечном сечении A, высоты и устойчивости стержня. Стержень считается устойчивым, если отношение высоты стержня H_c к наибольшему размеру поперечного сечения нижнего знака A меньше или равно единице $\left(\frac{H_c}{A} \leqslant 1\right)$.

Стержень считается неустойчивым, если $\frac{H_c}{A} > 1$.

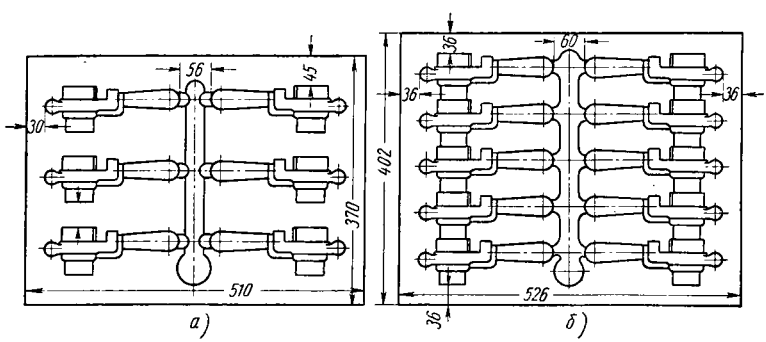
Размеры и уклоны горизонтальных знаковых частей см. главу III «Изготовление стержней».

Для установки стержней в форме необходимо предусматривать зазоры, величина которых определяется требуемой точностью отливки и технологией формовки.

§ 5. ВЫБОР ТИПА ФОРМОВКИ И РАСПОЛОЖЕНИЯ МОДЕЛЕЙ НА ПЛИТЕ

Условия применения основных способов формовки и типов машинной формовки изложены выше.

При массовом и серийном производстве, а также при машинной формовке мелких деталей при мелкосерийном производстве модели



Фиг. 416. Схема расположения деталей в форме:
а — неправильно; *б* — правильно.

на плите следует располагать так, чтобы максимально использовать площадь опок.

При ручной формовке увеличение числа деталей в опоке нерентабельно, так как в связи с этим увеличивается время на удаление моделей и отделку формы. При машинной формовке уплотнение модельной плиты бесстержневыми деталями совершенно не отражается на норме времени и расценке на одну опоку.

Выбор оптимального расположения моделей на плите является существенным средством снижения себестоимости литья.

На фиг. 416 дана схема расположения ручек (по схеме *а*) с индивидуальным для каждой ручки стержнем. Если увеличить площадь опоки в свету на 11,2% и применить для пяти деталей общий стержень, то на плите можно расположить вместо шести десять деталей.

§ 6. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ

Технологические указания на чертеже детали. Составление чертежа отливки

Первым этапом в разработке технологического процесса формовки является нанесение технологических указаний на чертеже детали и составление чертежа отливки. При мелкосерийном и индивидуальном производстве по чертежу детали с технологическими указаниями изготовляют модель и стержневые ящики, которые принимаются ОТК. При серийном и массовом производстве по чертежу детали с технологическими указаниями и чертежу отливки разрабатывают рабочие чертежи модели, ящиков, плит и т. д. для модельного цеха.

При нанесении технологических указаний на чертеже детали и составлении чертежа отливки следует пользоваться принятыми условными обозначениями (фиг. 417).

Содержание технологических указаний изложено ниже.

Разъемы модели и формы. Положение отливки при заливке

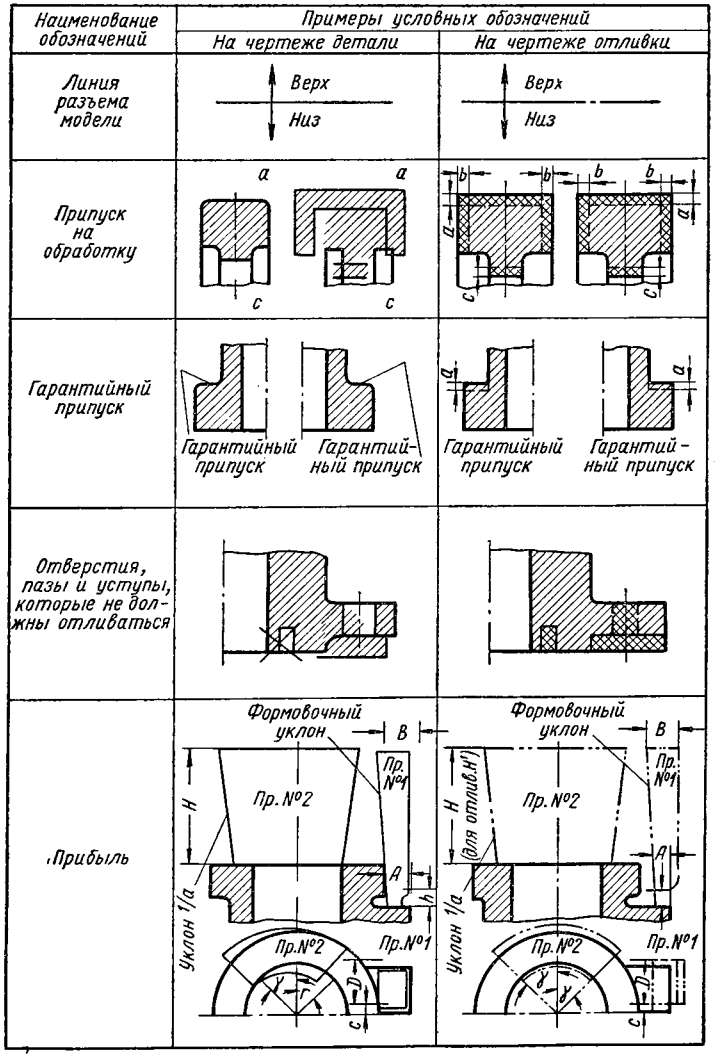
Правила выбора положения отливки в форме и разъема модели и формы даны в § 2 этой главы. Указания на чертежах — см. фиг. 417 и 418.

Отъемные части на чертеже обозначаются подписью «ОЧМ №».

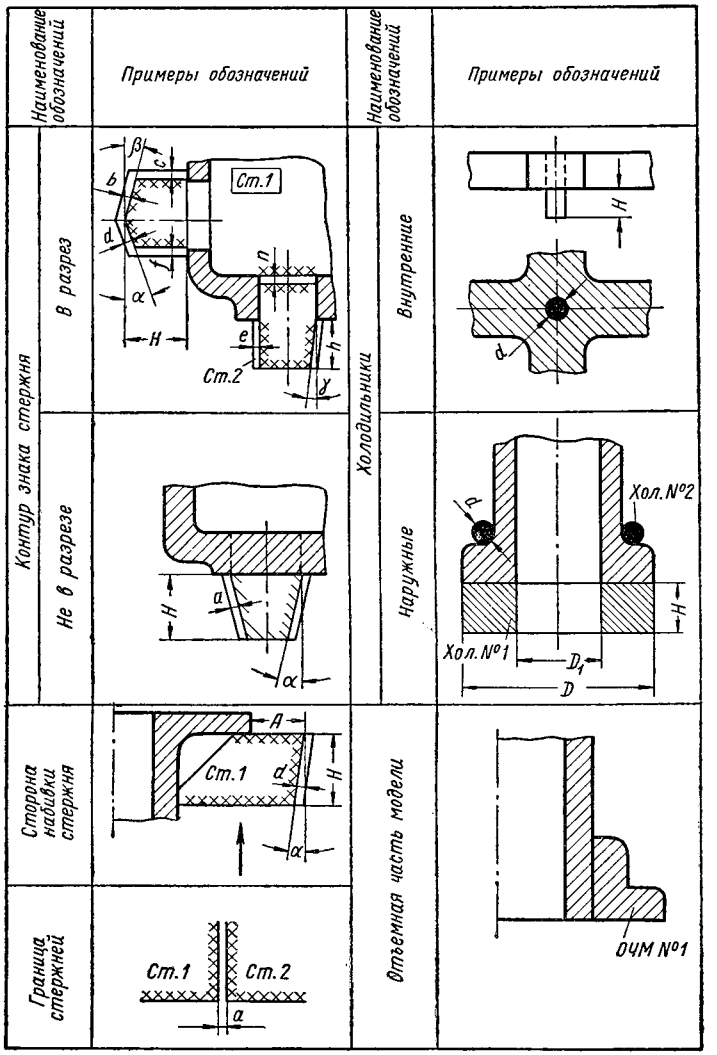
Припуски на механическую обработку наносятся на обозначенных местах согласно фиг. 417 и 418. Величина на обработку, а также предельные отклонения на размеры чугунных и стальных отливок, а также отливок из цветных сплавов устанавливаются соответствующими ГОСТами.

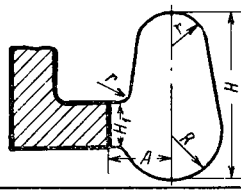
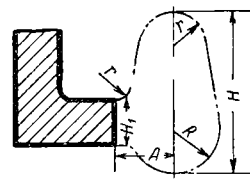
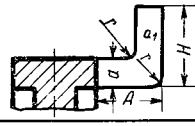
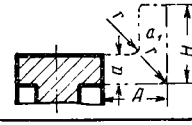
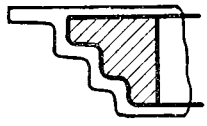
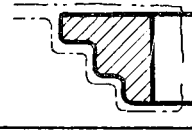
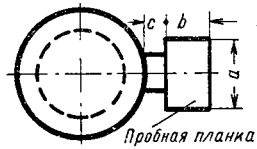
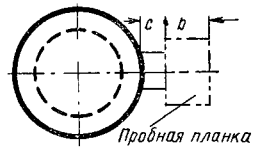
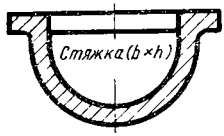
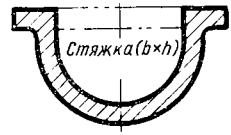
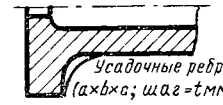
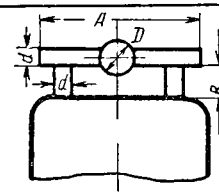
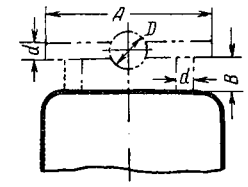
Отверстия в отливке могут не выполняться в литье, если их диаметр меньше: при массовом производстве 20 *мм*, при серийном производстве 30 *мм*, при индивидуальном производстве 50 *мм*.

Литниковую систему, выпоры и прибыли наносят на чертеж, как указано на фиг. 417, с обозначением всех элементов. Сечения

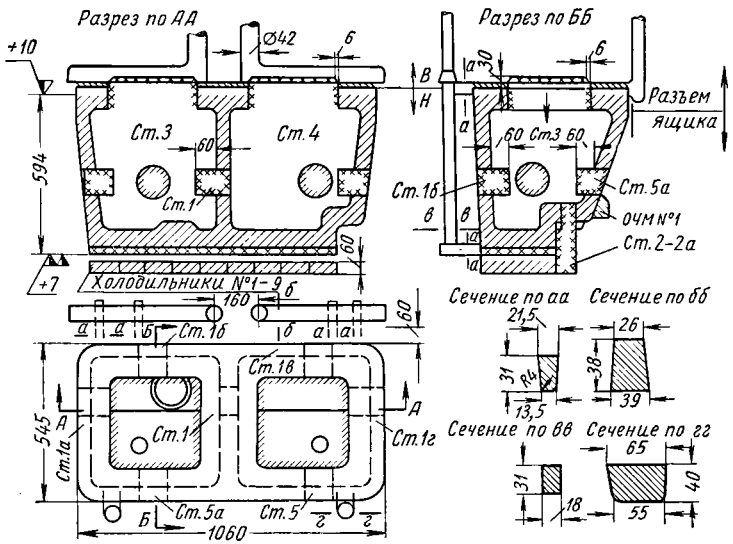


Фиг. 417. Условные обозначения технологических указаний на чертежах литой детали и отливки. (фиг. 417—428 взяты из книги С. В. Руссияна).

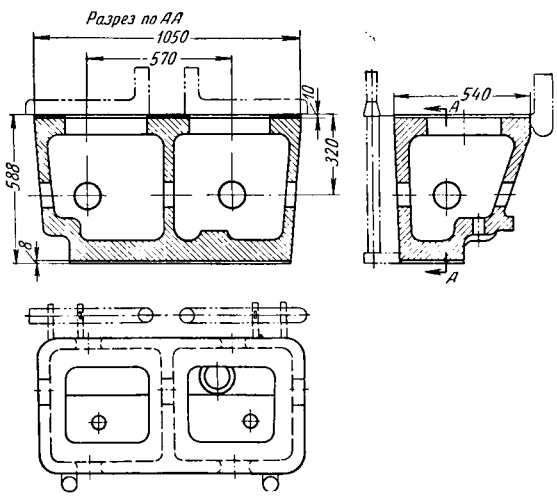


Наименование обозначений	Примеры условных обозначений	
	На чертеже детали	На чертеже отливки
Отводная прибыль		
Выпор		
Контрольный шаблон		
Пробная планка		
Расположение и размер стяжки		
Усадочные ребра		
Литниковая система		

Фиг. 418. Примеры условных обозначений.

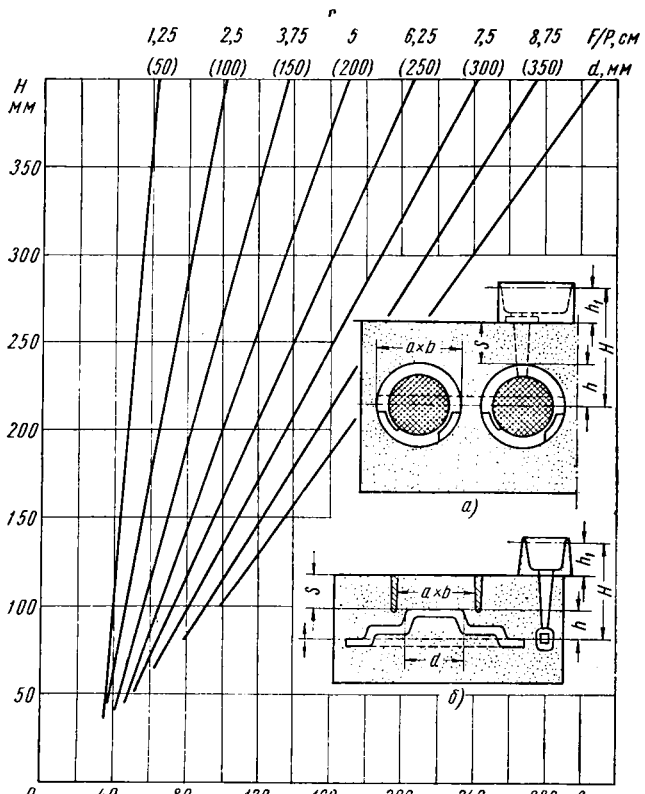


Фиг. 419. Эскиз отливки фундаментной рамы.



Фиг. 420. Чертеж отливки рамы.

питателей, шлакоуловителей, сборников, соединительных каналов, основных и вспомогательных стояков следует выносить на свободное поле чертежа с указанием их размеров.



Фиг. 421. Номограмма для определения нормального расстояния S в *мм* между отливкой и верхней кромкой опоки при формовке всырую:

$\frac{E}{P}$ — отношение площади F в *см*^{2} к периметру P в *см* отдельных выступающих участков или всей отливки; d — диаметр окружности в *мм*, соответствующий определенным значениям отношения $\frac{E}{P}$; H — высота напора металла в *мм*.

На фиг. 419 представлен чертеж детали с нанесенными на нем технологическими указаниями, на фиг. 420 — чертеж отливки.

Ниже представлена технологическая карта формовки.

На базе технологических оснований на чертеже детали разрабатывается технология формовки.

Утверждаю: *Гл. инженер завода* . . . . .

Марка завода	**Технологическая карта формовки**	№ / дата

1. Общие данные

Наименование отливки	к изделию	Заказчик

№ заказа	№ чертежа	№ модели	Чистый вес в *кг*	Вес прибылей литников в *кг*	Вес жидкого металла в *кг*	Годовой заказ в шт.

