

621.74  
3-38

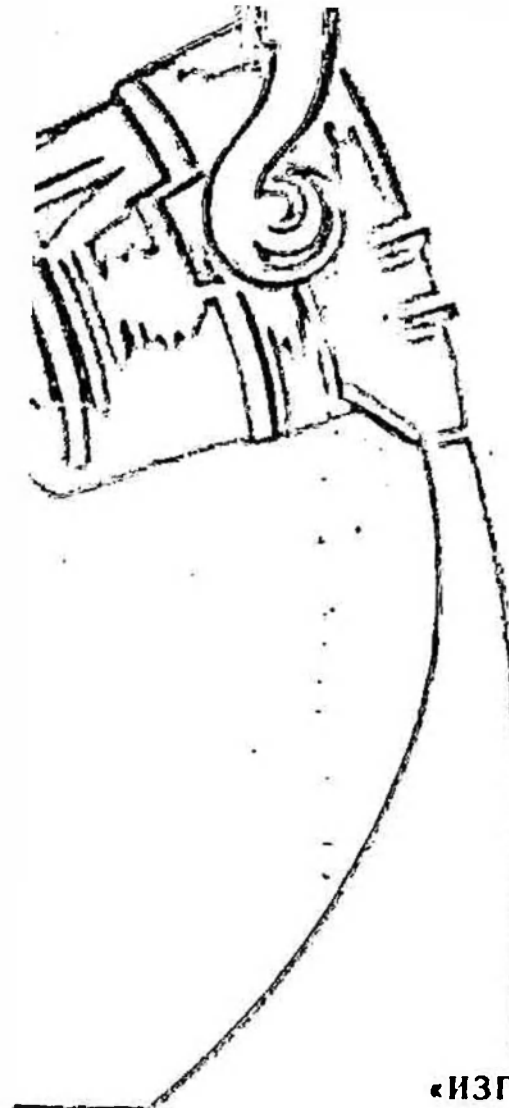
НАУЧНО-  
ПОПУЛЯРНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
РАБОЧЕГО-  
ЛИТЕЙЩИКА



*Б. П. Захаров*

**РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА  
ФОРМОВКИ**

**МАШГИЗ**



«Научно-популярная библиотека рабочего-литейщика» предназначена для читателя, не имеющего специального технического образования. Небольшие по объему книги, входящие в «Библиотеку», популярно излагают основы литейного производства и имеют целью расширение технического кругозора и повышение теоретических знаний рабочих-литейщиков.

«Библиотека» состоит из пяти серий: «Изготовление отливок в песчаных формах», «Специальные виды литья», «Плавка, заливка, обрубка», «Отливки и их свойства», «Организация производства в литейных цехах». Книги «Библиотеки» должны помочь рабочему в более глубоком усвоении теоретических и практических основ литейного производства.

#### Первая серия

### «ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ»

1. Б. П. Захаров, Литейное производство.
2. Б. П. Захаров, Разработка технологического процесса формовки.
3. М. С. Разумов, Формовочные материалы и смеси.
4. Б. И. Шипилин, Изготовление стержней.
5. В. С. Гилев, А. Д. Попов, Формовка мелких отливок.
6. В. Н. Разумов, Формовка крупных отливок.
7. Л. М. Волпянский, Машинная формовка.

Все семь выпусков первой серии будут изданы в 1962 г., и их можно будет приобрести во всех магазинах Союзкниготорга. В г. Свердловске обращайтесь за приобретением брошюр в магазин № 8 «Техническая книга» по адресу: ул. Малышева, 31а, телефон Д1-59-81.

Остальные четыре серии «Библиотеки», перечень выпусков которых приведен в конце книги, будут изданы в 1963 г.

Издательство просит сообщить свои замечания по выпускаемым брошюрам.

Наш адрес: Свердловск, ул. Малышева, 36, Урал-Сибирское отделение Машгиза.

✓ 2005

621.74/1  
3-38

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
РАБОЧЕГО -  
ИНТЕЛЛЕКТА

ВЫПУСК 2

*Б. П. Захаров*

**РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА  
ФОРМОВКИ**

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1962 СВЕРДЛОВСК

СВЕРДЛОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
Библиотечка  
9203

В настоящем, втором, выпуске «Библиотеки» рассказывается о том, как разрабатывается технологический процесс формовки отливок, каким требованиям должны удовлетворять отливки и как выполнить эти требования.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

«НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ БИБЛИОТЕКИ  
РАБОЧЕГО-ЛИТЕРАТУРЩИКА»:

Л. М. Волпянский, Б. П. Захаров, П. Г. Лузин,  
Ю. П. Поручиков, А. С. Филиппов

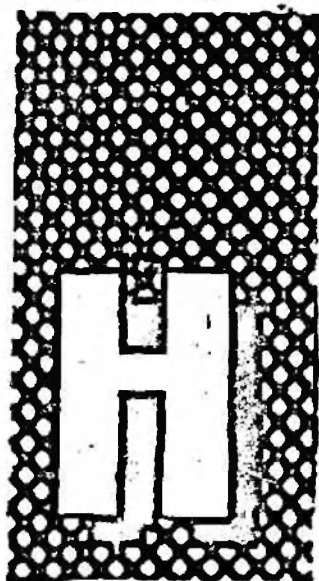
---

УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА

Ведущий редактор инж. Н. Д. Чиликина

## ДЛЯ ЧЕГО НУЖНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

КАКИМИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОТЛИВКИ



а вопрос, поставленный в заголовке: какими должны быть отливки? — обычно отвечают кратко: отливки должны быть качественными. И отвечают совершенно правильно: отливки, действительно, должны быть такими. Но в этом совершенно правильном ответе есть некоторая неопределенность: какие отливки мы можем назвать качественными, а какие качественными признать нельзя?

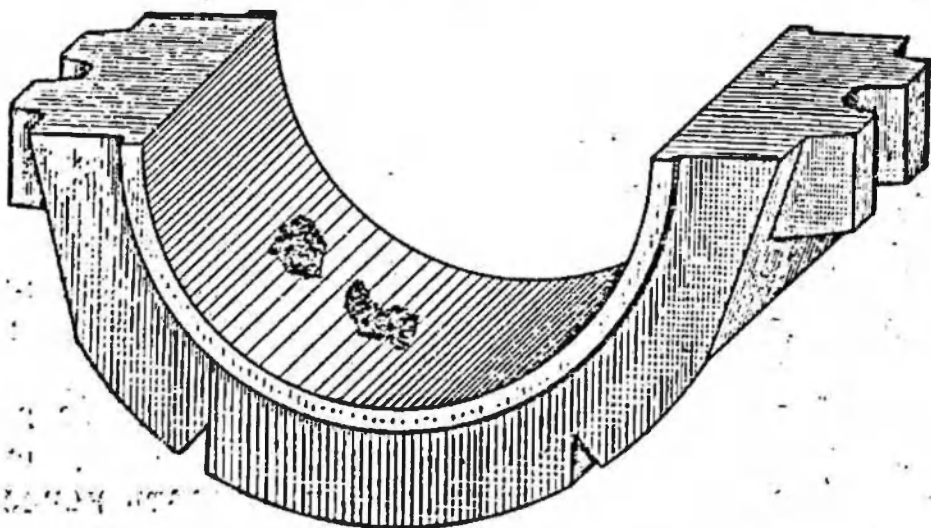
Рассмотрим этот вопрос прежде всего с точки зрения конструктора. Встанем на его место и попытаемся взглянуть на отливки его глазами.

Каждая отливка, как и вообще любая деталь, составляет часть машины и выполняет в машине определенную работу. Одни детали передают движение (шестерни, шкивы, рычаги), другие поддерживают остальные части машины (станины, корпуса), третьи воспринимают действующую на машину нагрузку (поршни, втулки). Для того чтобы детали машин успешно выполняли свою работу, они прежде всего *должны быть изготовлены из того сплава, который предусмотрен чертежом* и который обладает нужными для работы детали свойствами: прочностью, твердостью, износостойкостью, электропроводностью и т. д.

Но если даже отливка изготовлена из надлежащего сплава, одного этого еще далеко не достаточно, чтобы признать отливку качественной. Нужно еще, чтобы и по своей форме и по своим размерам отливка соответствовала требованиям чертежа. Если отливка подлежит механической обработке, — а таких отливок большинство, — то ее размеры и форма должны быть такими, чтобы из

нее можно было изготовить необходимую деталь. Иными словами, *размеры отливки должны быть не меньше размеров детали*. Иначе при механической обработке на отливке останутся черновины (фиг. 1), и если их удалить, то размеры детали окажутся меньше тех, которые должны быть по чертежу. Отливку придется забраковать.

Некоторые отливки или, по крайней мере, некоторые части отливок не обрабатываются. В этом случае к раз-



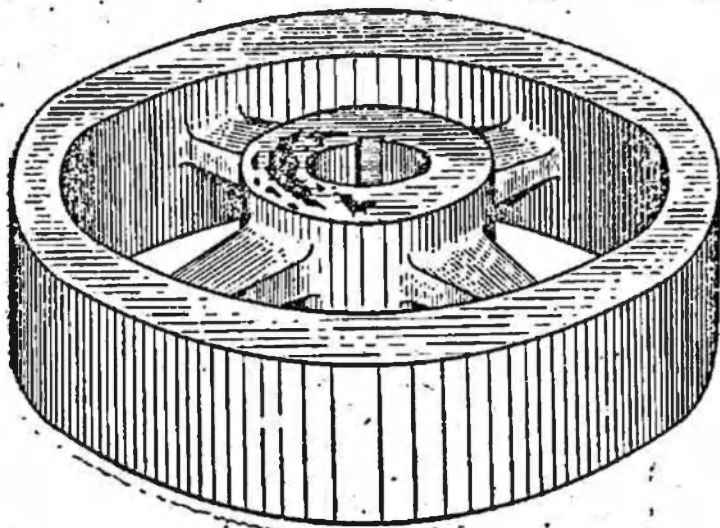
Фиг. 1. Размеры отливки меньше размеров детали, и на детали при ее механической обработке остались черновины.