Эскиз отливки

2. Способ формовки

Ручная формовка	по-сырому	в почве	Дополнения (тип формовки):
	по-сухому	в опоках	
Машинная формовка	тип	№	

3. Модельный комплект

Наименование	Материал	Количество	Примечание	Наименование	Материал	Количество
Модель				Прибыли		
Шаблоны				Холодильники		
Стержневые ящики				Контрольные шаблоны		
Верхняя модельная плита				Подмодельные доски (дополнения)		
Нижняя модельная плита						

4. Приспособление

Опоки

Наименование	Размеры в свету в *мм*			Количество	№ чертежа	Объем уплотненной земли
	Длина	Ширина	Высота			
Верхняя						
Промежуточная						
Нижняя						

Прочие приспособления

Наименование	Размеры	Материал	Количество	№ чертежа	Примечание
Крючки					
Подкладки для стержней					
Мерительные рейки					

Продолжение

6. Сборка формы

Назначение смеси	Толщина слоя	№ смеси
Облицовочная для верха		
Облицовочная для низа		
Наполнительная		

№ шаблонов			
№ стержней по шаблону			
Количество стержней в комплекте	Порядок сборки: до сушки	после сушки	после 2-й сушки

Окраска формы

№ краски: до сушки	после сушки

5. Сушка формы

Части формы	№ режима	Длительность сушки	Способ сушки
Верх			
Низ			

7. Прошпиловка формы и стержней

№ стержней			
Зоны стержней			
Частота шпиловки			
Размеры шпилек			
Зоны формы			
Частота			
Размеры шпилек			

8. Литниковая система

Элементы	Питатели	Шлакоуловители	Стояки
Общее количество			
Суммарное сечение			
№ нормали			

9. Наращалки

Выпоры	Прибыли	Чаши
Количество		
Размеры кожухов		
№ нормали завода		

10. Крепление и загрузка формы

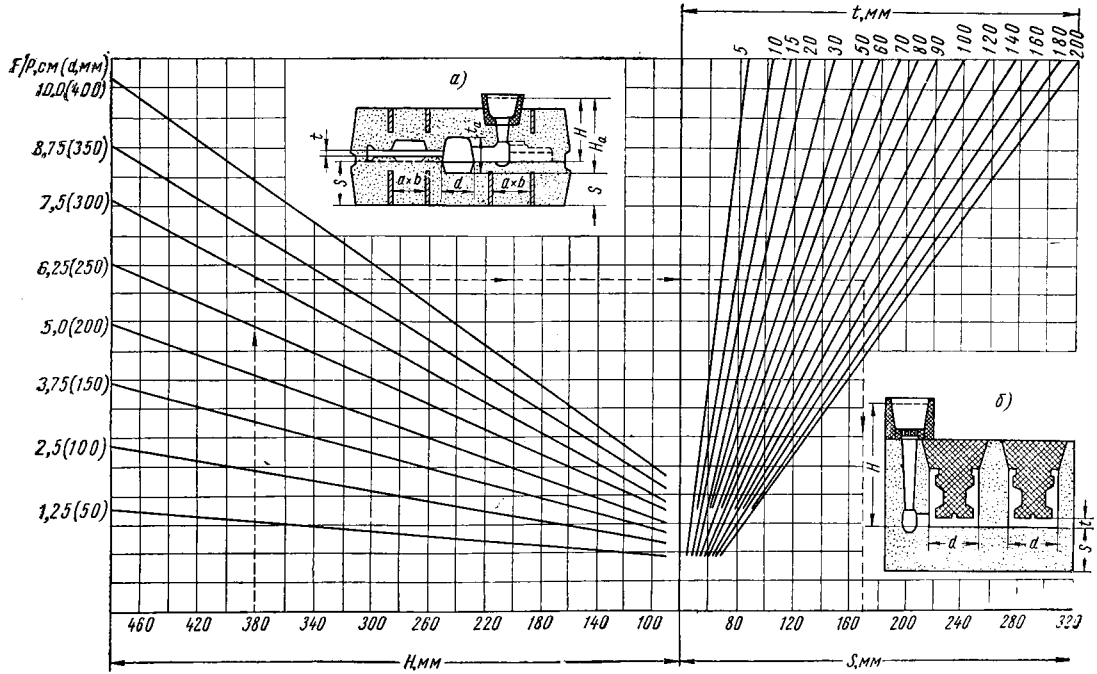
Наименование	Количество	№ или размер	Уход за формой	Дополнения	Примечание
Хомуты					
Болты					
Скобы					
Грузы					

11. Расчетные нормы времени

Наименование операций	Формовочное отделение: Набивка	Отделка	Сборка	Итого	Примечание
Нормы времени в час.					
Разряд					

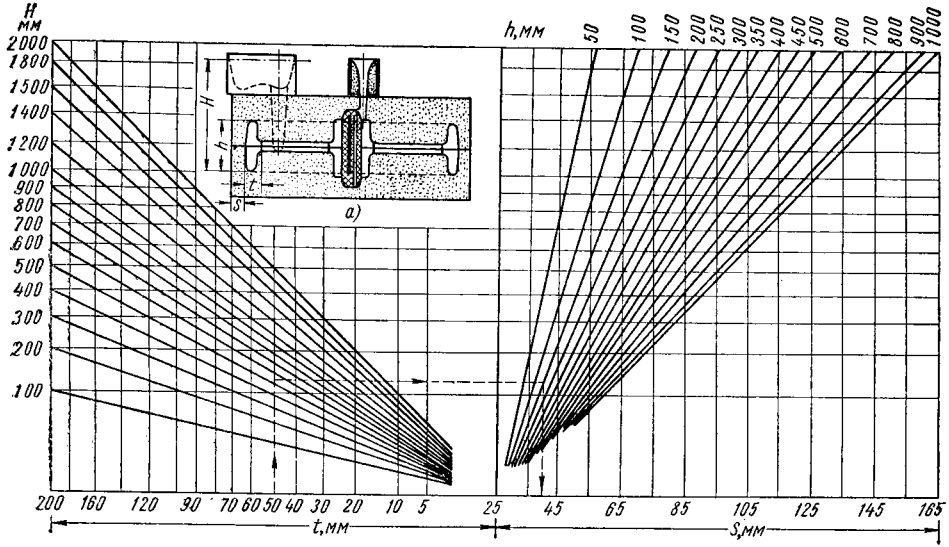
Замечания

Составил . . . Проверил . . . *Нач. отдела* . . . . *Гл. металлург* . . .



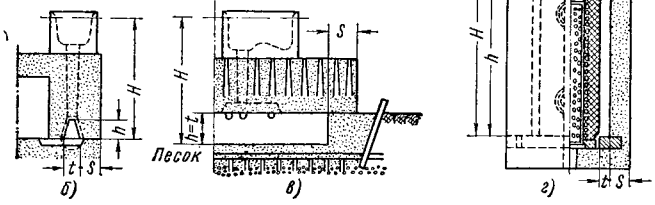
Фиг. 422. Номограмма для определения нормального расстояния S в *мм* между отливкой и нижней кромкой опоки при формовке всырую:

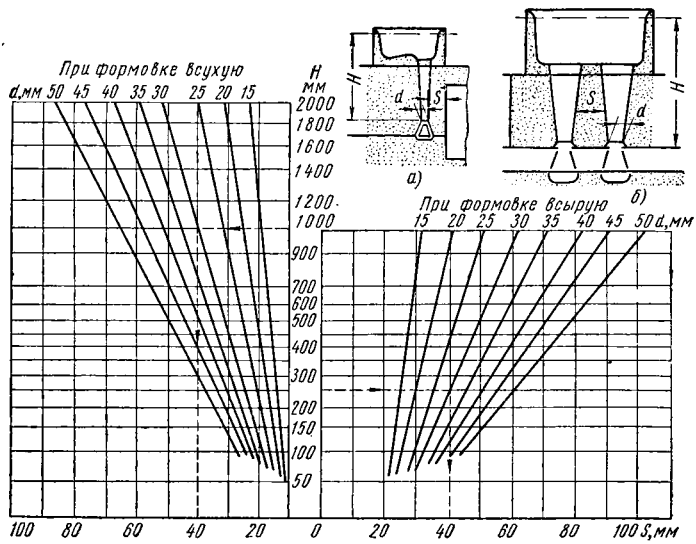
t — средняя толщина отливки в *мм*; $t_д$ — толщина выступающей части отливки в *мм*; $\frac{F}{P}$ — отношение площади F в *см*² к периметру P в *см* отдельных выступающих участков или всей отливки; d — диаметр окружности в *мм*, соответствующий определенным значениям отношения $\frac{E}{P}$; H — высота напора металла в *мм*.



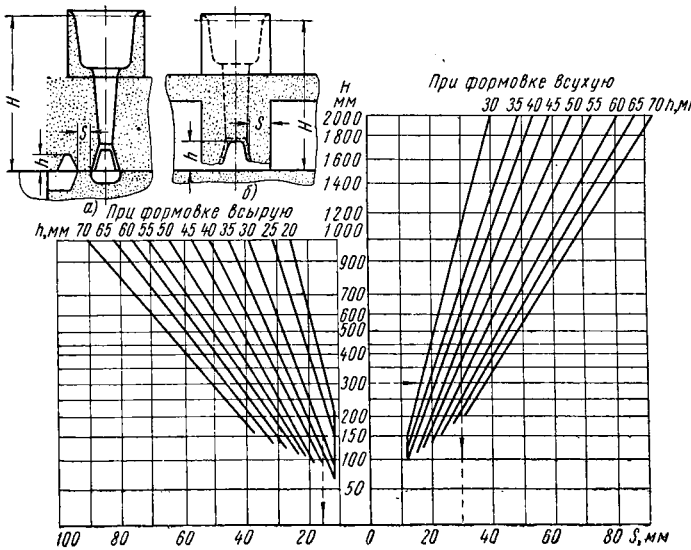
Фиг. 423. Номограмма для определения нормального расстояния S в *мм* между отливкой и боковыми стенками опоки при формовке всырую и всухую:

t — толщина стенки отливки или элемент литниковой системы в *мм*, близко расположенной к боковой стенке опоки; H — высота от нижней точки отливки до уровня металла в литниковой чаше в *мм*; h — высота части отливки или элемента литниковой системы в *мм*, близко расположенных в стенке опоки.

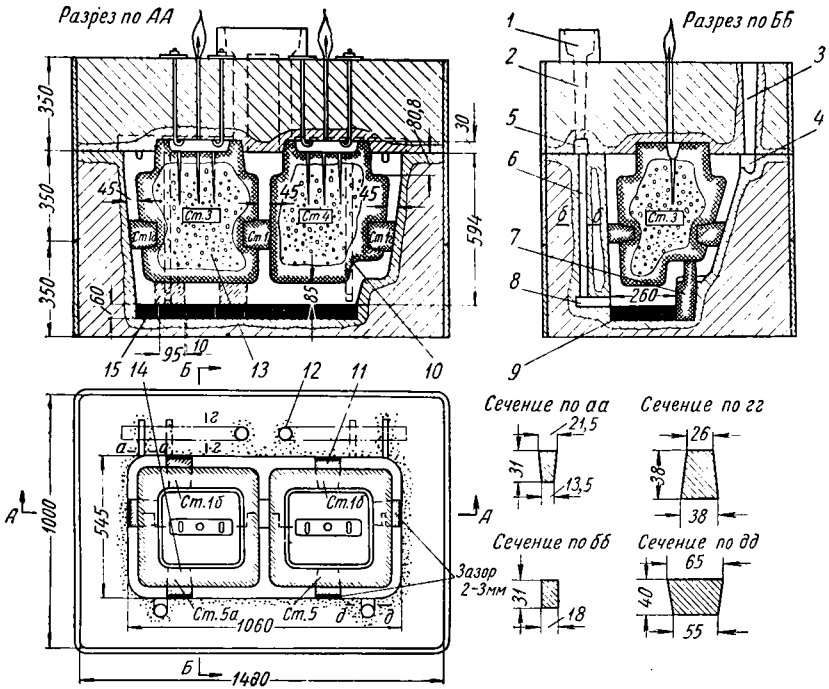




Фиг. 424. Номограмма для определения нормального расстояния S в *мм* между: *а* — стояком и отливкой; *б* — двумя и более стояками; d — нижний диаметр стояка в *мм*; H — расстояние между нижней точкой стояка и уровнем металла в литниковой чаше в *мм*.



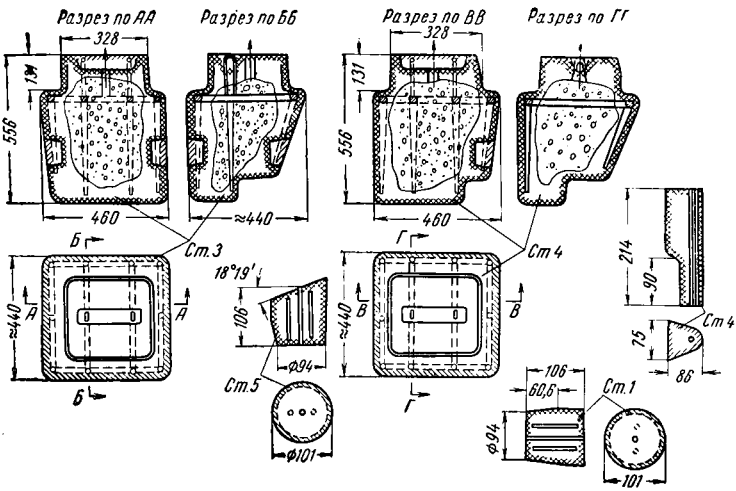
Фиг. 425. Номограмма для определения нормального расстояния S в *мм* между: *а* — двумя шлакоуловителями; *б* — отливкой и шлакоуловителем; h — высота шлакоуловителя в *мм*; H — расстояние от нижней плоскости шлакоуловителя до уровня металла в литниковой чаше в *мм*.



Фиг. 426. Технологический эскиз собранной формы фундаментной рамы:

1 — литниковая чаша; *2* — стояк диаметром 42 *мм*; *3* — выпоры; *4* — питатели выпоров; *5* — шлакоуловители; *6* — литниковые каналы; *7* — стержни № 2; *8* — питатели; *9* — холодильники; *10* — стержень № 4; *11* — стержни № 1, 1а, 1б, 1в, 1г; *12* — зумпф стояка; *13* — стержень № 3; *14* — стержень № 5, 5а; *15* — съемные подкладки.

Подбор соответствующих габаритов опок для формовки тех или других деталей, а также расположение моделей на плите следует проводить по номограммам на фиг. 421—425.



Фиг. 427. Стержни для отливки фундаментной рамы.

Зоны прошпиливания стержней и формы приведены в табл. 73.

Разработка технологической карты завершается составлением чертежа собранной формы и стержней, по которым осуществляется окончательная сборка формы.

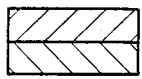
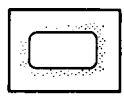
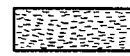
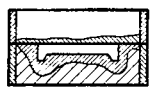
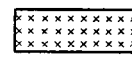
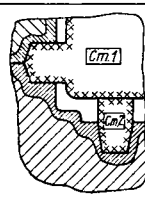
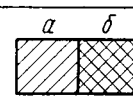
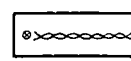
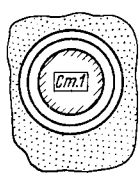
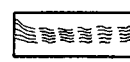
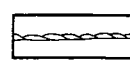
На фиг. 426 и 427 приведены чертежи собранной формы и эскизы стержней.

При составлении чертежей формы в сборке рекомендуют пользоваться условными обозначениями, приведенными на фиг. 428.