мерам отливок предъявляются еще более строгие требования: размеры отливок должны быть и не меньше, и не больше тех, которые предписаны чертежом. Если размеры отливок окажутся меньше требуемых, то такие отливки придется забраковать окончательно. Если, наоборот, размеры отливок получатся больше требуемых, то такие отливки придется подвергать дополнительно непредусмотренной механической обработке.

Но допустим, что отливка изготовлена из надлежащего сплава и ее размеры соответствуют чертежу. Можно ли такую отливку считать качественной? Можно, но лишь в том случае, если будет уверенность, что отливка «здоровая», т. е. что в ней нет внешних и особенно внутренних пороков: газовых или усадочных раковин, трещин, крупных песочных или шлаковых включений. Всякие внутренние пороки ослабляют отливку, делают ее менее прочной. Если изготовить отливку даже из самого лучшего, самого прочного сплава, но изготовить ее плохо,

так, что внутри ее окажутся значительные раковины или иные пороки, то отливка никак не может быть признана качественной.

Могут спросить: а как же обнаружить, есть ли в отливке внутренние пороки. Ведь именно потому, что они внутренние, их не рассмотришь. Действительно, не всегда мы можем обнаружить в отливках внутренние пороки, и отливки с ними поступают на механическую обработ-

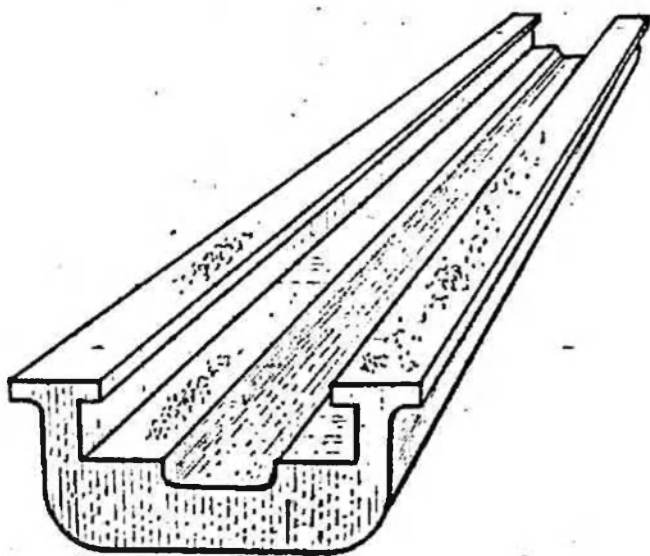


Фиг. 2. При механической обработке отливки вскрылись усадочные раковины.

ку. Вот тут-то чаще всего эти внутренние пороки и обнаруживаются (фиг. 2).

Внутренние пороки можно обнаружить и не подвергая отливки механической обработке. Некоторые отливки, например, подвергаются гидравлическим испытаниям, т. е. испытаниям водой под давлением. Для этого наливают в отливку воду, плотно закрывают в ней все отверстия и при помощи насоса доводят давление воды внутри отливки до нескольких атмосфер (иногда до 50 и даже больше). Если в испытуемой отливке есть внутренние пороки, то через поры и раковины будет просачиваться вода, указывая на наличие внутренних пороков. Существуют и другие способы выявления внутренних пороков в отливках: просвечивание рентгеновскими лучами, гамма-лучами и т. д. Об этих способах рассказано в отдельном выпуске нашей «Библиотеки» — «Контроль в литейном производстве». А сейчас вернемся к рассмотрению требований, которым должна удовлетворять качественная отливка:

Для того чтобы мы могли признать отливку качественной, ее обработанные поверхности должны быть чистыми, т. е. не иметь раковин, пор, засоров и других пороков (фиг. 3). Чистота поверхности особенно важна в тех случаях, когда по этой поверхности происходит трение одной детали о другую. Это относится к таким деталям, как направляющие станков, шестерни, втулки. В раковины и поры, имеющиеся на нечистых поверхностях, могут попасть песчинки, наждачная пыль, мелкие



Фиг. 3. На обработанной поверхности отливки оказались многочисленные мелкие поверхностные пороки — «сыпь».

стружки, которые при работе машины будут царапать поверхности трения и вызывать быстрый износ их.

Большое значение имеет также чистота контактных поверхностей токопроводящих деталей. Через эти поверхности электрический ток из одной детали переходит в другую. И если эти поверхности будут нечистыми, то возникнет дополнительное сопротивление прохождению электрического тока, и деталь будет перегреваться.

Чистыми должны быть также наружные поверхности деталей машины, потому что поверхность с раковинами и порами производит очень неприятное впечатление. Об отливках с поверхностью, испорченной различными пороками, говорят, что они не имеют «товарного вида».

Мы кратко рассмотрели основные требования, которые предъявляет к отливкам конструктор. К этим требованиям конструктора добавляются еще требования

станочников, которые обрабатывают на станках наши отливки. Основное их требование состоит в том, чтобы *отливки легко обрабатывались*. Отливки с повышенной твердостью с трудом поддаются обработке, а отливки с высокой твердостью совсем не поддаются обработке обычными режущими инструментами.

В некоторых случаях повышенная твердость отливок зависит не от литейщиков, а от свойств самого сплава. Известно, например, что отливки из модифицированного чугуна или из некоторых легированных сталей обладают повышенной твердостью и пониженной обрабатываемостью, и не во власти литейщиков изменить это. Жалобы на литейщиков за повышенную твердость таких сплавов совершенно бессмысленны.

Но бывает и так, что повышенную твердость имеют отливки из обычного серого чугуна или из обычной углеродистой стали. В этом случае дело не в свойствах сплава, и повышенная твердость есть результат каких-либо нарушений нормального технологического процесса. В этих случаях вина литейщиков несомненна. Часто бывает и так, что плохая, обрабатываемость отливок объясняется не высокой твердостью самого металла, а образованием на поверхности отливок пригара, т. е. слоя металла, спекшегося с формовочной смесью.

Повышенная твердость отливок из обычного серого чугуна или из простой углеродистой стали, а также пригар — это серьезные пороки, резко ухудшающие качество отливок.

Существенно для станочника также и то, на сколько размеры отливки больше размеров детали. Ведь чем больше размеры отливки, тем дольше придется станочнику обрабатывать ее и тем больше металла уйдет в стружку. Значит, к требованию конструктора о том, чтобы размеры отливки были не меньше размеров детали, добавляется требование станочников, чтобы они и *не на очень много их превосходили*.

Итак, качественной мы назовем такую отливку, которая удовлетворяет следующим требованиям:

- 1) изготовлена из надлежащего сплава;
- 2) ее размеры соответствуют чертежу, а обрабатываемые поверхности имеют небольшие припуски (не больше установленных стандартами или техническими условиями);

- 3) не имеет внешних и внутренних пороков;
- 4) легко поддается обработке (кроме отливок из труднообрабатываемых сплавов).

### В ЧЕМ СОСТОЯТ ТРУДНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК

Те требования к отливкам, о которых мы только что говорили, совершенно правильные, естественные и законные. Все мы — и конструкторы, и станочники, и литейщики — заинтересованы в том, чтобы наши машины были хорошими, надежными, красивыми, долговечными. А раз так, значит, хорошими, качественными должны быть и те детали, из которых собираются машины. Качественными должны быть, следовательно, и те заготовки, в частности отливки, из которых обрабатываются детали. Из плохих заготовок не сделаешь хороших деталей. Из плохих деталей не соберешь хороших машин. Это бесспорно, и об этом нет нужды много говорить.

Речь идет не о том, должны ли быть отливки качественными, а о том, как сделать их такими. Только человек, не знающий литейного производства и свойств литейных сплавов, может думать, что изготовить качественную отливку не так уж трудно. Стоит лишь постараться, «приложить старание». Как убедится читатель, прочитавший эту и другие книжки нашей «Библиотеки», дело в действительности гораздо сложнее. На пути получения качественных, здоровых отливок перед литейщиками стоят значительные трудности.

Чтобы отчетливо представить себе, в чем именно они состоят, рассмотрим очень кратко, как получают отливки в песчаных формах. Напомним читателю, что пока это самый распространенный способ литья.

Допустим, что нам нужно изготовить какую-нибудь отливку. Сначала изготавливают модель этой отливки, а затем заформовывают ее в формовочную смесь. После окончания набивки формы формовщику необходимо извлечь из формы модель. Вот тут-то и возникают первые трудности. Для того чтобы извлечь модель из формы, ее очертания, очевидно, должны быть такими, чтобы ее можно было извлечь, не разрушив при этом самой формы. Из этого следует, что отливке нельзя придать любые очертания, а только такие, которые позволят извлечь модель без разрушения формы. Скажем точнее: при помо-

щи различных, часто весьма остроумных ухищрений литейщики могут изготавливать весьма замысловатые по внешним очертаниям отливки. Для этого ими применяются специальные способы формовки: формовка с перкидным болваном, формовка с применением фальшивой опоки, формовка с отъемными частями и много других. О них рассказывается в особом выпуске нашей «Библиотеки» — «Формовка мелких отливок».

Все эти способы требуют от формовщика большого искусства, опыта и значительного времени. При изготовлении единичных отливок на эти усложнения часто приходится идти, и особого беспокойства они не вызывают. Когда же речь идет о сотнях и тысячах отливок, а именно в таких количествах нужны отливки современному машиностроению, такие способы формовки, конечно, совершенно неприемлемы. В частности, совершенно непригодными эти способы оказываются для машинной формовки. Технологический процесс изготовления отливок, выпускаемых в большом количестве, должен быть возможно более простым. В этом залог высокой производительности и возможности его механизации.

Поэтому в массовом производстве, широко применяющем механизированные способы формовки, литейщики вправе требовать от конструкторов таких очертаний отливок, чтобы можно было просто заформовать модель и легко извлечь ее из формы.