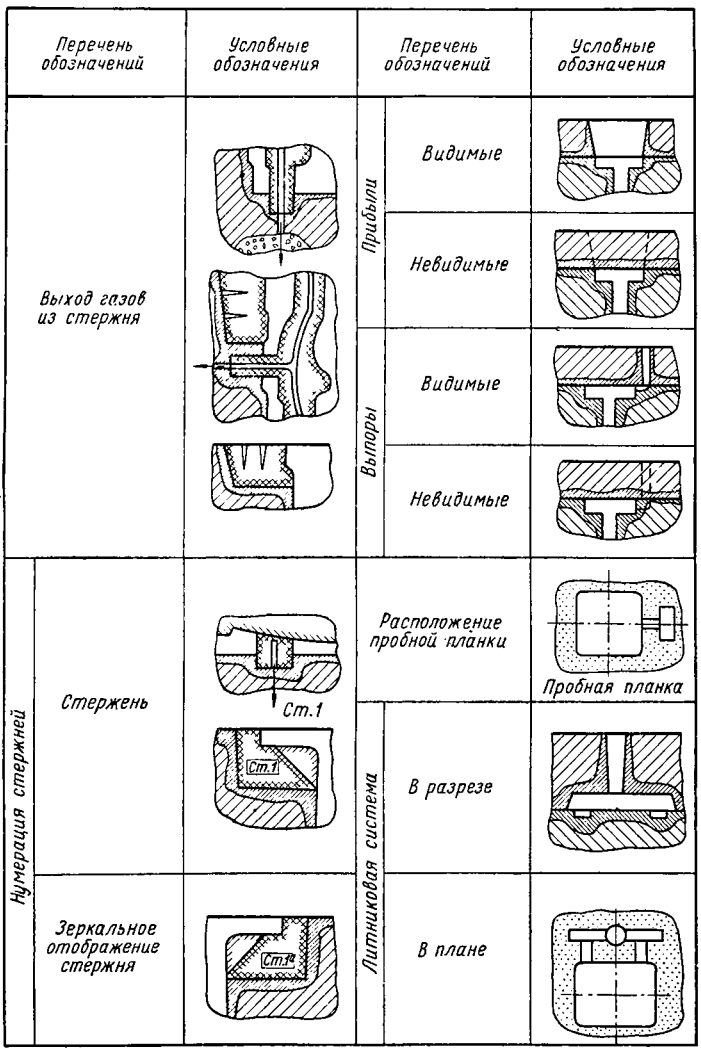
Таблица 73

Зоны прошпиливания стержней и форм

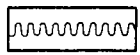
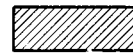
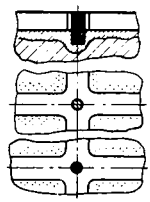
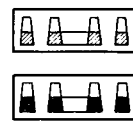
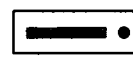
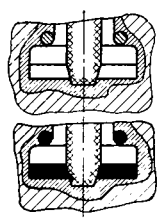
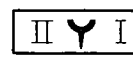
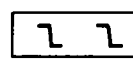
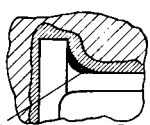
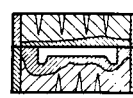
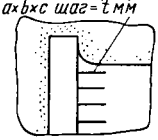
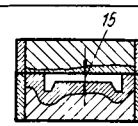
Расположение прошпиливаемых участков форм и стержней	Чугунное и цветное литье		Стальное литье	
	Среднее	Крупное	Мелкое и среднее	Крупное
В непосредственной близости от литниковых каналов на расстоянии до 25 *мм*	20	15	15	10
На расстоянии от литниковых каналов, 250—500 *мм*	30	25	20	15
То же, 500—800 *мм*	—	40	30	25
То же, свыше 800 *мм*	—	—	—	40

Перечень обозначений	Условные обозначение	Перечень обозначений	Условные обозначения
Разрез песчаной формы		Гарь	
Вид на форму по разъему		Наполнительная смесь специальная (опилочная, сухой песок) не в разрезе формы или стержня	
Облицовочный слой в форме		Глина	
		Дерево: Поперечный разрез	
		Дерево: Продольный разрез	
Разрез стержня		Кирпич обыкновенный а Кирпич шамотный б	
		Солома	
Вид на стержень, установленный в форме		Пенька	
		Фитиль	

Фиг. 428—I. Условные обозначения для выполнения технологических эскизов форм и стержней (на 3 листах).



Фиг. 428—II. Условные обозначения для выполнения технологических эскизов форм и стержней (на 3 листах).

Перечень обозначений	Условные обозначения	Перечень обозначений	Условные обозначения
Металлическая стружка		Металлические приспособления	
Холодильники: Внутренние		Чугунные рамки	
		Железные рамки	
Холодильники: Наружные		Жеребейки	
		Шпильки	
		Крючки	
Усадочные ребра: В разрезе	 Усадочные ребра a×b×c шаг=t мм	Вывод газов из формы	
Усадочные ребра: В плане		Размер отливки, подлежащий проверке	

Фиг. 428—III. Условные обозначения для выполнения технологических эскизов форм и стержней (на 3 листах).

ГЛАВА VIII

РАСЧЕТ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ[1]

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Технологический процесс изготовления литых деталей можно расчленить на два этапа: 1) предварительная подготовка металла и формы; 2) заливка и формирование отливки, а также последующая термообработка отливки.

Ко второму этапу технологического процесса относятся: формирование поверхности, конфигурации, размеров отливки, а также структуры литого материала, т. е. придание материалу отливки упругих, прочностных и прочих свойств.

Качество отливки является решающим фактом при оценке технологии, поэтому процесс формирования свойств отливки в целом представляет собой основное звено технологического процесса. Операции же, составляющие подготовительный (первый) этап, являются тем средством, с помощью которого можно воздействовать на ход процесса формирования отливки, т. е. на ее качество.

Следовательно, сознательное воздействие на ход процесса возможно лишь при установлении характера тех связей, которые существуют между первым и вторым этапами технологии.

Отрицательное влияние оказывает усадка, с которой связано образование усадочных раковин, пористости, горячих и холодных трещин, внутренних напряжений, коробления, а также явления взаимодействия жидкого металла с формой, с которыми связано образование пригара, газовых раковин и т. п.

Большее значение оказывает процесс образования структуры (а следовательно, и механических свойств) сплава отливки, которая определяется условиями первичной кристаллизации.

Перечисленные элементы являются частными случаями общего процесса формирования отливки, связанного с различными физическими, химическими, тепловыми и другими явлениями.

Большинство этих процессов протекает в тот период, когда отливка, находясь в форме, затвердевает и затем охлаждается. Следовательно, протекание процесса формирования основных свойств отливки в целом обусловливается изменением теплового состояния жидкого расплава, его охлаждения и затвердевания в форме (а также скорости охлаждения затвердевшей отливки в форме и на воздухе после выбивки). Таким образом, в основе процесса формирования отливок лежат тепловые явления, которые оказывают существенное влияние на наибольшее число параметров технологического процесса. Поэтому методы инженерного расчета технологического процесса должны основываться на тепловой теории.

[1] Глава VIII написана Н. Н. Рубцовым и Г. Ф. Баландиным.

§ 2. ТЕПЛООБМЕН МЕЖДУ ТЕЛОМ И СРЕДОЙ

Общие понятия

Если два каких-либо элемента тела обладают разной температурой, то в этом теле возникает поток тепла, направленный от более нагретого элемента в сторону менее нагретых элементов. Этот поток тепла пропорционален площади выделенного элемента тела F и времени $d\tau$, в течение которого происходит процесс:

$$dQ = qFd\tau. \tag{74}$$

Если теплоту измерять в *ккал*, площадь в $м^2$ и время в часах, то размерность множителя пропорциональности q есть $ккал/м^2\ час$, а сам множитель получает смысл удельного потока тепла и называется тепловым потоком.

Поскольку необходимым и достаточным условием для возникновения теплового потока является разность температур между двумя точками тела, то скорость теплового потока можно характеризовать отношением $\frac{\Delta t}{\Delta x}$, где Δt — разность температур в °С между двумя точками тела на расстоянии Δx *м* или производной $\frac{\partial t}{\partial x}$, так как

$$\frac{\partial t}{\partial x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta t}{\Delta x}.$$

Производную $\frac{\partial t}{\partial x}$ называют градиентом температур[1] в одномерном температурном поле, т. е. в теле типа полубесконечного стержня или неограниченной пластины, где распределение тепла может происходить только в направлении x (оси стержня или нормали к боковой поверхности пластины).

Закон Фурье

Скорость теплового потока может быть вычислена из уравнения (74) в виде

$$\frac{\partial Q}{\partial \tau} = qF.$$

Следовательно, между тепловым потоком и градиентом температур должна существовать определенная количественная связь. Эта связь соответствует прямой пропорциональности указанных величин:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x}, \tag{75}$$

[1] Градиент температур $\frac{\partial t}{\partial x}$ записан в виде частной производной по x потому, что температура является функцией времени; для одномерного поля $t\ (x, \tau)$.

где множитель пропорциональности λ — коэффициент теплопроводности, имеющей размерность *ккал/м* °С *час*; знак минус означает, что тепло распространяется в сторону убывающих температур. Выражение (75) носит название з а к о н а Ф у р ь е.

Таким образом процесс распространения тепла в твердом теле определяется величиной градиента температур и коэффициентом теплопроводности.

Закон Ньютона

Рассмотрим неограниченную пластину, боковая поверхность которой омывается жидкой средой. Пусть пластина нагрета и температура центра больше, чем температура поверхности $t_п$. Тогда поток тепла внутри тела к поверхности F за время $d\tau$ равен

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} F d\tau. \tag{76}$$

Эта же теплота в силу закона сохранения энергии должна отводиться за время $d\tau$ с поверхности F в окружающую среду, температуры t_c которой меньше $t_п$, причем скорость отвода тепла с поверхности за счет конвекции, например, газа тем больше, чем больше разность температур $(t_п - t_c)$. Следовательно, между тепловым потоком q и разностью температур, или, как говорят, т е м п е р а т у р н ы м напором $(t_п - t_c)$, должна быть определенная связь, которая состоит в прямой пропорциональности этих величин:

$$q = \alpha (t_п - t_c), \tag{77}$$

где α — коэффициент теплоотдачи с поверхности в окружающую среду в *ккал/м²* *час* °С.

Выражение (77) носит название з а к о н а Н ь ю т о н а. Таким образом, процесс перехода тепла с поверхности в окружающую среду обусловливается величиной температурного напора коэффициентом теплоотдачи. Поток тепла в этом случае в силу выражений (74) и (77) равен

$$dQ = \alpha (t_п - t_c) F d\tau. \tag{78}$$

Уравнение теплообмена

Потоки тепла в выражениях (76) и (78) равны друг другу, следовательно, процесс теплообмена тела с газовой средой можно характеризовать уравнением теплового баланса

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha \Delta t, \tag{79}$$

которое называют у р а в н е н и е м т е п л о в о г о в з а и м о д е й с т в и я т е л а с о к р у ж а ю щ е й с р е д о й; здесь $\Delta t = (t_п - t_c)$.

Если предположить, что в теле имеет место постоянный градиент температур, т. е. температура по толщине пластинки распределена по линейному закону, то

$$\frac{\partial t}{\partial x} = \frac{\delta t}{X},$$

где δt — разность температур поверхностей пластины, или, как говорят, перепад температур в теле;

X — толщина пластины.

Уравнение (79) в этом случае примет вид (в абсолютных величинах)

$$\lambda \frac{\delta t}{X} = \alpha \Delta t$$

или

$$\frac{\alpha}{\lambda} X = \frac{\delta t}{\Delta t}. \qquad (80)$$

Критерий Био

Соотношение (80) имеет чрезвычайное значение в теории теплопередачи. Заметим, что правая и левая части его безразмерны. Левый безразмерный комплекс принято называть критерием теплового подобия Био (обозначается $\mathrm{Bi} = \frac{\alpha}{\lambda} X$). Критерий Био является основной характеристикой условий теплообмена и представляет собой меру интенсивности теплового взаимодействия между телом и средой.

Смысл критерия можно выразить следующим математическим выражением. Преобразуем выражения критерия в виде следующей формулы:

$$\mathrm{Bi} = \frac{\frac{X}{\lambda}}{\frac{1}{\alpha}} = \frac{\delta t}{\Delta t}. \qquad (81)$$

Величина $\frac{X}{\lambda}$ — обратная проводимости тепла в теле, называется внутренним тепловым сопротивлением; величина $\frac{1}{\alpha}$ — обратная теплоотдачи — внешним тепловым (термическим) сопротивлением. Следовательно, критерий Био является отношением внутреннего термического сопротивления к внешнему или отношением термического сопротивления тела к термическому сопротивлению на поверхности тела. Это соотношение, как следует из формулы (81), определяет, в свою очередь соотношение перепада температур внутри тела и температурного напора на поверхности тела. Следует иметь в виду, что для случаев, когда имеет место переменный градиент температур, равенство (80) выполняется приближенно.

Частные случаи теплообмена

Если Bi мало (Bi $\ll$ 1) за счет малого α или большого $\frac{\lambda}{X}$, то перепад δt мал сравнительно с напором Δt. Это значит, что перепадом δt температур внутри тела можно пренебречь сравнительно с температурным напором на поверхности, т. е. можно считать, что градиент температур внутри тела равен нулю, температура по сечению постоянна и равна температуре на поверхности и весь процесс теплообмена определяется напором $(t_n - t_c)$ и коэффициентом α.

Если Bi велико (Bi $\gg$ 1), то, наоборот, напором температур на поверхности тела можно пренебречь сравнительно с перепадом температур внутри тела, т. е. можно считать, что напор температур равен нулю, температура среды равна температуре поверхности и весь процесс теплообмена определяется градиентом температур и коэффициентом λ.

Возможен и средний случай (Bi $\approx$ 1); здесь никаких упрощений сделать нельзя вследствие того, что и Δt и δt — величины одного порядка. Указанные выше упрощения обстановки теплообмена в случаях малых и больших Bi дают возможность значительно упростить решение ряда практических задач.

§ 3. ТЕПЛОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОТЛИВКИ И ФОРМЫ

Основные положения

С момента поступления расплавленного металла в форму начинается процесс его охлаждения, т. е. процесс теплового взаимодействия отливки и формы.

В период заполнения формы существенное влияние на теплообмен оказывают гидродинамические условия движения жидкого металла, которое вызывает вынужденную конвекцию его. После заполнения формы влияние вынужденной конвекции на процесс теплообмена постепеннс затухает. По мере охлаждения жидкого металла и приближения температуры его к температуре затвердевания, т. е. в период отвода теплоты перегрева металла, постепенно прекращается и естественная конвекция.

Одновременно с этим, начиная от поверхности формы, происходит и затвердевание отливки. С течением времени толщина твердой корки нарастает, температура ее падает, а температура жидкой части отливки постепенно приближается к температуре затвердевания. После затвердевания всего объема отливки продолжается охлаждение уже твердого металла.

Процесс охлаждения отливки во всех этапах его сопровождается прогревом формы. Прогрев формы и охлаждение отливки приводят к расширению формы и термической усадке отливки, т. е. к образованию зазора между отливкой и формой, который оказывает существенное влияние на процесс теплообмена отливки и формы.

Система «отливка — форма»

Для анализа теплового состояния отливки в процессе формирования ее необходимо рассмотреть теплообмен между отливкой и формой, разделенных зазором. К зазору мы относим слой окислов, покрывающих поверхность отливки и формы, газовую прослойку, которая образуется при термическом сжатии отливки и расширении формы, т. е. все, что отделяет материал отливки от материала формы.

Ввиду того что зазор между отливкой и формой заполнен веществом, теплопроводность которого значительно меньше теплопроводности материала отливки, то зазор, разделяющий отливку и форму, является большим термическим сопротивлением, следовательно, оказывает существенное влияние на процесс теплообмена в системе отливка — форма.

Схема процесса

Введя представление о зазоре, процесс теплообмена отливки и формы можно расчленить на два самостоятельных процесса: охлаждение отливки в среде зазора и прогрев формы средой зазора. Эти процессы, безусловно взаимосвязаны, но в определенном периоде времени их можно рассматривать раздельно. Очевидно, такое рассмотрение возможно до тех пор, пока отливка и форма не достигнут одинаковой температуры; затем отливка и форма будут охлаждаться одновременно как одно тело.

Составим тепловой баланс охлаждающейся отливки и прогревающейся формы. Тепловой поток в отливке равен

$$q_1 = -\lambda_1 \frac{\partial t}{\partial x} \tag{82}$$

или приблизительно

$$q_1 \approx -\lambda_1 \frac{\delta t_1}{X_1},$$

где λ_1 — коэффициент теплопроводности материала отливки в *ккал/м² час* °С;

X_1 — половина толщины отливки в *м*;

δt_1 — температурный перепад в отливке, т. е. разность между температурами центра отливки $t_{1ц}$ и поверхностью отливки $t_{1п}$:

$$\delta t_1 = t_{1ц} - t_{1п};$$

Тепловой поток в форме аналогично

$$q_2 \approx -\lambda_2 \frac{\delta t_2}{X_2}, \tag{83}$$

где λ_2 — коэффициент теплопроводности материала формы в $\frac{ккал}{м°С\ час}$;

X_2 — толщина формы в *м*;

δt_2 — температурный перепад в форме, т. е. разность между температурами внутренней поверхности формы t_{2n} и наружной поверхности t_{3n}:

$$\delta t_2 = t_{2n} - t_{3n}.$$

Температура поверхности отливки t_{1n} в общем случае не равна температуре внутренней поверхности формы t_{2n}, что объясняется наличием зазора между отливкой и формой. Поэтому между тепловым потоком, проходящим через зазор, и температурным напором в зазоре $(t_{1n} - t_{2n})$ должна быть связь, которая состоит в прямой пропорциональности этих величин:

$$q = \beta (t_{1n} - t_{2n}), \tag{84}$$

где β — коэффициент пропорциональности, определяющий интенсивность теплообмена отливки и формы через зазор и является обратной величиной термического сопротивления материала зазора; его размерность *ккал/м² час* °С.

В силу закона сохранения энергии тепловые потоки [формулы (82), (83) и (84)] должны быть равны друг другу, т. е.

$$\lambda_1 \frac{\partial t_1}{x_1} = \beta (t_{1n} - t_{2n}); \tag{85}$$

$$\lambda_2 \frac{\partial t_2}{x_2} = \beta (t_{1n} - t_{2n}). \tag{86}$$

Критерий Вейника

Уравнения (85) и (86) можно преобразовать в виде, аналогичном формуле (80):

$$\frac{\beta}{\lambda_1} X_1 = \frac{\delta t_1}{t_{1n} - t_{2n}}; \tag{87}$$

$$\frac{\beta}{\lambda_2} X_2 = \frac{\delta t_2}{t_{1n} - t_{2n}}. \tag{88}$$

Соотношения (87) и (88) по своему строению аналогичны критерию Био и являются, так же как и критерий Био, мерой интенсивности теплообмена отливки и соответственно формы с зазором. Смысл этих новых критериев в том, что они устанавливают отношение термических сопротивлений распространения теплоты в материале отливки (или формы) и в зазоре и, в свою очередь, определяют соотношение перепада температур внутри тела отливки (или формы) и температурного напора в зазоре.

Описанная выше схема процесса теплообмена отливки и формы через зазор предложена А. И. Вейником, который впервые и установил эти важные для анализа теплового взаимодействия отливки

и формы критерий. В дальнейшем условимся левые части уравнений (87) и (88) называть критериями Вейника и обозначать [1]

$$\mathrm{We}_1 = \frac{\beta}{\lambda_1} X_1 \text{ и } \mathrm{We}_2 = \frac{\beta}{\lambda_2} X_2. \qquad (89)$$

Частные случаи теплового взаимодействия отливки и формы

Процесс теплового взаимодействия двух тел (отливки и формы) может характеризоваться различными комбинациями We_1 и We_2. Однако возможно наметить из них некоторые наиболее характерные комбинации для конкретных случаев литья:

$$\mathrm{We}_1 \ll 1;\ \mathrm{We}_2 \gg 1; \qquad (90)$$

$$\mathrm{We}_1 \ll 1;\ \mathrm{We}_2 \ll 1; \qquad (91)$$

$$\mathrm{We}_1 \gg 1;\ \mathrm{We}_2 \gg 1; \qquad (92)$$

$$\mathrm{We}_1 \gg 1;\ \mathrm{We}_2 \ll 1. \qquad (93)$$

Внимательное изучение экспериментальных данных позволяет установить, что условие (90) отвечает условиям теплообмена отливки в неметаллической форме; условие (91) — в металлической окрашенной изнутри форме; условие (92) — в металлической неокрашенной форме (в частности, также слитка в изложнице); условие (93) отвечает условиям теплообмена неметаллической отливки в металлической форме [2].

§ 4. ОХЛАЖДЕНИЕ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ

Условия теплового взаимодействия отливки с неметаллической формой

Характерным для системы отливка — неметаллическая форма является резкое различие теплопроводности материалов отливки и формы. Коэффициент теплопроводности песчаной формы значительно меньше теплопроводности отливки.

Вследствие этого форма будет обладать гораздо большим термическим сопротивлением, нежели отливка, т. е. отношение термического сопротивления отливки $\frac{X_1}{\lambda_1}$ к термическому сопротивлению формы будет очень малым (намного меньше единицы):

$$\frac{\frac{X_1}{\lambda_1}}{\frac{X_2}{\lambda_2}} \ll 1.$$

[1] Здесь и всюду дальше индекс 1 относится к параметрам отливки, индекс 2 — к параметрам формы.

[2] Подробно анализ частных случаев теплового взаимодействия отливки и формы см. А. И. Вейник, Тепловые основы теории литья, Машгиз, 1953, стр. 140—145.

Если числитель и знаменатель этой дроби умножить на коэффициент β, то получим соотношение критериев Вейника для отливки и формы:

$$\frac{\frac{\beta}{\lambda_1}X_1}{\frac{\beta}{\lambda_2}X_2} = \frac{We_1}{We_2} \ll 1 \qquad (94)$$

или

$$We_1 \ll 1;\ We_2 \gg 1.$$

Соотношение (94), учитывая формулы (87) и (88), удобно представить в виде отношения перепадов температур в отливке и форме:

$$\frac{\delta t_1}{\delta t_2} \ll 1. \qquad (95)$$

Это отношение позволяет установить, что перепад температур в отливке существенно мал сравнительно с перепадом температур в форме, т. е. в первом приближении перепадом температур в отливке можно пренебречь и считать, что в отливке температура распределена равномерно $t_{1u} \approx t_{1n}$.

Условие $We_2 \gg 1$ означает, в свою очередь, что температурным напором $(t_{1n} - t_{2n})$ в отливке можно пренебречь по сравнению с температурным перепадом в форме, т. е. $t_{1n} \approx t_{2n}$. Это означает, что зазор между отливкой и формой не существует.

Коэффициент теплопередачи в системе отливка — песчано-глинистая форма

В силу указанного непосредственное вычисление коэффициента β в системе отливка — песчано-глинистая форма затруднительно, поэтому целесообразно зазор между отливкой и формой считать равным нулю. Это позволит уравнение (94) заменить другим. Из общей теории теплопроводности известно, что при наличии плотного (идеального) контакта температурные перепады в соприкасающихся телах обратно пропорциональны значениям коэффициентов теплоаккумуляции [1] $b = \sqrt{\lambda c \gamma}$ материалов этих тел (c — теплоемкость материала в *ккал/кг* °С; γ — удельный вес его в *кг/м*^{3}; размерность b есть *ккал/м час* °С$^{-0,5}$). В нашем случае

$$\frac{\delta t_1}{\delta t_2} = \frac{b_2}{b_1} \ll 1, \qquad (96)$$

т. е. для теплообмена отливки в песчано-глинистой форме характерно то, что

$$b_2 \ll b_1. \qquad (97)$$

[1] Подробно см. А. И. Лыков, Теория теплопроводности, Гостехиздат, 1952, стр. 283—285.

Таким образом, тепловой поток от отливки в песчано-глинистую форму должен определяться полностью свойствами формы и быть, очевидно, пропорциональным перепаду температур в форме, так как δt_1 мал сравнительно с δt_2 и $t_{1ц} \approx t_{1п} \approx t_{2п}$. Следовательно, учитывая уравнения (83), (84) и (96),

$$q_2 = \frac{1}{2} \kappa b_2 (t_{1п} - t_{3п}), \tag{98}$$

где κ — некоторый параметр, зависящий от конфигурации отливки и времени течения процесса; размерность его $1/час^{0,5}$; для плоской неограниченной стенки $\kappa = \frac{2}{\sqrt{\pi\tau}}$ и коэффициент теплоотдачи в системе отливка — песчано-глинистая форма равен [1]

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{b_2}{\sqrt{\tau}}.$$

Этапы охлаждения отливки

Процесс охлаждения отливки в форме можно для упрощения разбить на четыре этапа: охлаждение движущегося металла в форме; отвод теплоты перегрева от уже неподвижного жидкого металла; отвод теплоты кристаллизации — затвердевание; охлаждение затвердевшей отливки.

Это расчленение процесса охлаждения в общем случае возможно лишь очень приближенно. В случае же охлаждения отливки в в песчано-глинистой форме, как и вообще в случае охлаждения отливки в форме с малой интенсивностью, такое расчленение имеет физический смысл.

Дело в том, что при малой интенсивности охлаждения температурным перепадом в отливке можно пренебречь и считать, что температура по сечению отливки распределена равномерно во все этапы охлаждения. Благодаря этому отвод теплоты перегрева заканчивается по всему объему формы одновременно. Также одновременно начинается процесс охлаждения уже затвердевшего металла.

Следовательно, этапы охлаждения отливки в форме можно рассматривать независимо друг от друга, и это положение является замечательной особенностью процессов, протекающих с малой интенсивностью теплообмена, которая позволяет также независимо рассматривать охлаждение и отдельных элементов отливки.

В случае охлаждения отливки с большой интенсивностью этапы охлаждения накладываются друг на друга и рассматривать их раздельно нельзя.

---

[1] Подробный анализ коэффициента κ см. А. И. Вейник, Тепловые основы теории литья, Машгиз, 1953, стр. 150—160.

Отвод теплоты перегрева

Рассчитать время, необходимое для отвода теплоты перегрева, можно, составив тепловой баланс охлаждающейся отливки за время $d\tau$:

$$\frac{b_2}{\sqrt{\pi\tau}}(t - t_\phi) F_1 d\tau = -V_1\gamma_1' c_1' d(t - t_\phi); \qquad (99)$$

в правой части этого уравнения — уменьшение теплосодержания при изменении температуры отливки на величину $d(t - t_\phi)$ за время $d\tau$, в левой — потеря тепла отливкой с поверхности за то же время.

Если положить, что в начале процесса охлаждения $\tau = 0$, температура жидкого металла равна температуре заливки $t = t_{зал}$, то решение дифференциального уравнения (99) выразится формулой

$$t - t_\phi = (t_{зал} - t_\phi) \exp\left(-\frac{2b_2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{F_1\sqrt{\tau}}{V_1\gamma_1' c_1'}\right) °\text{C}. \qquad (100)$$

Время отвода теплоты перегрева τ_{II} (время второго этапа охлаждения) легко найти из этой формулы при подстановке в нее $t = t_{ликв}$ для сплава или $t = t_{кр}$ для чистого металла:

$$\sqrt{\tau_{II}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{V_1\gamma_1' c_1'}{b_2 F_1} \ln\left(1 - \frac{t_{зал} - t_{ликв}}{t_{зал} - t_\phi}\right) \text{час}^{0,5}. \qquad (101)$$

В формулах (99), (100) и (101) V_1 — объем отливки в $м^3$;

F_1 — площадь поверхности отливки в $м^2$;

$t_{ликв}$ — температура начала кристаллизации отливки в °С.

Затвердевание отливки

Тепловой баланс для затвердевающей отливки за время $d\tau$ выразится аналогично уравнению (99):

$$\frac{b_2}{\sqrt{\pi\tau}}(t_{кр} - t_\phi) F_1 d\tau = \gamma_1\rho_1 dv. \qquad (102)$$

В правой части уравнения (102) — теплота кристаллизации, выделившаяся при затвердевании объема отливки dv за время $d\tau$; в левой — потери тепла отливкой с поверхности за то же время.

Если положить, что в начале процесса затвердевания $v = 0$, $\tau = 0$, то решение дифференциального уравнения (102) выразится формулой

$$v = \frac{2b_2 F_1 (t_{кр} - t_\phi)}{\sqrt{\pi}\gamma_1\rho_1}\sqrt{\tau}\ м^3. \qquad (103)$$

Время затвердевания τ_{III} (время третьего этапа) охлаждения можно найти из уравнения (103) при подстановке в него $v = V_1$:

$$\sqrt{\tau_{III}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{V_1\gamma_1\rho_1}{(t_{кр} - t_\phi) F_1 b_2} \text{ час}^{0,5}. \qquad (104)$$

В формулах (102), (103) и (104) ρ_1 — теплота кристаллизации материала отливки в *ккал/кг*;

$t_{кр}$ — температура кристаллизации материала отливки; если материал отливки — сплав, то в первом приближении

$$t_{кр} = \frac{t_{ликв} + t_{сол}}{2};$$

$t_{сол}$ — температура конца кристаллизации сплава °С.

Формула (103) представляет собой закон затвердевания отливки в форме. С помощью этой формулы рассчитать толщину затвердевшей корочки отливки ξ. Для плоской отливки объем затвердевшей корочки равен $V = \xi F_1$, а $V_1 = X_1 F_1$ (X_1 — половина толщины отливки) и, следовательно,

$$\xi = \frac{2b_2 (t_{кр} - t_ф)}{\gamma_1 \rho_1 \pi} \sqrt{\tau} \; м. \qquad (105)$$

Для цилиндрической отливки объем затвердевшей корочки толщиной ξ равен

$$V = \pi X_1^2 L - \pi (X_1 - \xi)^2 L \; м^3,$$

где X_1 — радиус цилиндра;

L — длина цилиндра,

или

$$V = \xi F_1 \left(1 - \frac{1}{2}\delta\right) м^3, \qquad (106)$$

так как $F_1 = 2\pi X_1$; $\delta = \frac{\xi}{X_1}$. Если цилиндр затвердевает изнутри (от стержня), то аналогично

$$v = \xi F_1 \left(1 + \frac{1}{2}\delta\right) м^3. \qquad (107)$$

Для сферической отливки, затвердевающей снаружи,

$$v = \xi F_1 \left(1 - \delta + \frac{1}{3}\delta^2\right) м^3. \qquad (108)$$

и, если сферическая отливка затвердевает изнутри,

$$v = \xi F_1 \left(1 + \delta + \frac{1}{3}\delta^2\right) м^3. \qquad (109)$$

Подставляя формулы (106) — (109) в формулу закона затвердевания (103), можно легко найти зависимость изменения толщины затвердевшей корочки от времени течения процесса.

Из сравнения указанных формул для объема затвердевшей корочки сферической и цилиндрической отливок с формулой $\xi F_1 = V$ для плоской отливки выясняется интересная особенность. Очевидно, при достаточно малых δ объем твердой корочки неплоских отливок равен приблизительно ξF_1. Следовательно, тонкостенные отливки при отношении толщины отливки к радиусу кривизны поверхности ее,

меньшем некоторой определенной величины, можно считать плоскими. Практически эта величина колеблется в пределах 0,15—0,20.