При изготовлении отливок с внутренними полостями в форму приходится устанавливать стержни. Это вторая трудность, которая должна быть решена литейщиками при изготовлении формы. Помимо того, что само изготовление стержней представляет немалую трудность, их установка и укрепление в форме часто очень осложняет процесс сборки формы. При установке стержня всегда есть опасность повредить форму. Неточно установленный стержень вызывает брак отливок по разностенности, о чем более подробно будет сказано дальше. Большие трудности представляет укрепление стержней в форме: слабо укрепленный стержень может быть сдвинут со своего места жидким металлом и всплыть. Положение полости в отливке при этом получится иным, чем это предусмотрено чертежом. Наконец, после заливки необходимо выбить стержень из готовой отливки, а это

часто не так просто. Все эти трудности возрастают во много раз, если в форме устанавливается не один, а несколько стержней.

Но вот форма изготовлена, стержни установлены. В форму нужно залить расплавленный металл. Тут возникают новые трудности. Расплавленный металл поступает в полость формы, где до этого находился воздух. Воздух сам по себе не уходит из формы: заливаемый металл должен вытеснить его из формы и занять его место. Хуже того, падающий в форму в виде струи расплавленный металл захватывает частицы воздуха и увлекает их с собой в полость формы. Много паров и газов выделяется из формовочной смеси, из которой изготовлена форма. Наконец, в самом металле растворено большое количество газов, которые выделяются из металла при его охлаждении в форме. Совершенно неизбежно, таким образом, что часть воздуха в виде пузырьков оказывается в расплавленном металле. Конечно, пузырьки воздуха стремятся вырваться из жидкого металла, и они выходят из него, если... если расплавленный металл не затвердеет раньше.

Заполнение формы расплавленным металлом доставляет литейщикам много забот еще и потому, что вместе с расплавленным металлом в форму могут попасть и шлаки. А попадание шлаков в форму может совершенно испортить отливку. Нужно поэтому сделать так, чтобы в процессе заливки происходило отделение шлака от металла, т. е. чтобы те литниковые каналы, по которым расплавленный металл поступает в форму, служили своего рода фильтром: пропуская в форму металл, задерживали шлак.

Залитый в форму расплавленный металл соприкасается со стенками формы. Это соприкосновение металла, имеющего очень высокую температуру (чугун 1200—1300°, сталь 1400—1500°), со стенками формы, состоящими из зерен песка и глины, может явиться источником новых осложнений: между металлом и зернами песка и глины происходят сложные взаимодействия. В результате этих взаимодействий образуется твердая корка, состоящая частично из металла (точнее, из окислов металла), частично из песка и глины. Это и есть пригар.

Чем выше температура заливаемого металла, тем сильнее взаимодействие между металлом и формовочной

смесью. Вот почему вопрос о пригаре особенно остро возникает при изготовлении отливок из стали.

Но вот форма благополучно залита. Казалось бы, все трудности позади, остается подождать, пока металл остынет, а потом можно будет выбить отливку из формы, обрубить, очистить — и получится хорошая отливка. На самом же деле именно в период затвердевания металла и его последующего охлаждения в отливке происходят скрытые от глаз наблюдателя процессы, которые даже хорошо заформованную и благополучно залитую отливку могут сделать подчас совершенно негодной.

При охлаждении отливки происходит ее усадка: уменьшаются ее размеры. И если очертания отливки таковы, что она не может свободно сокращаться (усаживаться), если, иными словами, происходит заторможенная усадка, то неизбежно возникновение в отливке значительных внутренних напряжений, которые могут вызывать в отдельных случаях образование горячих трещин.

При затвердевании металла его удельный вес увеличивается, а значит, объем уменьшается. Дело вовсе не в том, что уменьшается объем самой отливки в результате усадки. Объем отливки действительно несколько уменьшается, но это никак отрицательно не сказывается на качестве отливки. Дело в том, что наружные слои отливки затвердевают, а внутри ее металл остается еще жидким. Получается подобие яйца: жидкость внутри твердой скорлупы. Постепенно металл затвердевает и внутри отливки, а так как при затвердевании объем металла уменьшается, то неизбежно внутри отливки образуется полость — усадочная раковина.

#### **ВОЗМОЖНО ЛИ ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК**

Из сделанного нами очень краткого обзора процесса изготовления отливок видно, как много существует трудностей при получении качественных отливок. Невольно возникает вопрос: а возможно ли вообще в таком случае получать качественные отливки?

Ответ на этот вопрос дает нам сама практика литейного производства: безусловно, возможно! Если бы литейщики не умели получать качественных отливок, то не существовало бы многих замечательных машин, станков, аппаратов, в которых отливки составляют очень большую долю, а многие из них выполняют к тому же весьма ответственную работу.

Для того чтобы изготавливать качественные отливки, нужно прежде всего хорошо знать технологический процесс изготовления отливок и литейные свойства сплавов. Мы не можем изготовить такой сплав, который не имел бы усадки. Таких сплавов нет.

Усадка литейных сплавов и образование усадочной раковины при затвердевании отливок — это объективные физические законы, которые существуют и действуют помимо воли и желания людей. Не в нашей власти их отменить.

Мы не можем выплавить сплав так, чтобы не получилось одновременно и шлага. Мы не можем в обычных условиях производства заливать формы, в которых нет воздуха. А раз так, — мы должны считаться с тем, что при плавке вместе с металлом получается шлаг и что при заливке форм в них имеется воздух. Искусство литейщиков в том и состоит, чтобы учесть все эти неизбежные трудности и найти способы преодолеть их. В наши дни искусство литейщиков прочно опирается на научные основы. А наука о литейном производстве учит, как нужно учитывать при изготовлении отливок неизбежные трудности и преодолевать их.

Из рассмотренного нами технологического процесса изготовления отливок следует, что получение качественных отливок зависит не только от литейщиков, но во многом также и от конструкторов. Очень часто трудности при изготовлении отливки возникают потому, что конструктор не учел технологических особенностей литейного производства и литейных свойств сплава. Про такие отливки говорят, что они нетехнологичны. Если же конструктор учтет технологические особенности литейного производства и литейные свойства сплава, то изготовление отливки становится сравнительно простым. Отливка делается технологичной.

Конструктор не может быть одновременно специалистом в области литейного производства. Он может и не знать всех особенностей или, по крайней мере, всех тонкостей нашего производства. На помощь ему должен прийти специалист литейного производства — технолог-литейщик. Его задача — помочь конструктору, разрабатывающему чертеж литой детали, придать ей такие очертания и размеры, чтобы отливка стала возможно более технологичной.

После того как конструкция детали разработана, перед технологом-литейщиком встает задача разработать технологический процесс изготовления отливки. Разработка технологического процесса изготовления отливки состоит в том, что технолог намечает положение отливки при формовке и заливке, намечает количество и форму стержней, устанавливает припуски на механическую обработку, продумывает, где установить прибыли, в какое место отливки подвести металл, рассчитывает размеры частей литниковой системы.

Перед технологом-литейщиком встает также задача продумать вопрос об оснастке (моделях, модельных плитах, опоках и т. п.), которая позволила бы изготавливать отливки с наибольшей производительностью, с наименьшим расходом материалов, с наибольшим применением средств механизации. Технологичной будет такая отливка, которая не только является качественной, но на изготовление которой потребуется наименьшее количество труда и времени.

На следующих страницах мы кратко расскажем об основных вопросах разработки технологического процесса формовки, *причем будем говорить только об изготовлении отливок в песчаных формах.*

## КАК СДЕЛАТЬ ОТЛИВКУ ТЕХНОЛОГИЧНОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ

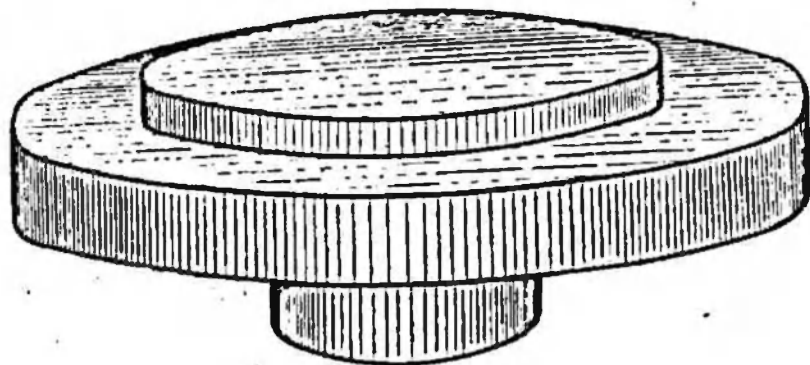
### ЗАВИСИМОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОТЛИВКИ ОТ ЕЕ ВНЕШНИХ ОЧЕРТАНИЙ

Простота или, наоборот, трудность изготовления отливки зависит прежде всего от ее внешних очертаний, или, как обычно говорят, от ее конфигурации. Чем проще конфигурация отливки, тем ее, конечно, проще заформовать. Наиболее просто заформовать отливки с самыми простыми внешними очертаниями: плиты, цилиндрические болванки. Но отливки такой простой конфигурации встречаются относительно редко, и литейщикам гораздо чаще приходится изготавливать отливки значительно более сложной конфигурации.

Большинство отливок приходится формовать по разъемным моделям. И технологу, разрабатывающему технологический процесс формовки, необходимо решать, в

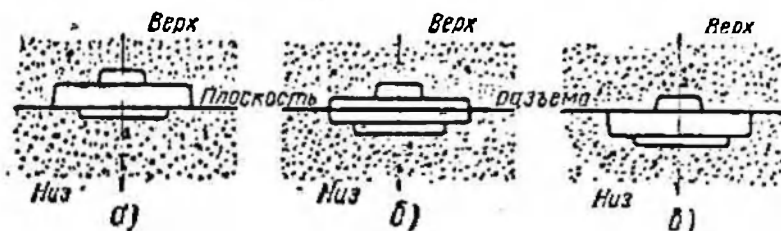
каком месте отливки лучше всего провести плоскость разъема.

Вот для примера довольно простая по конфигурации отливка (фиг. 4). Для того чтобы заформовать модель этой отливки, ее нужно сделать разъемной. Но как, спрашивается, провести плоскость разъема: так ли, как



Фиг. 4. Отливка.

показано на фиг. 5, а, так ли, как показано на фиг. 5, б, или, наконец, так, как изображено на фиг. 5, в? В первом случае (фиг. 5, а) большая часть отливки окажется в верхней опоке, в третьем случае (фиг. 5, в), наоборот, а



Фиг. 5. Как можно провести плоскости разъема в модели отливки, общий вид которой показан на фиг. 4.

нижней, а в случае разъема посредине модели (фиг. 5, б) половина отливки окажется в верхней опоке, а вторая половина в нижней.

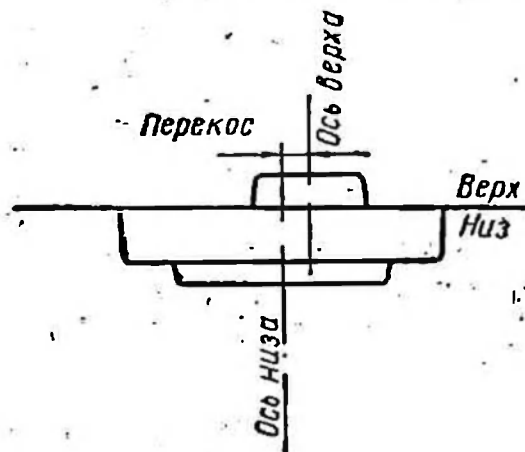
Если расценивать эти три варианта с точки зрения простоты изготовления модели, то следует, признать, что второй вариант (фиг. 5, б) — самый неудачный: модель с разъемом посредине сделать труднее, чем две остальные. Поэтому разъем лучше сделать либо так, как показано на фиг. 5, а, либо так, как показано на фиг. 5, в.

Из этих же двух вариантов лучшим является последний (фиг. 5, в). С точки зрения удобства формовки и

сборки формы нужно всегда стремиться к тому, чтобы большая часть отливки находилась в нижней опоке. Правда, этого не всегда можно достигнуть, но об этом правиле нужно всегда помнить. Лучшим этот вариант является, между прочим, и потому, что в этом случае верхняя опока может быть сделана меньшей высоты и, следовательно, более легкой. А так как именно верхнюю опоку приходится при формовке чаще поднимать и переворачивать, чем нижнюю, то облегчение веса верхней опоки имеет немаловажное значение.

Еще более существенно другое. В том случае, когда большая часть отливки располагается в нижней опоке, установка стержней проста и, наоборот, установка стержней становится очень трудной, а часто и просто невозможной, если большая часть формы расположена в верхней опоке.

При формовке по разъемным моделям всегда есть опасность получения отливок с перекосом (фиг. 6). Перекос может получиться тогда,



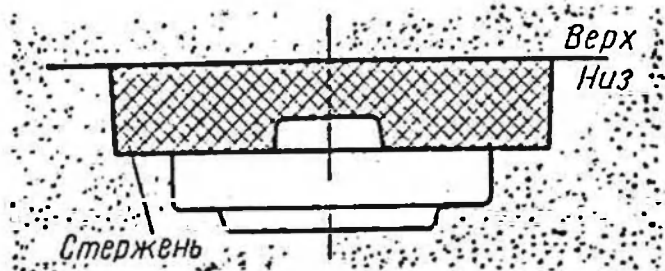
Фиг. 6. Отливка с перекосом.

когда разработавшиеся штыри верхней опоки входят со значительным зазором в гнезда нижней опоки. В этом случае опоки при сборке могут сместиться и оси верхней и нижней частей отливки могут не совпасть.

Перекос может получиться также и потому, что при извлечении каждой половины модели из формы ее приходится немного расколачивать. Очевидно, что нельзя совершенно одинаково расколотить обе половины модели, и это может привести к перекоосу отливки.

Если отливка обрабатывается, то небольшой перекос не страшен. Если же отливка не обрабатывается, то, в некоторых случаях даже небольшой перекос совершенно недопустим. В таких случаях верхнюю часть отливки выполняют в стержне (фиг. 7), а плоскость разъема опок проходит по верхней плоскости стержня. При этом сдвиг верхней опоки по отношению к нижней никак не отразится на отливке, и она не будет иметь перекоса.

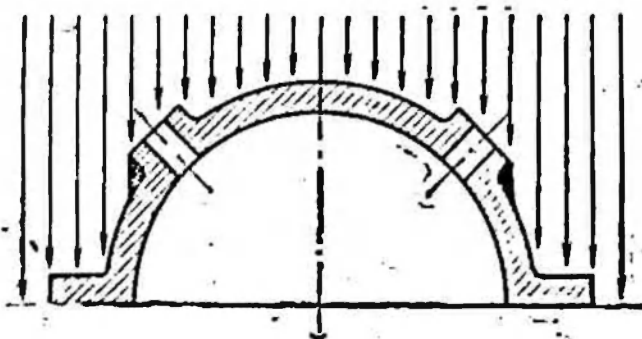
Этот способ изготовления отливок, полностью исключая возможность перекоса, значительно усложняет процесс: помимо модели, приходится делать еще стержневой ящик, по нему изготавливать стержни, а потом еще их сушить. Поэтому отливки, к которым предъявляются



Фиг. 7. Применение стержня устраняет возможность перекоса отливки.

очень жесткие требования в отношении недопустимости перекоса, менее технологичны.

Если приходится изготавливать отливку по модели, имеющей не один, а два или три разъема, то те трудности, о которых было только что сказано, возрастают во

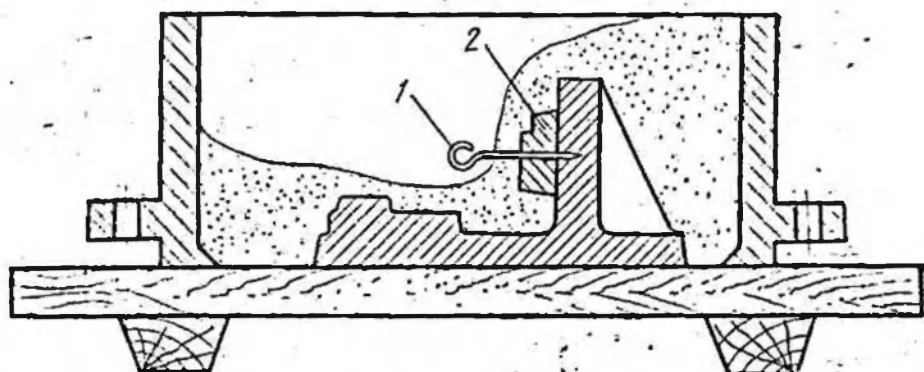


Фиг. 8. Проверка возможности извлечения модели из формы без ее повреждения. Части модели, дающие тени при освещении ее параллельными световыми лучами, должны быть выполнены отъемными.

много раз. К счастью, изготавливать такие отливки приходится крайне редко, и то только в единичном производстве. В массовом производстве, в особенности при машинной формовке, модели с двумя или большим числом разрезов совершенно недопустимы.

Плоскость разъема модели должна быть проведена таким образом, чтобы обе половины модели могли быть

беспрепятственно извлечены из формы без ее повреждения. Для проверки этого существует простой способ: нужно провести несколько линий перпендикулярно (т. е. под прямым углом) к плоскости разреза (фиг. 8): Если при этом окажутся теневые участки, то это будет значить, что извлечь модель из формы без ее разрушения невозможно. Так бывает обычно в тех случаях, когда на отливке должны быть местные приливы; бобышки и т. п. Те части модели, которые препятствуют извлечению модели из формы, делают в виде отъемных частей, соединенных с моделью гвоздями. При формовке отъемная



Фиг. 9. Формовка модели с отъемными частями.

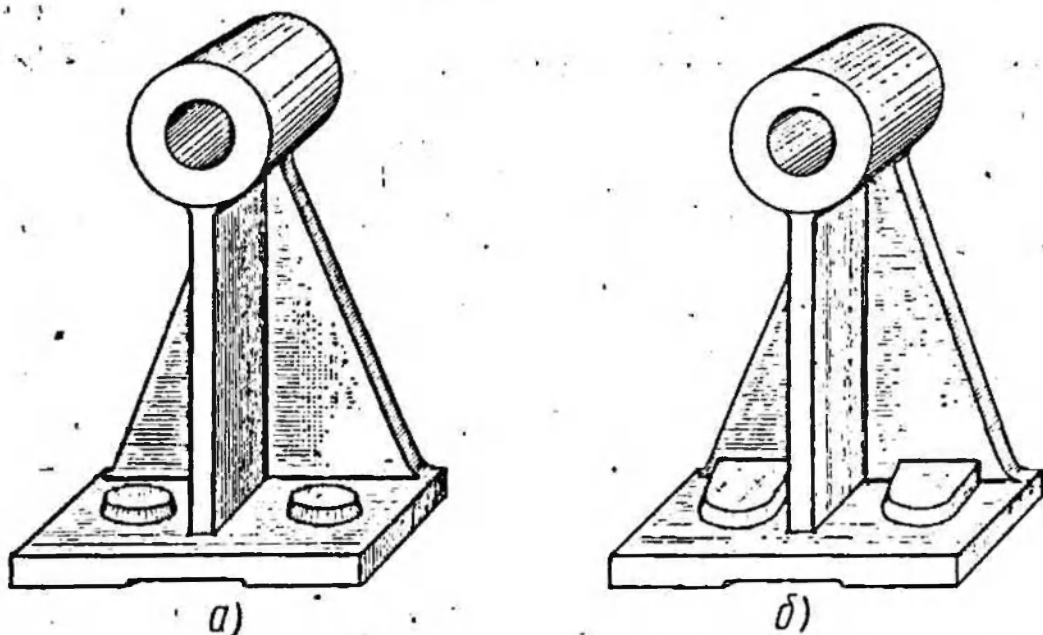
часть заформовывается вместе с моделью. Потом гвоздь 1 осторожно вытаскивается (фиг. 9), а отъемная часть 2 удерживается на месте формовочной смесью. При извлечении модели отъемная часть остается в форме, а потом, осторожно извлекается.

Формовка моделей с отъемными частями требует исключительно тщательной и аккуратной работы. И тем не менее отъемные части — один из самых частых источников брака отливок. Очень часто отъемные части сдвигаются с места при набивке форм и отливка получается с неверными очертаниями. Ленинградский инженер-литейщик Н. В. Вишняков подсчитал количество литейного брака из-за отъемных частей. И вот что оказалось. Около 80% всего брака отливок из-за неправильных размеров падает на долю отъемных частей. Очевидно, что отливки, для изготовления которых приходится делать модель с отъемными частями, совершенно нетехнологичны. Большой частью удается, несколько изменив конфигурацию отливки, устранить необходимость в отъемных частях (фиг. 10).