Охлаждение затвердевшей отливки

Для охлаждающейся твердой отливки тепловой баланс за время $d\tau$ аналогичен (99):

$$\frac{b_2}{\sqrt{\pi\tau}}(t-t_ф)F_1 d\tau = -v_1\gamma_1 c_1 d(t-t_ф). \qquad (110)$$

Решением этого уравнения будет следующая формула, если считать при $\tau = 0$ $t = t_{сол}$:

$$(t-t_ф) = (t_{сол}-t_ф)\exp\left[-\frac{2b_2F_1\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}V_1\gamma_1c_1}\right]°\text{C}. \qquad (111)$$

Время охлаждения отливки до заданной температуры выбивки $t_{выб}$, τ_{IV} (время четвертого этапа охлаждения) рассчитывается из формулы (111), если $t = t_{выб}$ при $\tau = \tau_{IV}$, то

$$\sqrt{\tau_{IV}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\cdot\frac{V_1\gamma_1c_1}{b_2F_1}\cdot\ln\left(1-\frac{t_{сол}-t_{выб}}{t_{сол}-t_ф}\right)\text{час}^{0,5}. \qquad (112)$$

Время выдержки отливки в форме

Время выдержки отливки в форме с момента окончания заливки определяется формулами (101), (104) и (112). Для практических целей расчеты формул (101) и (112) можно упростить, учтя лишь первый член ряда, в который разлагается натуральный логарифм. Тогда время для отвода теплоты перегрева будет равно

$$\sqrt{\tau_{II}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\cdot\frac{V_1\gamma_1c_1'}{b_2F_1}\left(\frac{t_{зал}-t_{ликв}}{t_{зал}-t_ф}\right). \qquad (113)$$

Время затвердевания вычисляется по формуле (113):

$$\sqrt{\tau_{III}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\cdot\frac{V_1\gamma_1\rho_1}{b_2F_1(t_{кр}-t_ф)}\ \text{час}^{0,5}. \qquad (114)$$

Время для охлаждения твердой отливки до температуры выбивки соответственно равно

$$\sqrt{\tau_{IV}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\cdot\frac{V_1\gamma_1c_1}{b_2F_1}\left(\frac{t_{сол}-t_{выб}}{t_{сол}-t_ф}\right). \qquad (115)$$

В связи с изложенным, время выдержки отливки в форме равно

$$\sqrt{\tau} = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\cdot\frac{V_1\gamma_1}{b_2F_1}\left(c_1'\frac{t_{зал}-t_{ликв}}{t_{зал}-t_ф}+\frac{\rho_1}{t_{кр}-t_ф}+c_1\frac{t_{сол}-t_{выб}}{t_{сол}-t_ф}\right)\text{час}^{0,5}. \qquad (116)$$

При использовании этой формулы для расчетов необходимо иметь в виду следующее. Формула (116), а следовательно, и формулы (101), (104) (112) и (115) получены на основе определенных допущений, вытекающих из условий теплового взаимодействия отливки

и песчано-глинистой формы ($We_1 \ll 1$; $We_2 \gg 1$). В самом деле, в силу $We_1 \ll 1$ (малой интенсивности охлаждения отливки) мы пренебрегли температурным перепадом в отливке, т. е. считали, что $We_1 \to 0$. Это позволило нам не учитывать изменение температуры по сечению отливки. Далее, в силу $We_2 \gg 1$ (большей интенсивности прогрева формы) мы приняли контакт отливки с формой плотным, т. е. считали $We_2 \to \infty$, что позволило нам считать температуру поверхности формы равной температуре отливки в каждый момент времени. Условие $We_2 \to \infty$ (или $We_2 \gg 1$) указывает на то, что в форме при ее прогреве температурный градиент отличен от нуля и, следовательно, тепловой поток, проходящий в форме, должен быть пропорциональным этому градиенту (см. § 2, п. 1 и 2); мы же для простоты расчетов этот тепловой поток приняли пропорциональным температурному перепаду в форме (см. § 4, п. 2), учтя при этом формулу закона Ньютона [см. формулу (98)].

Однако, как известно из общей теории теплопроводности (см. уже цитированную книгу А. В. Лыкова, стр. 283—285), такая приближенная оценка величины теплового потока возможна лишь для начальных моментов времени. Это означает, что для процесса отвода теплоты перегрева и затвердевания, которые по времени очень коротки сравнительно со временем полного охлаждения отливки, найденные формулы справедливы. Для процесса же охлаждения твердой отливки до температуры выбивки (особенно если эта температура низкая) формулы (112) и (115) дадут неточные результаты.

Таким образом, формулами (112) и (115), а также (116) следует пользоваться с осторожностью, учитывая, что они дают надежные результаты при условии, когда температура выбивки незначительно отличается от температуры конца затвердевания.

Диаграмма для расчета времени остывания (времени выдержки отливок в песчано-глинистой форме)

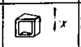
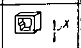
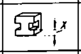
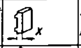
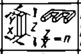
Для расчета времени (особенно крупных отливок) удобнее пользоваться диаграммой П. Г. Новикова, построенной на основе более точных расчетов (фиг. 429).

Диаграмма состоит из четырех полей. Все эти поля связаны между собой масштабом.

На 1-м поле помещены графики кривых охлаждения, построенные в координатах температура — время. По оси ординат отложены температуры извлечения отливок из формы $t_{выб}$, по оси абсцисс — время в условных единицах. Температуры указаны на пучках кривых охлаждения тел различных классов (принято три класса: I, II и III, т. е. отливки типов плоских, цилиндрических и шаровых) и температуры заливки металла (чугуна или стали).

На 4-м поле помещена таблица размещения различного рода отливок по классам и группам: I класс отливок (типа плоских) разделен на пять групп, которые различаются «массивностью» M. «Массивность» здесь — отношение объема отливки к объему, под-

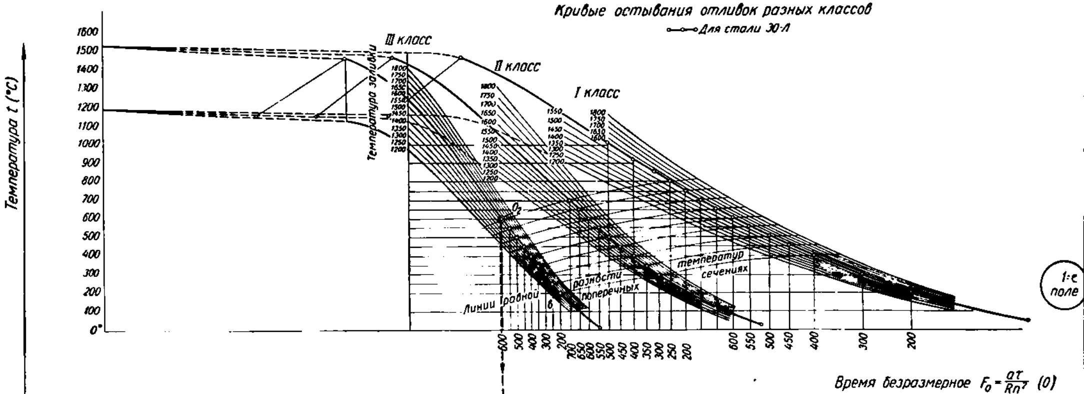
Классификация отливок для установления группы литья

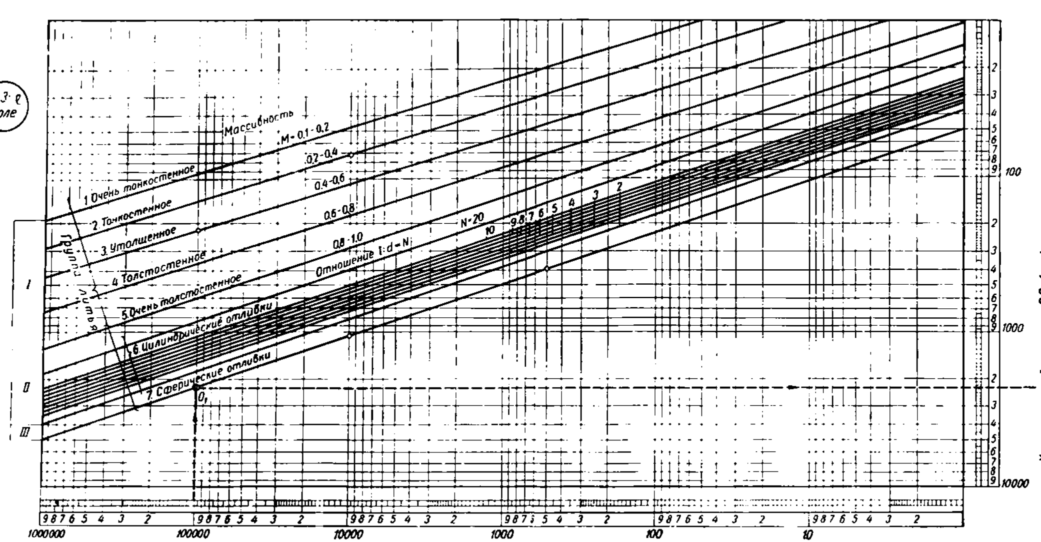
Кл		Тип отливок	Эскизы	Примеры отливок			
I класс	Отливки фасонные с полостями, коробками или типа плиты $X < Y = Z$ различаются по массивности $M = \frac{V_{отл}}{V_{ед}}$; $R_I = \frac{V_{отл}}{F_{отл}}$	1. Очень тонкостенные $M = 0{,}1-0{,}2$		Рамы, цилиндры, тележки паровозов. Спирали, крышки, патрубки гидротурбин.	Мульды		Детали: сельскохозяйственных машин, вооружения, танков, тракторов и т. п.
		2 Тонкостенные $M = 0{,}2-0{,}4$		Корпуса цилиндров, редукторов, подшипников судовых паровых турбин. Рабочие колеса, статора гидротурбин	Рамы тележек, редукторов	Матрицы штампов	Маховики, шестерни, колеса с немассивными спицами
		3 Утолщенные стенки $M = 0{,}4-0{,}6$		Корпуса цилиндров стационарных паровых турбин. Крупные рабочие колеса. Втулки для гидротурбин	Станины ножниц	Траверзы прессов Цилиндры прессов	Цилиндры формовочных машин Автоклавы, ковши экскаваторов
		4. Толстостенные $M = 0{,}6-0{,}8$		Обоймы подшипников	Станины блюмингов и др. прокатных станов, станины, рычаги чушколомов, вспомог. машин прокатных цехов.	Станины горизонтально-ковочных машин	Башни танков Арматура
		5. Очень толстостенные (сплошные)		Диафрагмы паровых и газовых турбин Лопатки, лопасти гидротурбин. Гребные винты.	Основные, опорные плиты прокатных устройств	Плиты основные, подшаботные, опорные столы	Броня углеразмольных мельниц Сплошные колеса, диски, маховики, шестерни
II класс		6. Отливки типа цилиндра, призмы или их комбинаций $X = Y < Z$ $R_{II} = \sqrt{X \cdot Y}$ $M = 1$		Элементы судов: киль, ахтерштевень, форштевень, якоря, цепи. Обоймы цилиндров паротурб. кольца г/турб. колеса паровоз.	Валки прокатные, рамы станов (сплошного сечения)		Рамки печные. Маховики, шестерни, блоки с массивными спицами, слитки, пробы, валы, литниковые системы
III класс		7. Отливки типа сферы, куба или их комбинаций $X = Y = Z$ $R_{III} = \sqrt[3]{X \cdot Y \cdot Z}$ $M = 1$		Тумбы для цепей и канатов кораблей	Подушки прокатных станов, бабы копров	Шаботы, стулья молотов, бойки, подушки, бабы, штампы	Шары печных устройств, прибыли

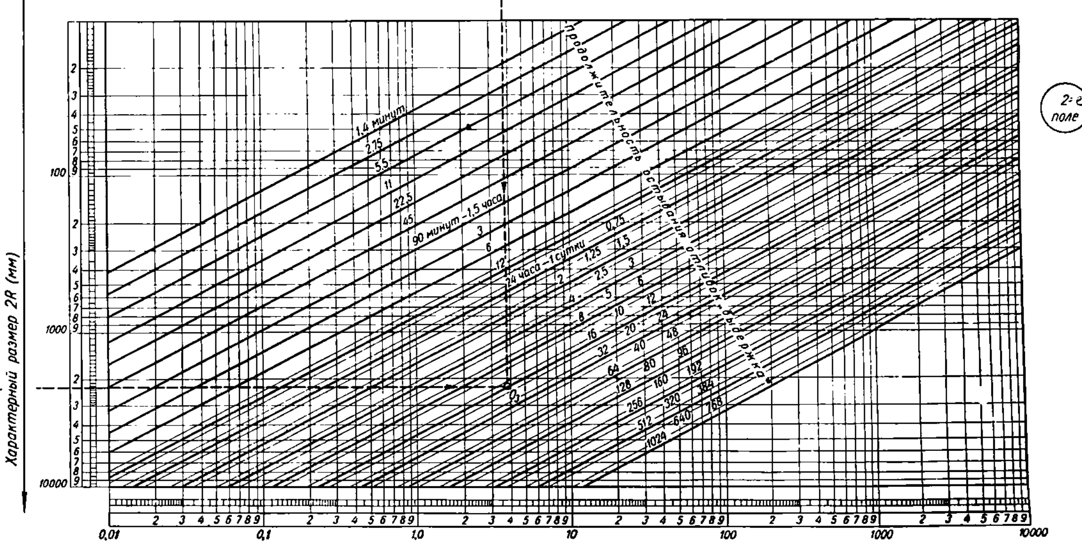
Температура извлечения отливок

Темпер.	Группа и назначение	Примерные детали
800	Неответственные детали без затрудненной усадки простого очертания весом до 200 кг без термических узлов	1. Броня углеразмольных мельниц. 2. Скобы опок
600	Большинство деталей с неравномерной толщиной стенки и термическими узлами, а также массивные детали с выравниванием охлаждения посредством внутренних и наружных холодильников	1. Детали паровых и гидротурбин. 2. Шаботы 3. Кузнечно-прессовое оборудование.
400	То же, что и для 600° при условии затрудненного выравнивания охлаждения и невозможности специального ухода за формой	
200	Ответственные детали с затрудненной усадкой, склонные к короблению и трещинам.	1. Шестерни. 2. Маховики 3 Венцы шестерен.
50	Остывание до температуры цеха	1. Экспериментальные детали

Вес отливки с прибылями P (кг)







считанному по габаритным размерам отливки, т. е. $M = \frac{V_{отл}}{V_{габ}}$; II и III классы (типа цилиндрических шаровых) имеют «массивность», равную единице. В этой таблице даны типичные примеры отливок различных классов и групп и рекомендуемые температуры выбивки.

На 3-м поле дана номограмма для расчета характерного размера толщины отливки $2R$. На оси ординат размер $2R$ дан в *мм*, по оси абсцисс — вес в *кг*.

На 2-м поле дана диаграмма для расчета времени выдержки отливки в зависимости от размера.

Таким образом, если нужно найти наименьшую выдержку в форме стального шабота весом 100 *т*, необходимо: 1) установить по таблице (4-е поле) класс отливки; имеем III класс — сферические отливки; 2) найти размер $2R$ по номограмме (3-е поле) — имеем для веса 100 000 *кг* и $M = 1$ $2R = 2200$ *мм*; 3) установить по таблице рекомендуемую температуру выбивки; имеем $t_{выб} = 600°$ С; примем для стали $t_{зал} = 1550°$ С; 4) найдем по графику (1-е поле) кривую остывания среди кривых класса III; имеем кривую для $t_{зал} = 1550°$ С; установим точку на этой кривой для $t_{выб} = 600°$ С; имеем точку O_2 и, наконец, 5) опускаем перпендикуляр из точки O_2 на номограмме (2-поле); проводим прямую, параллельную оси абсцисс для $2R = 2200$ *мм*; точка пересечения перпендикуляра к этой прямой попадает на наклонную прямую, соответствующую длительности остывания 16 суток.

Управление процессом формирования отливки в песчано-глинистой форме

Таким образом, мы рассмотрели решение задачи об охлаждении отливки в песчано-глинистой форме. Установлены расчетные формулы (104), (113) и (115), которые с точностью, достаточной для практических целей, описывают процесс формирования отливки, начиная с момента заливки и кончая выбивкой. Полученные формулы можно непосредственно использовать для расчета параметров технологического процесса литья.

Анализ этих формул и, в частности, обобщающей (суммарной) формулы (116) для расчета времени выдержки показывает, что управлять процессом формирования отливки возможно, используя те параметры технологического процесса, которые характерны для его подготовительного этапа. Именно материал формы ($b_2 = \sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2}$), температура формы $t_ф$, а также температура заливки и выбивки ($t_{зал}$, $t_{выб}$), прочие параметры $t_{ликв}$, $t_{сол}$, $t_{кр}$, ρ_1, c_1 и c_1' обусловлены природой материала отливки.

С помощью формулы (104) — закона затвердевания — легко и быстро можно установить длительность затвердевания отдельных узлов отливки, например легкоотделяемых прибылей (выше было указано, что в случае малой интенсивности теплообмена отдельные узлы отливки можно рассматривать независимо друг от друга).