98013  
12108

Следует отметить, что конструкторы и технологи, работающие в автотракторной промышленности, так хорошо отработали конструкции отливок для автомобилей и тракторов, что в настоящее время применение отъемных частей на моделях для них полностью исключено. Отливки стали более технологичными, а количество брака резко сократилось.

Для облегчения извлечения модели из формы стенки модели, перпендикулярные к плоскости разъема, дол-



Фиг. 10. Изменение конфигурации отливки для устранения отъемных частей:

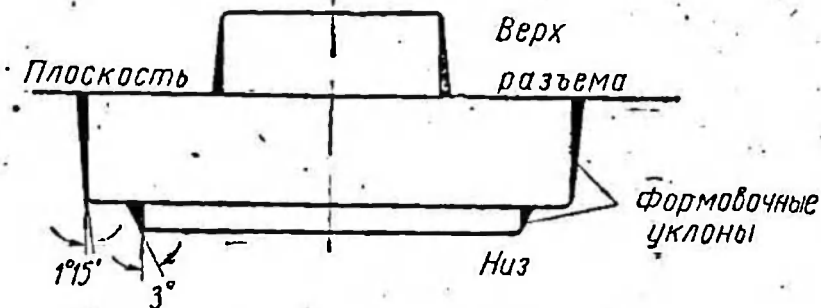
а — модель с отъемными частями («бобышки»); б — модель без отъемных частей.

жны иметь так называемый формовочный уклон (фиг. 11). Величина формовочных уклонов зависит от высоты соответствующей части модели: чем меньше высота, тем больший уклон должен быть придан стенке. Величина формовочных уклонов нормирована ГОСТ 3212—57.

Большинство отливок — и как раз наиболее ответственных — имеет внутренние полости, для получения которых в форму вставляются стержни. Стержни значительно усложняют изготовление и особенно сборку форм.

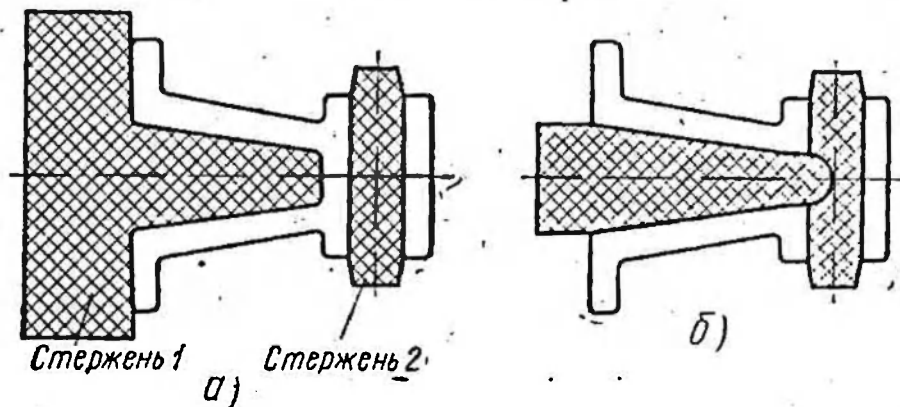
Само собой разумеется, что для упрощения сборки форм желательно, чтобы количество стержней, вставляемых в одну форму, было возможно меньшим: один-два. Но, с другой стороны, изготовление одного сложного

стержня может оказаться труднее, чем изготовление нескольких простых. Чем проще очертания стержня, тем проще стержневой ящик, и тем, конечно, легче изготовить и сам ящик, и стержень. Поэтому обычно так и поступают: расчленяют сложный по очертаниям стержень на несколько простых.



Фиг. 11. Формовочные уклоны.

Значительные трудности представляет вопрос об укреплении стержней в форме. Нужно помнить, что стержни, изготовленные из формовочной смеси, имеют в не-



Фиг. 12. Улучшение способа укрепления стержня в результате некоторого изменения внутренней конфигурации отливки:

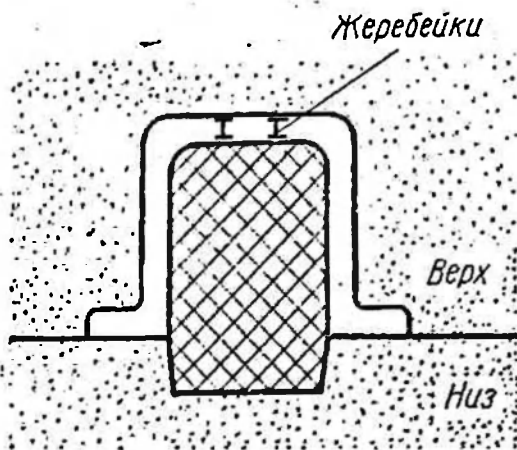
а — знаковая часть стержня 1 должна быть очень большой, чтобы стержень не опрокидывался; б — стержень 1 опирается на стержень 2, и его знаковая часть может быть сделана значительно меньше.

сколько раз меньший удельный вес, чем расплавленный металл. Поэтому плохо укрепленный стержень может всплыть и испортить таким образом отливку.

Плохо укрепленный стержень может быть сдвинут с места или перекошен при установке, при сборке и при заливке. Необходимо стремиться к тому, чтобы стержень опирался на форму не одним концом (знаком), а по

крайней мере двумя. Часто этого удается добиться очень простым изменением конструкции отливки (фиг. 12).

Иногда для укрепления стержня в форме приходится применять жеребейки (фиг. 13). Так называются сле-



Фиг. 13. Жеребейки предотвращают всплывание стержня при заливке формы металлом.

лашные из тонколистовой стали (при стальном или чугуном литье) и потом омедненные или луженые подставки, закладываемые в полость формы. После заполнения формы металлом жеребейки расплавляются и сплавляются с залитым металлом. Но применение жеребеек крайне нежелательно, так как в местах их установки часто образуется рыхлость.

### КАКОЙ НАИМЕНЬШЕЙ ТОЛЩИНЫ МОГУТ БЫТЬ СТЕНКИ ОТЛИВКИ

При проектировании многих литых деталей конструктор стремится к тому, чтобы стенки отливки были возможно более тонкими. Это стремление конструктора вполне понятно: чем более тонкостенной получится отливка, тем она, естественно, будет легче. Чем легче отливка, тем меньше расходуется на ее изготовление металла и тем больше можно изготовить отливок из одного и того же количества металла.

Однако, чем тоньше стенки, тем труднее изготовить отливку. Труднее прежде всего потому, что необходимо более тщательно устанавливать и укреплять стержни: даже небольшой перекосяк при установке стержня, несущественный при изготовлении толстостенных отливок, может привести к полной негодности тонкостенную отливку. Если, допустим, толщина стенок отливки должна

быть 20 мм, а перекося стержня равен 2 мм, то это значит, что в действительности толщина одной стенки окажется равной 18 мм, а другой 22 мм. С такой разностенностью еще можно примириться. Но если толщина стенок отливки должна быть, например, 5 мм, то перекося стержня на 2 мм приведет к тому, что толщина одной стенки окажется всего 3 мм, а другой 7 мм. Если даже допустить, что металл заполнит тонкий промежуток между формой и стержнем, равный 3 мм, то возникает вопрос о механической прочности стенки толщиной 3 мм, т. е. почти вдвое более тонкой, чем она должна была быть.

Таким образом, следует признать, что тонкостенные отливки менее технологичны, чем толстостенные.

Но дело не только в том, что изготовление тонкостенных отливок требует более тщательной сборки литейной формы. Дело зависит, главным образом, от условий заполнения литейной формы и от литейных свойств расплавленного металла.

Что представляет собой полость собранной под заливку литейной формы с многочисленными вставленными в нее стержнями? Это иногда очень сложный лабиринт длинных и узких каналов, расположенных между стенками формы и стержнями. Каналы эти тем уже, чем более тонкостенной должна получиться отливка, и тем длиннее, чем больше ее размеры.

В этот сложный лабиринт каналов поступает расплавленный металл. Заполняя полость литейной формы, он в то же время быстро охлаждается. Охлаждение происходит тем быстрее (интенсивнее), чем уже каналы литейной формы и чем они длиннее.

В очень узких и длинных каналах металл может затвердеть раньше, чем он их заполнит. Значит, чем больше размеры отливки, чем, следовательно, более длинный путь должен пройти расплавленный металл внутри формы, тем более широкими должны быть эти каналы. Отсюда следует, что более крупные отливки должны иметь и более толстые стенки.

Наименьшая толщина стенок отливки также зависит и от того, из какого сплава она отливается. Чем выше температура затвердевания сплава, тем толще должны быть стенки, и, наоборот, чем ниже его температура затвердевания, тем тоньше могут быть стенки.

В еще большей степени наименьшая толщина стенок отливок зависит от особого свойства литейных сплавов — их жидкотекучести. Сплавы с высокой жидкотекучестью более подвижны в жидком состоянии и быстрее поэтому заполняют полость формы. Значит, из сплава с высокой жидкотекучестью можно изготовить отливку с меньшей толщиной стенок, чем из сплава с низкой жидкотекучестью. Многие литейщики отлично знают, что, например, из кремнистой латуни, отличающейся высокой жидкотекучестью, удается изготовлять более тонкостенные отливки, чем из любой другой марки латуни и тем более из бронз. Из всех алюминиевых литейных сплавов наибольшей жидкотекучестью обладают силумины, и все тонкостенные отливки изготовляют почти исключительно из этих сплавов.

Так как температура затвердевания стали значительно выше (около 1400—1500°) температуры затвердевания чугуна (около 1200°), а ее жидкотекучесть меньше, чем жидкотекучесть чугуна, то стальные отливки приходится делать более толстостенными, чем такие же по размерам чугунные отливки.

Литейная практика установила следующую наименьшую толщину (в мм) стенок отливок при их изготовлении в песчаных формах:

Материал отливок . . . . .	Чугун	Сталь	Медные и алюминиевые сплавы
Мелкие отливки . . . . .	3—5	6-	3—5
Средние отливки . . . . .	6—10	10—12	5—8
Крупные отливки . . . . .	15—20	20	—

Указанные в таблице наименьшие толщины стенок отливок являются технологичными, т. е. наиболее приемлемыми для нормального технологического процесса в массовом производстве. Но пусть читатель не удивится, если он увидит, скажем, небольшую стальную отливку с толщиной стенок 4 мм. Такие отливки изготовлять можно, но только их изготовление более затруднительно.

Жидкотекучесть зависит от температуры: чем выше температура жидкого сплава при заливке, тем больше его жидкотекучесть. Этим всегда пользуются литейщики, и формы для тонкостенных отливок они заливают более горячим металлом, чем формы для толстостенных отливок. Для повышения температуры чугуна в настоящее время получили широкое распространение такие

способы, как плавка с применением кислорода, о чем подробно рассказывается в особом выпуске нашей «Библиотеки» — «Плавка чугуна в вагранке».

Но повышение жидкотекучести некоторых сплавов повышением температуры, иными словами, перегревом возможно лишь до известного предела. При сильном перегреве происходит сильное окисление сплава, повышается угар; изменяется химический состав сплава (различные составные части сплава выгорают с разной скоростью), увеличивается объем усадочной раковины. Таким образом, повышать жидкотекучесть сплавов перегревом их во многих случаях не только нежелательно, но и просто недопустимо. Серый чугун представляет в этом отношении исключение.

#### **КАК НЕ ДОПУСТИТЬ ОБРАЗОВАНИЯ В ОТЛИВКАХ ТРЕЩИН**

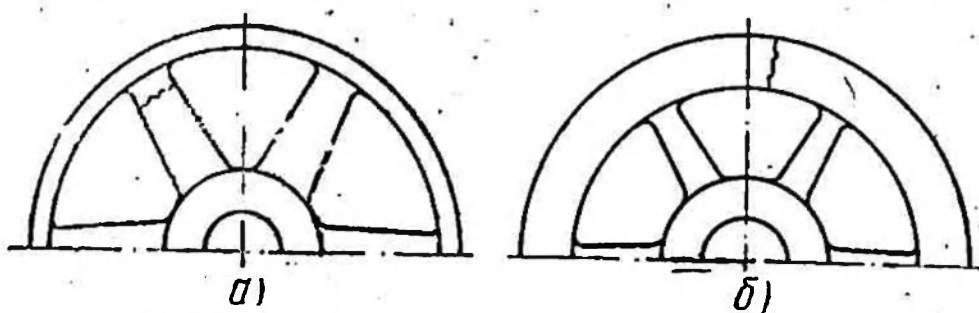
Затвердевшая отливка постепенно охлаждается. Охлаждение отливки в форме происходит неравномерно: тонкие части отливки остывают быстрее, а более массивные — медленнее. Значит, температура различных частей отливки в течение всего периода остывания получается неодинаковой. А так как при охлаждении происходит уменьшение размеров (усадка), то различные части отливки, имеющие неодинаковую температуру, и сокращаться будут неодинаково: тонкие части отливки, которые успели сильнее охладиться, сократятся больше, а массивные части отливки, температура которых еще достаточно велика, сократятся значительно меньше.

Если очертания отливки таковы, что сокращение ее частей может происходить свободно, то неравномерность остывания какого-либо вреда отливке не причинит. Иное дело, если усадка отдельных частей отливки не сможет происходить свободно. А такой именно случай и является довольно частым в литейной практике.

Наиболее типичны в этом отношении отливки типа шкивов. Рассмотрим, как будет происходить усадка шкива, у которого тонкий обод и толстые спицы (фиг. 14, а). Тонкий обод затвердеет и остынет значительно раньше массивных спиц. Охлаждаясь, спицы стремятся сократиться по длине. Но сделать они этого не могут, потому что их усадке будут препятствовать обод и ступица. Спица окажется как бы растянутой: ее длина будет больше, чем должна бы быть, если бы она

могла сокращаться свободно. Спича окажется в напряженном состоянии. Внутренние напряжения возникнут не только в спицах. В напряженном состоянии окажется вся отливка: и спицы, и обод, и ступица. Наиболее опасными являются растягивающие внутренние напряжения. И именно они возникнут в спицах. Иногда эти растягивающие внутренние напряжения достигают таких больших значений, что превосходят прочность металла, и в спицах образуется трещина.

Не лучше будет и в том случае, если, наоборот, спицы сделать тонкими, а обод массивным (фиг. 14, б). В этом случае спицы затвердеют и остынут раньше



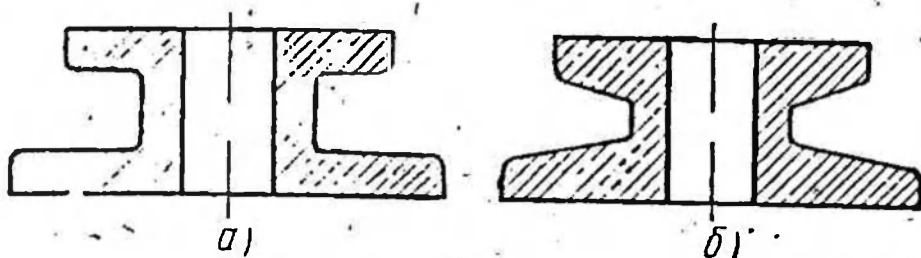
Фиг. 14. Возникновение горячих трещин в шкивах при их охлаждении.

обода и станут более прочными и более жесткими. Теперь уже спицы будут препятствовать свободной усадке обода. Растягивающие внутренние напряжения возникнут в ободе, и если опять-таки они превзойдут прочность металла, то в ободе может возникнуть трещина.

Обратите внимание на то, что в обоих случаях трещины возникают в более толстых частях отливки. Это не случайно. Мы привыкли к тому, что более толстые и более массивные части отливок являются и более прочными. Так оно и есть, если говорить об остывшей холодной отливке. Когда же отливка еще горяча, то дело обстоит несколько иначе: чем выше температура металла, тем он менее прочен, и, наоборот, чем ниже температура металла, тем больше его прочность. Поэтому нет ничего удивительного в том, что более массивные и именно поэтому более горячие части отливок оказываются иногда менее прочными, чем более тонкие и поэтому более холодные части отливок.

Из рассмотренных примеров следует, что значительные внутренние напряжения возникают в отливках с не-

одинаковой толщиной стенок. Поэтому во избежание высоких внутренних напряжений, которые могут привести к образованию трещин, стенки отливки должны быть по возможности одинаковой толщины. В этом случае остывание всех частей отливки происходит более равномерно, все части отливки в течение всего периода охлаждения имеют примерно одинаковую температуру, усадка их происходит также равномерно — не будет и причин для возникновения высоких внутренних напряжений. Такие отливки с одинаковой толщиной стенок можно считать поэтому технологичными.



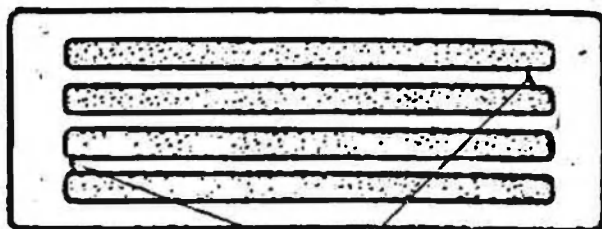
Фиг 15. Резкие (а) и постепенные (б) переходы толстых стенок к тонким.

Далеко не всегда, однако, возможно сконструировать отливку с одинаковой толщиной стенок во всех ее частях. Такие отливки встречаются крайне редко. Гораздо чаще отливки должны иметь стенки различной толщины. Для того чтобы в таких отливках не возникали значительные внутренние напряжения, должны быть предусмотрены плавные переходы от тонких частей отливки к более массивным (фиг. 15). В этом случае различные части отливки остывают, конечно, неравномерно, а следовательно, в них непременно возникают внутренние напряжения, но благодаря постепенным плавным переходам эти напряжения рассредоточатся, распределятся в большем объеме и не достигнут поэтому опасной величины.

Мы рассмотрели случай, когда свободной усадке одних частей отливки мешают другие ее части. Бывает и так, что свободной усадке мешает литейная форма. Представим себе, что в форме охлаждается отливка с тонкими ребрами (фиг. 16). Утрамбованная формовочная смесь между ребрами отливки сравнительно мало податлива и препятствует свободной усадке отливки. Происходит заторможенная усадка. Заторможенная

усадка также приводит к возникновению больших внутренних напряжений, и если они превзойдут прочность металла, то неизбежно образование горячих (усадочных) трещин. Эти трещины обычно возникают в углах. Поэтому углы в отливках никогда не делаются острыми, а непременно скругленными (фиг. 17).

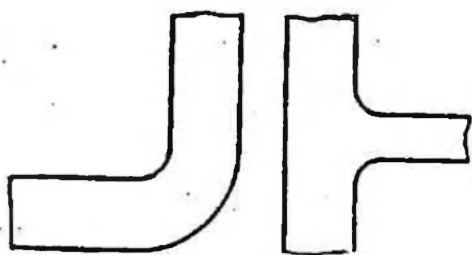
Очень действенный способ избежать образования горячих трещин вследствие заторможенной усадки из-за



Трещина

Фиг. 16. Заторможенная усадка отливки с тонкими ребрами и ее возможные результаты: горячие трещины.

выступающих частей — это вскоре после того, как форма залита и отливка уже затвердела, но еще очень горяча, раскрыть форму и разрыхлить формовочную смесь в тех



Фиг. 17. Скругление углов в отливках.