Этим же способом возможно определить появление разного рода дефектов усадочного происхождения — усадочной пористости, раковин и т. п. С помощью тех же формул можно рассчитать объем усадочной раковины и, следовательно, назначить размер прибыли или холодильника. На основе формул (104) и (115) нетрудно оценить величину остаточных напряжений и установить возможность появления горячих и холодных трещин и, следовательно, установить размеры литейных ребер и т. д.

Можно указать еще многие практические приложения рассмотренных формул. Но главное — это расчет параметров технологического процесса с целью получения заданных механических свойств отливки, т. е. заданной структуры литого металла. Этот расчет, очевидно, должен определить величину основных параметров, прочие же расчеты определяют изменение этих параметров для некоторых узлов отливки или характер конструктивных изменений этих узлов с целью устранения литейных дефектов.

§ 5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО ЗАДАННОЙ СТРУКТУРЕ ЧУГУННОЙ ОТЛИВКИ

Предварительные замечания

Структура литого металла и, следовательно, свойства его определяются главным образом условиями первичной кристаллизации расплава, т. е. основные свойства отливки формируются в период ее затвердевания.

Процесс кристаллизации обусловливается строением кристаллических решеток и частиц, из которых образуются кристаллы, составом сплава, состоянием его в предкристаллизационном периоде, наличием примесей в сплаве и условиями охлаждения кристаллизующегося расплава. Все эти обстоятельства процесса, за исключением последнего (условий охлаждения), определяются природой конкретного материала, которую можно характеризовать величиной кристаллизационных параметров: скорости зарождения кристаллических зародышей n и скорости роста кристаллов c.

Величина кристаллизационных параметров существенно зависит от переохлаждения кристаллизующегося расплава, причем законы изменения величины этих параметров с переохлаждением различны для различных материалов.

Природа конкретного материала дает нам, таким образом, конкретные законы изменения кристаллизационных параметров с переохлаждением, величина которого определяется условиями теплового взаимодействия отливки и формы (условиями охлаждения). Конкретный материал, следовательно, можно считать в некотором роде «полуфабрикатом», который при заливке поступает в «обработку» — в литейную форму. Из практики литейного производства известно, что изменение только тепловых условий формирования отливок позволяет изменять свойства одного и того же материала в весьма широких пределах.

Уравнение кристаллизации

В жидком металле, залитом в форму с некоторым перегревом, устанавливается определенное распределение температур по сечению отливки: наиболее низкие температуры наблюдаются в местах соприкосновения отливки с формой, так как охлаждение отливки обусловливается процессом отвода тепла отливки с поверхности формой. Вследствие этого переохлаждение, необходимое для начала кристаллизации жидкого металла [1], будет достигнуто прежде всего в слоях у поверхности формы, и величина этого переохлаждения и величина объема металла, охваченного в данный момент времени переохлаждением, будет определяться скоростью охлаждения отливки, т. е. внешними условиями теплообмена отливки и формы.

Если объем жидкого металла, охваченный в данный момент времени переохлаждением (большим или равным тому, которое необходимо для начала кристаллизации), мысленно разделить на элементарные слои, параллельные поверхности формы, так, чтобы в каждом слое можно было считать переохлаждение постоянным, то каждый такой элементарный объем жидкого металла будет характеризоваться своими соответственно переохлаждению кристаллизационными параметрами.

В каждом таком элементарном объеме будет происходить кристаллизация как бы в изотермических условиях.

Если при переохлаждении Δt жидкий расплав характеризуется кристаллизационными параметрами n и c, а объем, в котором переохлаждение можно считать постоянным, равен V_0, то объем твердой фазы V, закристаллизовавшийся за время τ, можно рассчитать по следующей формуле:

$$v = v_0\left(1 - e^{-\frac{\pi}{3} nc^3\tau^4}\right). \qquad (117)$$

Эта формула является кинетическим уравнением изотермической кристаллизации, найденным А. Н. Колмогоровым и И. Л. Миркиным [2].

---

[1] Здесь имеется в виду следующий известный из опыта факт. Расплав вещества при медленном охлаждении может оставаться жидким при температурах, меньших температуры кристаллизации, т. е. при переохлаждении его. Однако это переохлаждение не безгранично — при некотором переохлаждении в расплаве появляются твердые кристаллики вещества, т. е. начинается кристаллизация. Это переохлаждение, очевидно, и будет необходимым для начала кристаллизации; его иногда называют интервалом метастабильности вещества, величина которого различна для различных веществ.

Заметим, что с увеличением переохлаждения сверх интервала метастабильности возрастает скорость кристаллизации (для металлов и сплавов) в соответствии с изменением кристаллизационных параметров n и c.

[2] Подробный вывод кинетического уравнения см. Я. С. Уманский, Б. Н. Фильценштейн, М. Е. Блантер, Физические основы металловедения, Металлургиздат, 1949, стр. 279—288.

Таким образом, можно вычислить объем твердой фазы во всех элементарных слоях, на которые разделен объем жидкого металла, охваченный переохлаждением в данный момент времени. Поскольку с течением времени вся жидкая часть отливки будет последовательно охвачена переохлаждением, расчеты такого рода можно выполнить и для всей отливки.

Очевидно, сумма объемов твердой фазы, вычисленная по формуле (117), для каждого слоя должна быть равной объему твердой корочки, вычисленной по закону затвердевания [формула (104)], а время затвердевания этой корочки — равным времени кристаллизации всех слоев. Следовательно, скорость кристаллизации каждого из слоев выделенного объема должна находиться в определенной связи со скоростью затвердевания этого объема жидкого металла.

Максимальная скорость кристаллизации из формулы (117) равна

$$\left.\frac{dv}{d\tau}\right|_{\max} = 1{,}543 v_0 \sqrt{nc^3}\ м^3/час. \qquad (118)$$

Объемная скорость затвердевания отливки в песчано-глинистой форме, исходя из формулы (104), равна

$$\frac{dv}{d\tau} = \frac{b_2 F_1 (t_{кр} - t_ф)}{\sqrt{\pi}\gamma_1 \rho_1 \sqrt{\tau}}\ м^3/час; \qquad (119)$$

следовательно, приняв для всей отливки $v_0 = V_1$,

$$nc^3 = \left[\frac{b_2 F_1 (t_{кр} - t_ф)}{1{,}543 V_1 \gamma_1 \rho_1 \sqrt{\pi\tau}}\right]^4 \text{ час.}^{-4}; \qquad (120)$$

здесь n — скорость зарождения кристаллов в $м^3/час^{-1}$;

c — скорость роста кристаллов в $м/час$.

Формула (120) является уравнением кристаллизации отливки в форме; оно определяет связь между кристаллизационными параметрами материала отливки и внешними условиями теплообмена отливки и формы.

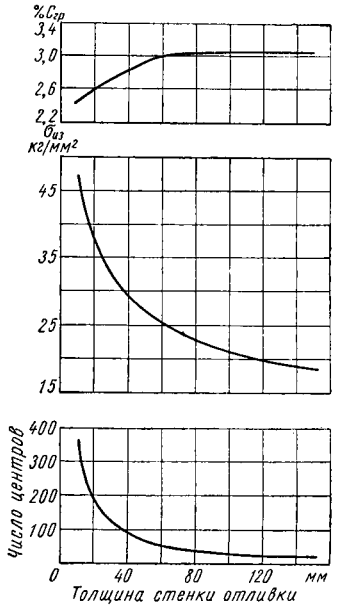
Таким образом, если установить зависимость между структурой отливки и кристаллизационными параметрами сплава, то, пользуясь формулой (120), можно рассчитать параметры технологического процесса литья по заданной структуре.

Структурная диаграмма для чугунных отливок

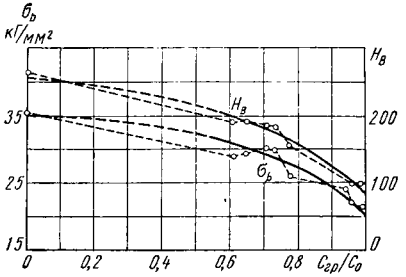
Связь между параметрами кристаллизации и скоростью затвердевания отливок, сформулированная выше в виде соотношения (120), может быть использована для расчета условий охлаждения отливок в форме по заданным n и c. Однако в настоящее время сведения о соотношении между параметрами кристаллизации и структурой литых материалов чрезвычайно ограничены. Поэтому равенство (120) можно использовать для экспериментального изучения зависимости структуры, свойств и, следовательно, параметров и от условий

охлаждения отливки в форме или, что более удобно, от скорости затвердевания.

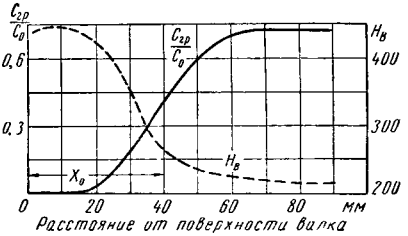
Широко известно, например, что свойства металла по толщине чугунных отливок различны. Изменение этих свойств обычно связывают с количеством, характером распределения и формой графитовых включений (фиг. 430), а также с количеством связанного углерода



Фиг. 430. Изменение содержания графита $C_{гр}$ и числа графитовых включений и прочности на изгиб чугуна $\sigma_{из}$ в зависимости от толщины отливки (по Г. Одингу).



Фиг. 431. Изменение временного сопротивления $\sigma_в$ и твердости H_B в зависимости от количества графита в чугуне (по М. Г. Окнову).



Фиг. 432. Распределение количества графита и величина твердости по сечению валка (по А. Е. Кривошееву).

(фиг. 431). При этом распределение количества свободного углерода по толщине отбеленного литья, например, описывается кривыми, подобными кинетическим (фиг. 432). Указанные обстоятельства позволяют анализировать формирование структуры чугунных отливок, рассматривая только процесс первичной кристаллизации высокоуглеродистой фазы (цементита и графита) в различных условиях затвердевания.

То, что процесс кристаллизации графита в чугуне подчиняется общим законам кинетики кристаллизации фаз, подтверждается кривыми на фиг. 433; поэтому для каждого элементарного объема отливки

зависимость количества появившегося свободного углерода $C_{гр}$ от времени можно представить формулой, аналогичной в формуле (117):

$$C_{гр} = C_o\left(1 - e^{-0{,}19B_1\left(\frac{U}{\Delta V_0}\Delta\tau\right)^4}\right),$$

где C_o — общее количество углерода в чугуне в %;

B_1 — постоянная;

ΔV_0 — объем жидкого чугуна, в котором в данное время протекает кристаллизация;

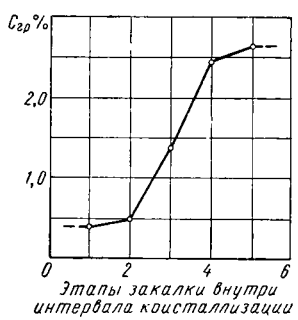
$U\Delta\tau$ — объем затвердевшей корочки за время $\Delta\tau$ ($U\,\Delta\tau = \Delta V$).

Если положить $\frac{U\Delta\tau}{F_2} = \xi$, то приближенно

$$C_{гр} = C_o\left(1 - e^{-B\left(\frac{\xi}{X_0}\right)^4}\right);$$

здесь B — коэффициент, учитывающий воздействие примесей на процесс выделения графита в чугуне;

X_0 — половина толщины полного отбела отливки, где практически полностью прекращается кристаллизация графита непосредственно из расплава $\left(X_0 \approx \frac{\Delta V_0}{F_2}\right)$.



Фиг. 433. Кинематическая кривая кристаллизации графита в чугуне (по И. Н. Богачеву).

Полученная формула качественно согласуется с кривой $\frac{C_{гр}}{C_o} = f(\xi)$ на фиг. 432.

Если известно распределение скорости затвердевания отливки по сечению, то последнюю формулу можно записать в зависимости от $v_л$. Например, для плоской отливки, затвердевающей в песчаной форме,

$$v_л = \frac{2}{\xi}\left[\frac{b_2(t_{кр} - t_ф)}{1{,}772\gamma_1\rho_1}\right], \qquad (121)$$

следовательно

$$\frac{C_{гр}}{C_o} = 1 - e^{-B\left(\frac{v_л^*}{v_л}\right)^4}; \qquad (122)$$

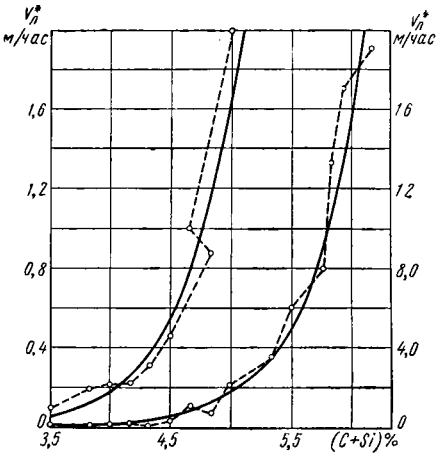
$v_л$ — линейная скорость затвердевания отливки в данном месте сечения ее;

$v_л^*$ — скорость затвердевания отливки на расстоянии X_0 от поверхности формы.

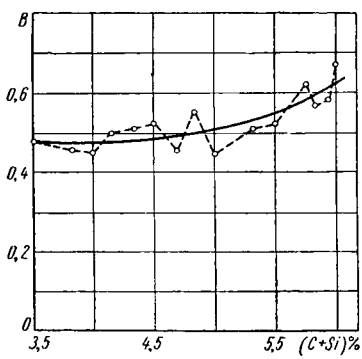
На фиг. 434 и 435 приведены кривые изменения $v_л^*$ и B от суммы углерода и кремния, построенные по данным большого числа опытов. На основе этих данных с помощью формулы (122) рассчитана диаграмма.

Структурная диаграмма (фиг. 436) представляет собой семейство кинетических кривых образования графита в чугунных отливках с различной суммой C + Si, затвердевающих при разных скоростях. Влияние других примесей может быть учтено формулой

$$(C + Si)\% = C\% + Si\% + 0{,}05(\%P - 0{,}2) - \\ - (Mn\% - 1{,}7S\% - 0{,}464). \qquad (123)$$



Фиг. 434. Зависимость $v_л^*$ от (C + Si)%.



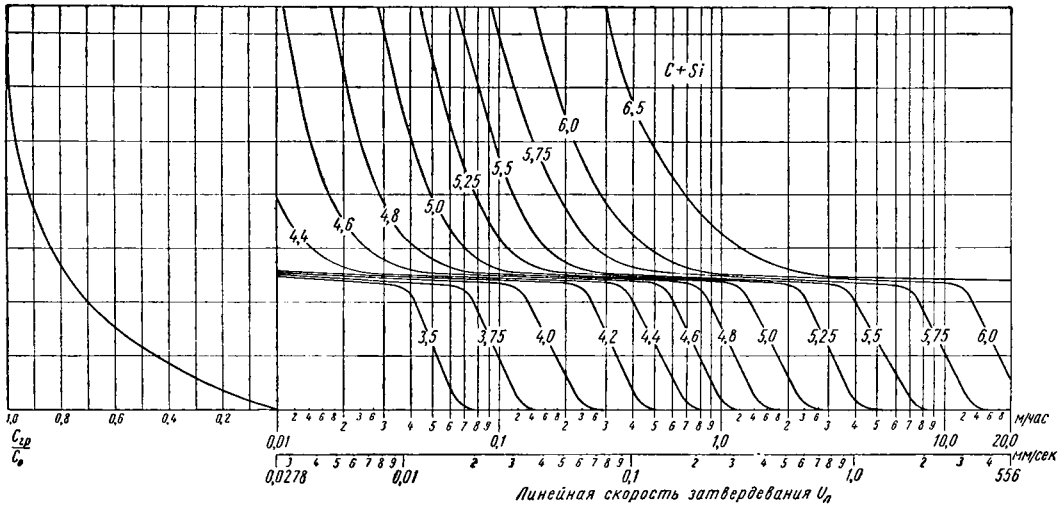
Фиг. 435. Зависимость B от (C + Si)%.