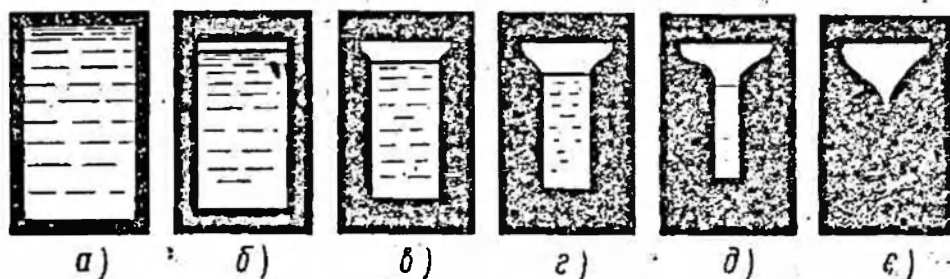
местах, которые вызывают заторможенную усадку, т. е. в местах между выступами отливки. После такого разрыхления отливка снова засыпается формовочной смесью, чтобы она могла медленно и равномерно остывать.

Этот способ значительно усложняет изготовление отливок: в технологический процесс приходится вводить дополнительную операцию по раскрытию форм. К тому же раскрывать формы и разрыхлять формовочную смесь необходимо через точно установленное время после заливки: стоит замешкаться — и отливка может дать трещину. Поэтому отливки, требующие предварительного раскрытия формы и разрыхления формовочной смеси во избежание возникновения горячих трещин, нельзя признать технологичными.

## КАК ИЗБАВИТЬСЯ ОТ УСАДОЧНЫХ РАКОВИН

Образование усадочных раковин при затвердевании расплавленного металла совершенно неизбежно. Что это именно так, легко выяснить, рассмотрев изображенную на фиг. 18 схему затвердевания металла.

Зальем в литейную форму расплавленный металл. Так как стенки формы холодные, то металл, соприкасающийся со стенками формы, очень быстро, почти мгновенно затвердеет (фиг. 18, а). На отливке получится твердая корка, а внутри отливки металл будет оставаться



Фиг. 18. Схема постепенного затвердевания отливки и образования внутри нее усадочной раковины. Черным изображен затвердевший металл.

еще жидким. По мере дальнейшего охлаждения металл внутри отливки будет постепенно затвердевать (фиг. 18, б, в, г, д). При затвердевании жидкого металла его объем уменьшается, и уровень жидкого металла постепенно понижается. Уменьшается несколько и объем отливки: ее внешние размеры становятся меньше в результате линейной усадки. Но эти два объема — объем металла и объем отливки — уменьшаются не в одинаковой степени: объем металла уменьшается больше, чем объем отливки. В результате такого неодинакового уменьшения этих двух объемов внутри отливки непременно образуется полость — усадочная раковина. Объем охлажденной отливки будет равен объему твердого металла плюс объем усадочной раковины.

Проверим это простым расчетом. Подсчитаем, например, объем усадочной раковины в стальной отливке весом 20 кг. Но предварительно вспомним, что называется удельным весом. Удельным весом называется вес в граммах одного кубического сантиметра вещества. Например, удельный вес твердой стали равен  $7,8 \text{ г/см}^3$ . Это

значит, что каждый кубический сантиметр твердой стали весит 7,8 г.

Зная удельный вес вещества и вес тела, легко определить его объем. Для этого нужно вес тела, выраженный в граммах, разделить на удельный вес. Полученное число и есть объем тела в кубических сантиметрах:

$$\text{объем (см}^3\text{)} = \frac{\text{вес (г)}}{\text{удельный вес (г/см}^3\text{)}}.$$

И наоборот, для того чтобы найти вес тела, нужно его объем, выраженный в кубических сантиметрах, умножить на удельный вес г:

$$\text{вес (г)} = \text{объем (см}^3\text{)} \times \text{удельный вес (г/см}^3\text{)}.$$

А теперь вернемся к нашей задаче.

Вес отливки равен  $20 \times 1000 = 20000$  г; удельный вес жидкой стали равен около  $7,0$  г/см<sup>3</sup>.

Объем отливки в первый момент затвердевания, т. е. тогда, когда почти вся отливка, кроме корки, находится еще в жидком состоянии (см. фиг. 7, а), равен

$$\frac{20\,000}{7,0} = 2860 \text{ см}^3.$$

Когда отливка полностью охладится, ее объем в результате линейной усадки станет меньше на 6% (каждый из трех размеров — длина, ширина и толщина — уменьшится на 2%) и при комнатной температуре составит  $100\% - 6\% = 94\%$ , или 0,94 от ее объема в момент затвердевания

$$0,94 \times 2860 = 2690 \text{ см}^3.$$

Объем 20 кг твердой стали равен

$$\frac{20\,000}{7,8} = 2560 \text{ см}^3.$$

Значит, объем твердой стали ( $2560 \text{ см}^3$ ) меньше объема отливки ( $2690 \text{ см}^3$ ). Разность этих объемов и есть объем усадочной раковины

$$2690 - 2560 = 130 \text{ см}^3.$$

Если объем усадочной раковины выразить в процентах от объема всей отливки, то получим:

$$\frac{130}{2690} \cdot 100 = 4,85\%.$$

Таким образом, объем усадочной раковины в стальных отливках составляет около  $\frac{1}{20}$  части объема отливки. Величина, как видите, довольно значительная.

Итак, образование усадочных раковин при затвердевании металла вполне закономерно и неизбежно. С другой стороны, наличие усадочной раковины в отливке совершенно недопустимо. Как же, спрашивается, разрешить это противоречие, если одно и то же явление в одно и то же время и неизбежно, и недопустимо?

Для того чтобы не допустить образования усадочных раковин в отливке, необходимо заставить металл затвердевать последовательно снизу вверх. Сначала должна затвердеть самая нижняя часть отливки, затем следующая, расположенная выше, и т. д. до самой верхней части. При таком направленном затвердевании снизу вверх каждая часть отливки будет питаться жидким металлом нижележащую; жидкий металл из выше расположенной части будет заполнять полость, образующуюся в нижней части в результате объемной усадки. Питания жидким металлом самой верхней части отливки достигают тем, что намеренно увеличивают высоту отливки, и получившаяся прибыль питает жидким металлом верхнюю часть отливки.

Это правило о направленном затвердевании снизу вверх было впервые четко и кратко сформулировано одним из крупных русских металлургов В. Е. Грум-Гржимайло: каждая вышележащая часть отливки должна служить прибылью по отношению к нижележащей.

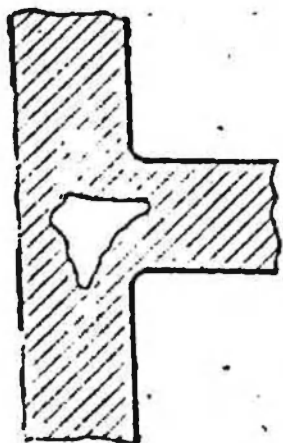
Для того чтобы могло происходить направленное затвердевание снизу вверх, толщина стенок отливки также должна постепенно увеличиваться снизу вверх.

Но далеко не всегда отливки имеют такую конфигурацию. В некоторых отливках имеются местные утолщения в средней части (фиг. 19), а сверху и с боков стенки отливки тоньше. Направленное затвердевание снизу вверх в этом случае нарушается: в этой средней части отливки дольше остается жидкий металл, тогда как окружающие эту часть отливки стенки уже затвердели и пи-

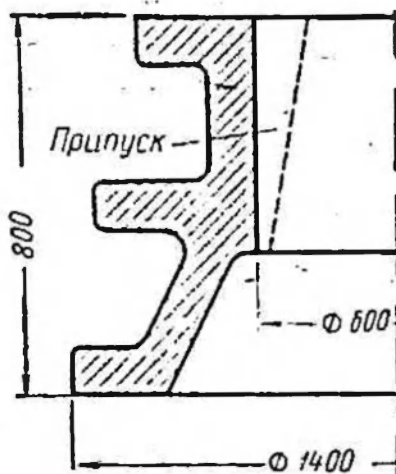
тание ее жидким металлом прекратилось. В этой части отливки неизбежно образование усадочной раковины. Таких местных скоплений металла в отливках следует избегать.

Достигнуть направленного затвердевания снизу вверх, иногда удается выбором такого положения формы при заливке, чтобы массивные части отливки оказались сверху.

Однако осуществить направленное затвердевание снизу вверх простым изменением положения формы при за-



Фиг. 19. Образование усадочной раковины в местном утолщении отливки — «тепловом узле».



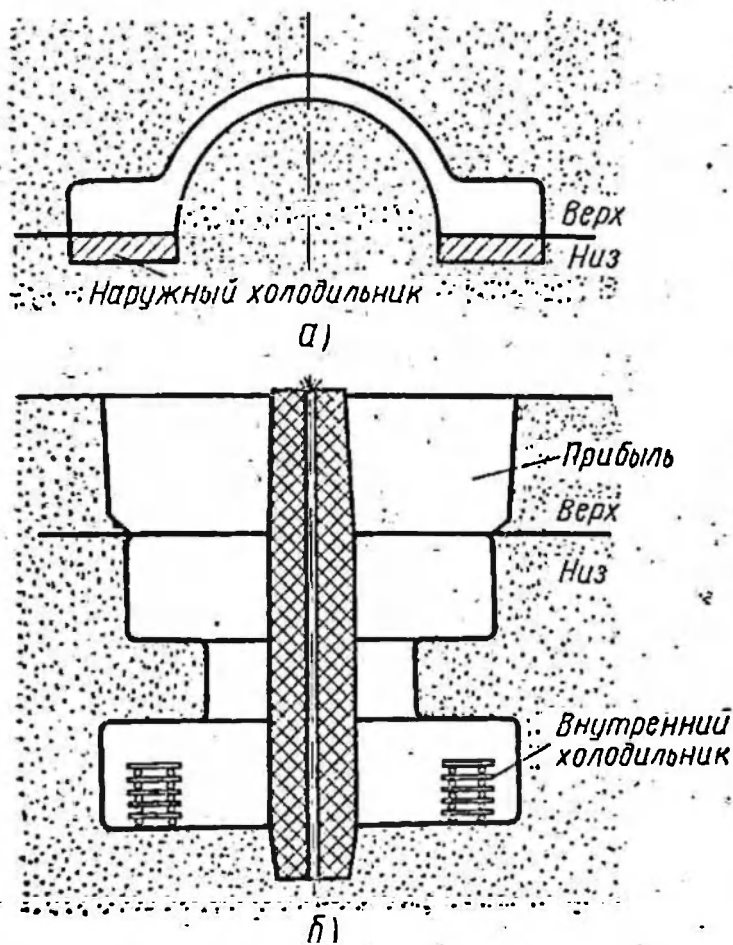
Фиг. 20. Технологический припуск — обеспечивает направленное затвердевание отливки снизу вверх.