Кривые построены в координатах $\frac{C_{гр}}{C_o}\, v_л$. Для удобства работы с диаграммой линейная скорость затвердевания отложена в логарифмическом масштабе по оси абсцисс, отношение $\frac{C_{гр}}{C_o}$ — по оси ординат в «обратном» логарифмическом масштабе согласно уравнению

$$\frac{C_{гр}}{C_o} = 1 - e^{-k}$$

(масштабная кривая построена в левой части диаграммы).

С помощью приведенной диаграммы возможно решать задачи выбора параметров технологического процесса литья чугунных деталей для получения заданной структуры (заданного отношения количества свободного углерода $C_{гр}$ к количеству общего C_o на поверхности или в определенном месте сечения).



Фиг. 436. Структурная диаграмма для чугунного литья (по Г. Ф. Баландину).

Пример 1. Определить необходимые температуру подогрева и толщину покрытия металлической формы для получения отливки без отбела, если состав чугуна следующий: 3,3% C; 2,2% Si; 0,6% Mn; 0,4% P; 0,08% S.

По формуле (123) C + Si = 5,51%; по диаграмме непосредственно находим, что в отливке из чугуна с C + Si = 5,51% отбел будет исключен при скорости затвердевания 3 *м/час*. Если применить покрытие (молотый кварц 12,4%, графит 1,7%, жидкое стекло 3,3%), у которого коэффициент теплопроводности $\lambda_{кр} = 0{,}17$ *ккал/м час°C*, и принять для чугуна $\gamma_1 = 7000$ *кг/м*^{3}; $\rho = 400$ *ккал/кг*; $t_{ликв} = 1200°$; $t_{сол} = 145°$ C, то необходимые величины легко найти по формуле

$$U_л = \frac{dv}{d\tau} = \frac{\beta}{\gamma_1 \rho_1}(t_{кр} - t_ф);$$

учитывая, что $\beta = \frac{\lambda_{кр}}{x_{кр}}$ (толщина слоя краски $x_{кр}$), имеем

$$t_ф = 1172 - 5{,}6 \cdot 10^6 x_{кр}.$$

При $t_ф = 200 \div 250°$ C, $x_{кр} = 0{,}00016 \div 0{,}00017$ *м* (толщина покрытия 0,16—0,17 *мм*).

Пример 2. Определить количество кремния в чугуне (3,2% C; 0,7% Mn; 0,2% P; 0,1% S) для получения перлитной структуры в отливке цилиндра дизеля; диаметр цилиндра 200 *мм*, толщина стенки 15 *мм*. По формуле (121), если принять для формовочной смеси $b_2 = 12$ *ккал/м*^{2} °C *час*^{0,5} и учесть данные первого примера, скорость затвердевания будет равна 0,25 *м/час*. По диаграмме для такой скорости перлитную структуру на всем сечении отливки можно ожидать при C + Si = 5,0, т. е. чугун должен содержать 1,8—1,9% Si.

§ 6. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОТЛИВКИ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

Деталь — передняя крышка паровозного цилиндра. Чертеж отливки приведен на фиг. 437. Материал отливки СЧ 21-40. Вес отливки 114 *кг*. Требование к отливке — тело отливки должно быть плотным.

Разработка технологии изготовления формы

Для расчета параметров технологического процесса отливки детали необходимо разработать технологию изготовления формы, пользуясь основными принципами проектирования, изложенными в главе VII «Проектирование технологического процесса». В данном случае имеет смысл принять технологию, представленную на фиг. 414.

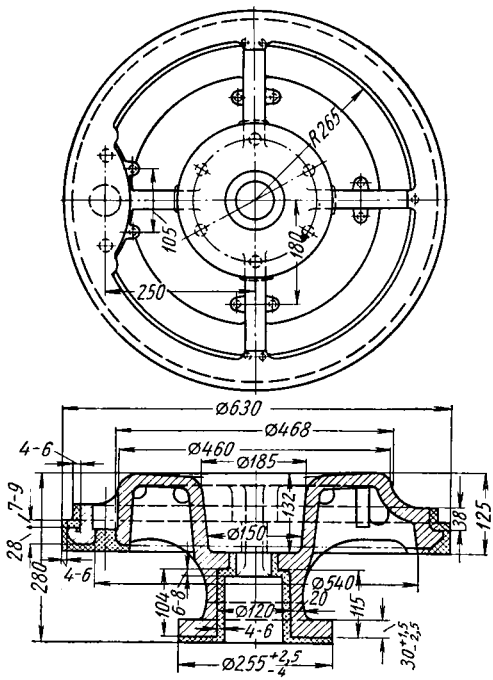
Внутренняя полость корпуса сальника штока поршня, торцовая поверхность фланца и боковая поверхность крышки подвергаются механической обработке. Для того чтобы обрабатываемые поверхности были без газовых и шлаковых раковин, эти поверхности располагают внизу формы.

Параметры отливки и формы

Для сырых форм при литье средних по весу отливок (до 500 *кг*) рекомендуется следующий состав смеси: 88—90% отработавшей смеси, 8—10% песка 1К016, 1—3% глины огнеупорной, 0,3—0,5%

каменноугольной пыли; влажность 4,5—5%. Газопроницаемость этой смеси 60; прочность сырого образца 0,4—0,6 *кг/см*^{2}.

Для стержней: 50—60% отработавшей смеси, 35—38% песка 4К0315, 2—5% формовочной глины, 2—3% сульфитного щелока. Газопроницаемость стержневой смеси 70%; прочность сухого образца 2—3 *кг/см*^{2}; прочность сырого образца 0,2—0,35 *кг/см*^{2}.



Фиг. 437. Передняя крышка цилиндра.

Для выбранных смесей коэффициент теплоаккумуляции равен примерно: для формы $b_2 = 15$ *ккал/м*^{2} °С $\sqrt{час}$, для стержней $b_2 = 9{,}3$ *ккал/м*^{2} °С $\sqrt{час}$.

Принимаем следующие характеристики чугуна: $\lambda_1 = 42$ *ккал/м* °С *час*; $c_1 = 0{,}15$ *ккал/кг* °С; $C_1 = 0{,}20$ *ккал/кг* °С; $\rho_1 = 50$ *ккал/кг*; $\gamma_1 = 7200$ *кг/м*^{3}; $t_{ликв} = 1200°$ С; $t_{сол} = 1150$°С; $t_{кр} = \frac{t_{ликв} + t_{сол}}{2} = 1175°$ С.

Параметры технологического процесса

Принимаем $t_ф = 20°$ С, $t_{выб} = 600°$ С. Температура жидкого металла перед заливкой $t_{зал} = 1320 — 1350°$ С.

Таким образом, необходимо определить химический состав чугуна и время выдержки отливки в форме.

Определение химического состава чугунов

Состав чугуна можно рассчитать по требуемой структуре и скорости затвердевания отливки.

Расчет скорости затвердевания данной детали будем вести по формуле (121), так как эта отливка в целом (в тепловом смысле) «плоская» (кроме закраины диаметром 630 *мм* и шейки для штока диаметром 75 *мм*). Это легко проверить по отношению толщины тела отливки к радиусу кривизны поверхности (см. § 4). Толщина отливки в основном ~ 22 *мм*. Поскольку вся отливка образуется с одной стороны формой, а с другой — стержнем (целиком в стержнях формируется корпус сальника), скорости затвердевания отливки с той или с другой стороны будут равными.

Рассчитаем толщину тела отливки, которая затвердеет со стороны формы, и соответственно стержня за время полного затвердевания. Расчет будем вести по следующей формуле:

$$\xi_ф = \frac{2\,b(t_{кр} - t_ф)}{\gamma_1 \rho_1 \sqrt{\pi}} \sqrt{\tau}\ м.$$

Подставим значения известных величин:
для формы

$$\xi_ф = \frac{2 \cdot 15(1175 - 20)}{7200 \cdot 50} \sqrt{\tau} = 0{,}0544 \sqrt{\tau}\ м;$$

для стержня

$$\xi_{ст} = \frac{2 \cdot 9{,}3(1175 - 20)}{7200 \cdot 50} \sqrt{\tau} = 0{,}0336 \sqrt{\tau}\ м.$$

Если иметь в виду, что сумма толщины этих корочек, образовавшихся за время затвердевания, равна толщине тела отливки, т. е. $\xi_ф + \xi_{ст} = 0{,}022$ *м*, то $\xi_ф = 0{,}0135$ *м* и $\xi_{ст} = 0{,}0025$ *м* ($\xi_ф = 13{,}5$ *мм* и $\xi_{ст} = 8{,}6$ *мм*).

Рассчитаем скорости затвердевания:
для формы

$$v_ф = \frac{2}{\xi_{ст}} \cdot \frac{15{,}0(1175 - 20)^2}{1200 \cdot 50 \sqrt{\pi}} = \frac{0{,}00264}{\xi_{ст}}\ м/час;$$

для стержня

$$v_{ст} = \frac{2}{\xi_{ст}} \cdot \frac{9{,}3(1175 - 20)}{1200}\ м/час.$$

Отливка тем плотнее, чем с большей скоростью она затвердевает в форме. Рассчитаем скорость к концу процесса, т. е. в центре тела отливки; подставим в эти формулы найденные значения $\xi_ф$ и $\xi_{ст}$:

$$v_ф = \frac{0{,}00264}{0{,}0135} = 0{,}196 \text{ м/час};$$

$$v_{ст} = \frac{0{,}00102}{0{,}0025} = 0{,}12 \text{ м/час}.$$

Наибольшую плотность имеют машиностроительные чугунные детали с перлитной структурой. Для перлитного чугуна отношение $C_{эр}/C_0 = 0{,}72 \div 0{,}78$.

Определим теперь сумму C + Si для нашей отливки по диаграмме на фиг. 440. Оптимальная величина суммы C + Si = 4,5 — 4,8, так как в этом случае обеспечивается получение перлитной структуры по всей толщине тела отливки. Если принять P $\leqslant$0,2%, S $\leqslant$ 0,15%, Mn = 0,7—0,8%, C=3,1—3,3%, то по формуле (47) Si = 1,42—1,62%.

Таким образом, химический состав чугуна для крышки паровозного цилиндра: C = 3,1—3,3%; Si = 1,42—1,62%; Mn = 0,7—0,8%; P $\leqslant$ 0,2% и S $\leqslant$ 0,15.

Определение времени выдержки отливки в форме

Рассчитываем время выдержки отливки в форме по этапам охлаждения по формулам (113), (104) и (115).

Время отвода теплоты перегрева:

$$\sqrt{\tau_{II}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{V_1 \gamma_1 c_1'}{2} \left(\frac{t_{зал} - t_{ликв}}{t_{зал} - t_ф} \right) = \frac{\sqrt{\pi} \cdot 0{,}0135 \cdot 7200 \cdot 0{,}2}{2 \cdot 15{,}0 \cdot 1320};$$

$$\tau_{II} = 0{,}011 \text{ часа}.$$

Здесь вместо $\frac{V_1}{F_1}$ поставлена $\xi_ф$, так как $\frac{V_1}{F_1}$ (м) есть приведенная толщина тела отливки. Для плоской отливки при условии, что она охлаждается равномерно со всех сторон, $\frac{V_1}{F_1}$ равна половине толщины тела, т. е. $\frac{V_1}{F_1} = X_1$. В нашем случае $\frac{V_1}{F_1} = \xi_ф$, если расчет ведется по параметрам формы, или $\frac{V_1}{F_1} = \xi_{ст}$, если расчет ведется по параметрам стержня.

Время затвердевания:

$$\sqrt{\tau_{III}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{V_1 \gamma_1 \rho_1}{b_2 F_1 (t_{кр} - t_ф)} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot 0{,}0135 \cdot 7200 \cdot 50}{2 \cdot 15{,}0 (1175 - 20)};$$

$$\tau_{III} = 0{,}0615 \text{ часа},$$

Время охлаждения твердой отливки до температуры выбивки:

$$\sqrt{\tau_{IV}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{V_1 \gamma_1 c_1' (t_{сол} - t_{выб})}{b_2 F_1 (t_{сол} - t_{ф})} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot 0{,}0135 \cdot 7200 \cdot 0{,}15\,(1150 - 600)}{2 \cdot 15{,}0\,(1150 - 20)};$$

$$\tau_{IV} = 0{,}167 \text{ часа}.$$

Время выдержки, следовательно, равно

$$\tau = 0{,}011 + 0{,}0615 + 0{,}167 = 0{,}230 \text{ часа}.$$

По диаграмме П. Г. Новикова время выдержки для $M = 0{,}1 \div 0{,}2$* при $t_{зал} = 1350°$ С; $t_{выб} = 600°$ С равно $\tau = 13$ мин.

Определение узлов отливки, в которых возможно появление дефектов усадочного происхождения

Появление усадочных рыхлот, пористости или раковин возможно, как известно, в местах местного скопления материала, т. е. в узлах, где скорость затвердевания меньше, чем скорость затвердевания основного тела отливки. На первый взгляд появление дефектов усадочного происхождения можно ожидать в теле шейки корпуса сальника (диаметр 75 *мм*) и особенно в «закраине» крышки (толстый бурт диаметром 630 *мм*). Проведем соответствующие расчеты.

«Закраина» или бурт, как будем называть ее в дальнейшем, представляет собой массивный обод, наружный диаметр которого 630 *мм*, внутренний 530 *мм*, высота 70 *мм*; сечение тела бурта 50 × × 70 *мм*.

Как было отмечено выше, при охлаждении отливки с малой интенсивностью ($We_1 \ll 1$) отливку можно рассматривать по элементам (узлам) независимо друг от друга. Рассмотрим этот кольцевой бурт. Вследствие того что отношение радиуса бурта к толщине $\left(\frac{50}{530} = 0{,}094\right)$ меньше 0,15—0,2, его можно рассматривать в тепловом отношении как прямой стержень 50 × 70. Этот теперь прямой стержень прямо-

---

* Массивность можно рассчитать как $M = \frac{v_{отл}}{v_{габ}}$. В нашем случае габариты: диаметр цилиндра 630 *мм*, высота 280 *мм*, т. е.

$$v_{габ} = \frac{63^2}{4} \cdot 28 = 87\,000 \text{ см}^3;$$

$$v_{отл} = \frac{G_{отл}}{\gamma_1} = \frac{114\,000}{7{,}2} = 15\,850 \text{ см}^3; \quad M = \frac{15\,850}{87\,000} = 1{,}8.$$

угольного сечения можно трансформировать в стержень с круглым сечением[1] диаметром 59 *мм*.

Расчет времени затвердевания будем вести по формуле (104), учитывая (106):

$$\sqrt{\tau} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{\xi\left(1 - \frac{1}{2}\frac{\xi}{x_1}\right)}{b_0 (t_{кр} - t_ф)};$$

для расчета времени полного затвердевания примем $\xi = x_1 = 0{,}295$, т. е.

$$\sqrt{\tau_{III}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2} x_1 \gamma_1 \rho_1}{b_0 (t_{кр} - t_ф)} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}0295 \cdot 7200 \cdot 50}{2 \cdot 18{,}8\,(1175 - 20)};$$

$$\tau_{III} = 0{,}0470 \text{ часа}.$$

Таким образом, время затвердевания бурта крышки меньше, чем время затвердевания основного тела (0,0615), и усадочные раковины не могут появиться.

Рассчитаем теперь время затвердевания корпуса сальника, учитывая, что весь он выполняется сухим стержнем. Корпус в целом следует рассчитывать как плоскую стенку, так как отношение диаметра к толщине меньше 0,2 $\left(\frac{20}{120 - 6{,}0 \cdot 2} = 1{,}88\right)$; $6{,}0 \cdot 2$ — припуск на обработку (см. фиг. 437). Толщина $x_1 = 0{,}01$ *м*

$$\sqrt{\tau_{III}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{x_1 \gamma_1 \rho_1}{b_2 (t_{кр} - t_ф)} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot 0{,}01 \cdot 7200 \cdot 50}{2 \cdot 9{,}3\,(1175 - 20)};$$

$$\tau_{III} = 0{,}088 \text{ часа}.$$

Время затвердевания шейки диаметром 75 *мм* можно рассчитывать, воспользовавшись приемом преобразования узла сложной конфигурации в более простой; в данном случае, допуская некоторую неточность, в цилиндр диаметром 45 *мм* при $b_2 = 11{,}8$ *ккал/м*^{2} °С *час*.

$$\sqrt{\tau_{III}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} = \frac{0{,}0125 \cdot 7200 \cdot 500}{11{,}8\,(1175 - 20)};$$

$$\tau_{III} = 0{,}089 \text{ часа}.$$

---

[1] Можно предложить для пересчета прямоугольного бруса в цилиндрический следующий расчет. Площадь сечения прямоугольного бруса ~ 2637 *мм*^{2}, диаметр цилиндрического, следовательно, 59 *мм*. Но, как известно, скорости охлаждения прямоугольного и цилиндрического стержней разные, поэтому нужно ввести поправку на коэффициент теплообмена. Это можно сделать, используя следующее соотношение [1]: $\alpha_0 = \alpha_1 \frac{P_1}{P_0}$, где α_1 — коэффициент теплоотдачи для данного тела; α_0 — для искомого тела; P_1 — периметр сечения тела; P_0 — искомого тела. В нашем случае $P_1 = 232$ *мм*; $P_0 = \pi \cdot 59 = 185$ *мм*; $\frac{P_1}{P_0} = \frac{282}{185} = 1{,}25$ и, следовательно, $b_0 = b_2 \cdot 1{,}25 = 15{,}0 \cdot 1{,}25 = 18{,}8$ *ккал/м*^{2} °С *час*$^{0{,}5}$.

Таким образом, в корпусе сальника можно ожидать появление усадочной рыхлости или пористости, вытянутой по цилиндрической части корпуса. Этот дефект можно устранить путем применения холодильников с внутренней стороны.

Если к полученным результатам добавить расчет литниковой системы, расчет шихты и времени на изготовление формы, то на этом расчет основных параметров технологического процесса отливки крышки паровозного цилиндра можно считать законченным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейник А. И., Тепловые основы теории литья, Машгиз, 1953.
2. Лыков А. В., Теория теплопроводности, Госэнергоиздат, 1952.
3. Баландин Г. Ф., Исследование процесса затвердевания чугуна в различных условиях охлаждения отливки, Диссертация, 1954.
4. Кривошеев А. Е., Литые валки, Металлургиздат, 1957.
5. Справочник мастера по чугунному литью. Машгиз, 1953, стр. 156, стр. 161.
6. Рубцов Н. Н., Специальные виды литья, Машгиз, 1955, стр. 150.
7. Рубцов Н. Н., История литейного производства в СССР, часть I, Машгиз, 1947.
8. Рубцов Н. Н., Возникновение и развитие основных приемов формовки, „Литейное производстто", № 12, 1952.
9. Нехендзи, Ю. А., Стальное литье, Металлургиздат, 1947.
10. Василевский П. Ф., Стальное литье, Машгиз, 1950.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Часть первая. **Формовочные материалы** 15

Глава I. Основные понятия о формовочных материалах 15

§ 1. Физико-химические свойства 15
§ 2. Механические свойства формовочных и стержневых смесей 22
§ 3. Технологические свойства формовочных и стержневых материалов и смесей 27

Глава II. Формовочные пески 29

§ 1. Общее представление о происхождении песков, их возрасте и характере залегания 30
§ 2. Минералогический состав формовочных песков 32
§ 3. Характеристика формовочных песков по содержанию глинистых составляющих 33
§ 4. Зерновой состав 36
§ 5. Классификация 38
§ 6. Технологические свойства 40
§ 7. Газопроницаемость песков и смесей и ее определение 45
§ 8. Теплофизические свойства песков 46
§ 9. Выбор формовочных песков 47

Глава III. Формовочные глины 48

§ 1. Происхождение глин 48
§ 2. Минералогический состав 48
§ 3. Зерновое строение 49
§ 4. Влияние адсорбции на связующие способности глин 50
§ 5. Классификация 54
§ 6. Методы испытания 56
§ 7. Выбор глин в зависимости от назначения смеси 58

Глава IV. Новые формовочные материалы 59

§ 1. Оливинитовые породы 59
§ 2. Хромит 60
§ 3. Магнезит 60
§ 4. Цирконовый песок 60

Глава V. Специальные связующие вещества для формовочных и стержневых смесей 61

§ 1. Основные требования, предъявляемые к связующим материалам . . 61
§ 2. Классификация связующих материалов 61
§ 3. Составы различных связующих 63
§ 4. Искусственные смолы 67
§ 5. Выбор связующих материалов 69

Глава VI. Противопригарные и другие вспомогательные материалы . . 73

§ 1. Понятие о пригаре 73
§ 2. Механический пригар 73
§ 3. Химический пригар 74
§ 4. Термический пригар 74
§ 5. Влияние материала формы на пригар 75
§ 6. Противопригарные добавки в смеси 76
§ 7. Противопригарные краски и натирки 78
§ 8. Свойства и составы формовочных красок 78
§ 9. Замазки и клеи 82

Глава VII. Формовочные и стержневые смеси, их приготовление и применение 83

§ 1. Классификация формовочных смесей 83
§ 2. Формовочные смеси для чугунного литья 85
§ 3. Формовочные смеси для стального литья 87
§ 4. Быстротвердеющие формовочные смеси для чугунного и стального литья 89
§ 5. Формовочные смеси для цветного литья 90
§ 6. Специальные формовочные смеси 93
§ 7. Технология приготовления формовочных смесей 94
§ 8. Технологические свойства стержневых смесей 97
§ 9. Типовые составы стержневых смесей 100
§ 10. Быстротвердеющие стержневые смеси для чугуна и стали 100
§ 11. Смеси для сырых стержней 101
§ 12. Стержневые смеси для цветного литья 102
§ 13. Технологический процесс приготовления стержневых смесей 103

Глава VIII. Сушка форм и стержней 105

§ 1. Существующие методы термической обработки форм и стержней . . . 105
§ 2. Сушила и устройства для сушки форм и стержней 109
§ 3. Восстановление отработавших формовочных песков 119
Литература 128

Часть вторая. **Производство модели** 130

Глава I. Проектирование модельного комплекта 130

§ 1. Основное понятие о модельных комплектах 130
§ 2. Технологическая разработка модельных комплектов 131
§ 3. Нормализация однотипных моделей и стержневых ящиков 136
§ 4. Рациональные способы изготовления деревянных моделей 139
§ 5. Оформление чертежей для изготовления моделей 139
§ 6. Литейные уклоны, галтели, припуски на усадку сплавов и на механическую обработку 141

Глава II. Дерево, пиломатериалы и метод подсчета потребной древесины 149

§ 1. Дерево как материал для моделей 149
§ 2. Строение дерева 150
§ 3. Распиловка и сушка древесины 151
§ 4. Породы дерева, применяемые в модельном производстве 158
§ 5. Определение количества древесины, потребляемого в течение года 161

Глава III. Основное оборудование и инструмент, применяемые при изготовлении деревянных моделей 162

§ 1. Оборудование 162
§ 2. Основной инструмент 171

Глава IV. Способы изготовления заготовок и отдельных частей для моделей и стержневых ящиков 177

§ 1. Соединение отдельных заготовок между собой сплачиванием, вязкой и склеиванием 177
§ 2. Способы прикрепления отъемных частей модели 185
§ 3. Соединение разъемных моделей и стержневых ящиков 186

Глава V. Деревянные модели и стержневые ящики 187

§ 1. Классификация моделей по прочности 187
§ 2. Классификация моделей по точности их изготовления 189
§ 3. Классификация моделей по материалам 190
§ 4. Классификация моделей по размерам 191
§ 5. Классификация моделей по конструкции 191
§ 6. Стержневые знаки 196
§ 7. Приемы отделки моделей и стержневых ящиков и применяемые материалы 201
§ 8. Модельный склад 204

Глава VI. Примеры изготовления деревянных моделей 205

§ 1. Изготовление модельного комплекта глухого подшипника 205
§ 2. Изготовление модельного комплекта корпуса вентиля 208
§ 3. Изготовление модели стойки 216
§ 4. Изготовление модельного комплекта колпачка 216
§ 5. Изготовление модельного комплекта поршня 219
§ 6. Изготовление модельного комплекта втулки 220
§ 7. Изготовление модельного комплекта для конического катка 221
§ 8. Изготовление шаблона модели для крышки 223
§ 9. Изготовление модели плиты в виде рамки 224
§ 10. Изготовление скелетной модели крупной трубы 225
§ 11. Способ изготовления крупной модели станины станка 226
§ 12. Изготовление модели цилиндрического зубчатого колеса 227

Глава VII. Изготовление моделей из гипса и цемента 230

§ 1. Модели из гипса 230
§ 2. Модели из цемента 232
§ 3. Железобетонные модели 233

Глава VIII. Металлические модели и стержневые ящики 235

§ 1. Назначение металлических моделей 235
§ 2. Сплавы для металлических моделей, стержневых ящиков, драйеров и сушильных плит 237
§ 3. Процесс изготовления металлических моделей, стержневых ящиков и модельных плит 238
§ 4. Запайка пороков в металлических моделях мягкими и твердыми припоями 250

Литература 252

Часть третья. **Технология изготовления литейной формы** 253

Глава I. Возникновение и развитие основных приемов формовки . . . 253

§ 1. Формовка кусковая, по шаблону и по модели 261
§ 2. Изготовление стержней 278
§ 3. Оболочковые формы 286

Глава II. Способы формовки 288

§ 1. Основные поняти об элементах формы, процессе производства и классификации способов формовки 288

§ 2. Ручная формовка 292
§ 3. Машинная формовка 320
§ 4. Примеры формовки 357

Глава III. Изготовление стержней 383

§ 1. Основные положения 383
§ 2. Выбор линии разъема стержней 390
§ 3. Конструкция знаков 393
§ 4. Способы изготовления стержней 402
§ 5. Вытряхные стержневые ящики 412
§ 6. Изготовление стержней при помощи шаблонов 414
§ 7. Механизация стержневых работ 415

Глава IV. Литниковые системы 430

§ 1. Общие сведения 430
§ 2. Назначение литниковой системы 431
§ 3. Типы литниковых систем 433
§ 4. Расчет литниковой системы 444
§ 5. Особенности литниковой системы для ковкого чугуна 458
§ 6. Особенности литниковой системы для стального литья 462
§ 7. Особенности литниковой системы для алюминиевых и магниевых сплавов 475

Глава V. Сборка и заливка форм 480

§ 1. Сборка литейных форм 480
§ 2. Установка литниковых и выпорных чаш 480
§ 3. Нагрузка (крепление) формы. Расчет груза 481
§ 4. Заливка формы. Литейные ковши 483

Глава VI. Выбивка и очистка литья 484

§ 1. Общие сведения 484
§ 2. Выбивка отливок из формы 486
§ 3. Механизация выбивки стержней 494

Глава VII. Основные принципы проектирования технологического процесса формовки 502

§ 1. Выбор технологического процесса формовки в зависимости от объема, характера и условий производства 502
§ 2. Определение положения деталей в форме при формовке и заливке. Поверхность разъема формы 502
§ 3. Определение числа стержней и их границ 505
§ 4. Конструкция фиксаторов и знаков стержней 508
§ 5. Выбор типа формовки и расположения моделей на плите 508
§ 6. Порядок разработки технологического процесса формовки 509

Глава VIII. Расчет затвердевания и охлаждения отливок в песчано-глинистой форме 525

§ 1. Основные положения 525
§ 2. Теплообмен между телом и средой 526
§ 3. Тепловое взаимодействие отливки и формы 529
§ 4. Охлаждение отливки в песчано-глинистой форме 532
§ 5. Расчет параметров технологического процесса по заданной структуре чугунной отливки 540
§ 6. Расчет параметров технологического процесса отливки чугунных деталей в песчано-глинистых формах 547

Литература 553

Николай Николаевич Рубцов, Василий Васильевич Балабин,
Михаил Иванович Воробьев
ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

Технический редактор *А. Я. Тиханов*
Корректоры *Ю. Н. Рыбакова*
и *С. Е. Шанурина*

Сдано в производство 16/V 1959 г.
Подписано к печати 12/IX 1959 г.
Т-10505. Тираж 15 000 экз.
Печ. л. 35,72 (2 вклейки). Уч.-изд. л. 37,5
Бум. л. 17,88. Формат 60×92/16
Заказ № 569

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза
Ленинград, ул. Моисеенко, 10

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
«МАШГИЗ»

НОВЫЕ КНИГИ
ПО ЛИТЕЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

АКСЕНОВ П. Н. и др. **Конструктивные чертежи машин литейного производства.** Учебное пособие для втузов 218 стр., ц. 21 р. 40 к.

БУТАЛОВ В. А. **Модельщик.** Справочное пособие. 300 стр., ц. 8 руб.

ВОЛКОМИЧ А. И. и др. **Литейные машины.** 464 стр., ц. 22 р. 50 к.

ГОЛОВИН С. Я. **Особые виды литья.** Краткие справочные материалы. 462 стр., ц. 15 р. 75 к.

ДУБИНИН Н. П. **Механизация и автоматизация литья в металлические формы.** 396 стр,, ц. 14 р. 60 к.

ЗОТОВ Б. Н. **Художественное литье.** Изд. 2-е переработ. и доп. Учебник для художественных ремесленных училищ. 254 стр., ц. 5 р. 35 к.

ИВАНОВ В. Н. **Брак и дефекты в литье по выплавляемым моделям.** 72 стр., ц. 2 р. 25 к.

КОРОВИНА Г. В. **Литая графитизированная сталь.** 39 стр., ц. 1 р. 10 к.

ЛЮБЕЦКИЙ Д. Г. **Производство стали и отливок в вакууме.** 174 стр., ц. 7. р. 15 к.

Механизация и автоматизация трудоемких процессов в литейном производстве. Под ред. Г. И. Кобылянского. 228 стр., ц. 9 р. 25 к.

МИНАЕВ А. Н. и ШИПИЛИН Б. И. **Литейные печи и сушила.** Учебное пособие для машиностроительных и политехнических вузов. 472 стр., ц. 12 р. 70 к.

СОСНЕНКО М. Н. **Современные литейные формы.** 275 стр., ц. 7 р. 50 к.

Теория и практика литейного производства. Под ред. А. А. Горшкова. (Уральский Политехнический институт им. С. М. Кирова, вып. 89). 263 стр., ц. 10 р. 40 к.

Продажа книг и прием предварительных заказов на издания Машгиза производятся во всех книжных магазинах книготоргов.

При отсутствии книг в местных магазинах заказ следует направить по адресу: *Москва, Ж-109, 2-я Фрезерная ул., д. № 14, Ассортиментный отдел Центральной оптовой книжной базы.*

Книги будут высланы наложенным платежом.

ПОЛЬЗУЙТЕСЬ ИНФОРМАЦИЕЙ ИЗДАТЕЛЬСТВА О ВЫХОДЯЩИХ КНИГАХ

СВОЕВРЕМЕННО ЗАКАЗЫВАЙТЕ НЕОБХОДИМУЮ ЛИТЕРАТУРУ

КНИЖНЫЕ МАГАЗИНЫ ПРИНИМАЮТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАКАЗЫ

Предварительные заказы оформляются в книжном магазине на почтовой открытке лично покупателями.

По мере поступления литературы покупатели извещаются книжным магазином по почте.

Заказ сохраняется в течение недели с момента извещения.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАКАЗЫ ЭКОНОМЯТ ВРЕМЯ И ОБЕСПЕЧИВАЮТ ПОКУПКУ КНИГ В ПЕРВЫЕ ДНИ ПРОДАЖИ

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
9	17-я сверху	шахматные печи	шахтные печи
33	3-я „	$Na_2K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	$(Na_2K_2) O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
49	16-я снизу	$(K_2Na) O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	$(K_2Na_2) O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
56	5-я „	Глина . . . 12 4	Глина . . . 10 4
67	12-я сверху	К40/70	КО315А
79	Табл. 17, Примечание 2, 1-я снизу	краску ТК	краску ТГ
91	Табл. 23, графа 3, 1-я сверху	7—10	17—10
321	Табл. 56, графа 1, 1-я снизу	Отнести отливки	Отнести опоки
558	3-я сверху	Литейные сплавы	Литейные формы

Н. Н. Рубцов и др. «Литейные формы», Зак. 569.

Д1
12975