ливке удастся далеко не во всех случаях. Что сделать, например, с отливкой, у которой большое скопление металла имеется в средней части? Как ее повернуть так, чтобы местное скопление металла оказалось в верхней части при заливке? Для того чтобы осуществить направленное затвердевание снизу вверх в таких отливках, литейщикам приходится принимать специальные меры. Одна из этих специальных мер сводится к тому, что стенку отливки, расположенную выше местного утолщения, искусственно делают более толстой, т. е. устанавливают особый технологический припуск (фиг. 20). В этом случае не получится местного скопления металла — не получится в этом месте отливки усадочной раковины.

Читатель, наверное, возразит на это, что технологический припуск потребует расхода дополнительного ме-

талла, который потом придется удалить в виде стружки. Совершенно верно. И мы, литейщики, считаем такие отливки, которые требуют значительных припусков, нетехнологичными и стараемся убедить конструкторов в необходимости изменить конструкцию таких отливок.

Иногда для достижения направленного затвердевания снизу вверх устанавливают *наружные или внутрен-*



Фиг. 21. Наружные (а) и внутренние (б) холодильники. Внутренние холодильники выполнены из стальных прутков, уложенных «клеткой».

*ние холодильники.* Наружные холодильники (фиг. 21, а) — куски металла (чугуна или стали), устанавливаемые в форме около массивных частей отливки. В результате действия наружного холодильника охлаждение соответствующей массивной части отливки происходит значительно быстрее, и она затвердевает раньше, чем лежащая выше ее тонкая часть отливки, так что питание ее жидким металлом полностью обеспечивается.

При изготовлении стальных отливок часто применяются внутренние холодильники (фиг. 21, б). Это куски стали (проволока, гвозди, отрезки прутков), закладываемые внутрь полости формы. При заливке формы жидкой сталью эти холодильники полностью или частично расплавляются, отнимая на свое расплавление часть тепла у жидкой стали и тем самым вызывая более быстрое ее охлаждение.

Есть и другие способы создания направленного затвердевания, например установка отводных прибылей. Все эти способы значительно усложняют процесс формовки. Поэтому, хотя они возможны и себя вполне оправдывают, но нежелательны. Лучше, если конструкция отливки будет настолько технологичной, что к этим способам не будет необходимости прибегать совсем.

### КАК ПОЛУЧИТЬ ЧИСТЫМИ ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Расплавленный металл никогда не бывает вполне однородным. Это происходит по нескольким причинам.

Металл плавится в печах, где он непосредственно соприкасается с футеровкой печи, состоящей из огнеупорных материалов. Частички огнеупоров попадают в металл.

После расплавления металл выливается в ковш; падающая в ковш струя металла размывает футеровку ковша, и частицы футеровки оказываются в жидком металле.

При заливке форм струя металла размывает стенки литниковых каналов и стенки самой формы, и частицы формовочной смеси также оказываются в жидком металле.

Струя металла и при вылипании металла из печи в ковш, и при заливке форм из ковша захватывает частички воздуха, и в жидком металле оказываются воздушные пузырьки. В полости самой формы есть воздух, и металл, заполняющий форму, должен вытеснить его. Что же удивительного в том, что при этом частички воздуха попадают в металл?

В формовочной смеси, из которой изготавливаются формы и стержни, содержатся вода и различные горючие органические вещества. При заливке форм расплавленным металлом вода испаряется, а органические веществ-

ва сгорают. Если газопроницаемость формы и стержней недостаточна, часть паров воды и газа от сгорания органических веществ может попасть в жидкий металл.

В результате соприкосновения расплавленного металла с воздухом происходит окисление металла. Жидкий металл окисляется в печи и в ковше, окисляется и тогда, когда он струей заливается в форму, окисляется, наконец, в самой форме. А получившиеся окислы металла образуют шлак.

Таким образом, совершенно неизбежно в жидком металле оказываются частички огнеупоров, формовочной смеси, окислов, шлаков, пузырьки воздуха, паров и газов. С этим нельзя не считаться.

Как же очистить металл от всех этих посторонних неметаллических частиц? С этой целью литейщикам приходится предпринимать самые действенные технологические меры.

Для очистки металла от шлака, посторонних веществ, пузырьков воздуха; паров и газов служит литниковая система. Задача литниковой системы состоит не только в том, чтобы подвести расплавленный металл в полость формы, но и в том, чтобы одновременно с этим отделить от металла шлак и пузырьки воздуха и не допустить их попадания в форму.

Для того чтобы литниковая система могла выполнить эту сложную задачу, ее устройство приходится делать довольно сложным. Литниковая система состоит из следующих основных частей (фиг. 22): литниковой чаши 1, вертикального канала — стояка 2, горизонтального канала — шлакоуловителя 3 и питателей 4, через которые расплавленный металл поступает непосредственно в полость формы.

Литниковая чаша служит для того, чтобы уменьшить силу удара выливаемой из ковша струи расплавленного металла. Если не делать литниковой чаши, то струя расплавленного металла, падая в стояк, будет размывать его стенки. Приносит пользу литниковая чаша также и в том отношении, что в ней происходит отделение шлака от металла: шлак, будучи более легким, чем металл, всплывает на поверхность и в стояк почти не падает.

Но все-таки часть шлака увлекается металлом из чаши и попадает в стояк. Для того чтобы и эту часть

шлака, увлеченную металлом в стояк, отделить от металла, в литниковой системе предусмотрен особый горизонтальный канал — шлакоуловитель. Действие его основано на том, что шлак более легкий, чем металл, и поэтому он стремится всплыть на поверхность металла. Таким образом, в шлакоуловителе происходит окончательное отделение шлака от металла. Обратите внимание также на то, что питатели, непосредственно подводящие металл в полость формы, непременно делаются ниже шлакоуло-



Фиг. 22. Части литниковой системы:

1 — литниковая чаша; 2 — стояк; 3 — шлакоуловитель;  
4 — питатели; 5 — полость формы.

вителя. Это делается, конечно, для того, чтобы шлак, находящийся в шлакоуловителе, не мог попасть в питатели.

Частицы воздуха, увлеченные, подобно шлаку, струей металла в литниковую систему, отделяются от металла таким же образом в самой литниковой системе.

Так происходит отделение шлака и пузырьков воздуха, оказавшихся в металле до его заливки в форму или образовавшихся в самой литниковой системе. Но ведь и при дальнейшем движении расплавленного металла внутри формы также может происходить образование шлака: воздух, находящийся в форме, окисляет металл, и при движении металла внутри формы он раз-

мывает ее стенки. Как же отделить этот шлак и эти посторонние неметаллические включения? Это оказывается невозможным.

Шлаки, образовавшиеся внутри формы или случайно прорвавшиеся в нее из литниковой системы (такие случаи тоже могут быть), всплывают, конечно, наверх. Поэтому верхние поверхности отливки всегда получаются менее чистыми, чем нижние и вертикальные. Из этого вытекает одно из основных правил конструирования отливок и одно из основных правил разработки технологического процес-



Фиг. 23. Обрабатываемые поверхности необходимо при заливке располагать по возможности вниз.

са формовки: все те поверхности, которые должны оказаться при механической обработке возможно более чистыми (поверхности трения, контактные поверхности), должны быть в форме при ее заливке нижними или вертикальными, но отнюдь не верхними. Если, например, нужно отлить какую-нибудь деталь в виде плиты (фиг. 23), у которой одна из плоскостей подлежит механической обработке, то формовку осуществляют таким образом, чтобы эта плоскость оказалась при заливке нижней.

Иногда для получения чистых поверхностей, когда почему-либо невозможно их сделать нижними при заливке, приходится заливать формы в наклонном положении.

Для того чтобы при механической обработке полностью удалить слой отливки, загрязненный шлаковыми включениями и газовыми раковинами, на механическую обработку верхних поверхностей отливок всегда оставляют, больший припуск, чем на механическую обработку нижних и боковых поверхностей. Это предусмотрено действующими стандартами, нормирующими припуски на механическую обработку отливок. Например, для чугунных отливок высотой 500 мм, изготавливаемых серийно, в

песчаных формах, припуск на нижнюю и боковые поверхности должен быть не больше 4 мм, а на верхнюю поверхность его допускается увеличивать до 6 мм, т. е. делать в полтора раза больше.

## КАК РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

### ЧТО ДОЛЖЕН ДЕЛАТЬ ТЕХНОЛОГ-ЛИТЕЙЩИК

Чертежи спроектированного конструктором изделия вместе с чертежами всех составляющих его деталей передаются из отдела главного конструктора в отдел главного технолога для разработки технологического процесса. Чертежи деталей распределяются между технологами различных специальностей: чертежи кованных или штампованных деталей передаются технологу по кузнечному производству, чертежи сварных узлов — технологу-сварщику, чертежи литых деталей — технологу-литейщику. Каждый из технологов приступает к трудной и весьма ответственной работе: разработке технологического процесса. Нас интересует, конечно, работа технолога-литейщика. Что он должен делать? Из чего, иными словами, состоит разработка технологического процесса изготовления отливок?

В самом начале своей работы технолог-литейщик должен решить, каким способом лучше всего, т. е. проще, быстрее и дешевле, можно изготовить данную отливку? И прежде всего, каким способом изготовить для нее форму? Ведь способов много, каждую отливку можно изготовить если не всеми, то многими способами: литьем в разовые песчаные формы, литьем в оболочковые формы, литьем по выплавляемым моделям, литьем под давлением, кокильным литьем и другими. А песчаные формы можно готовить многими способами: ручной формовкой в парных опоках, шаблонной формовкой, машинной формовкой.

Чем же руководствуется технолог, выбирая тот или иной способ? При выборе способа литья и способа изготовления формы технолог должен принять в соображение многие обстоятельства (факторы). Важнейшие из них — следующие три: 1) характер отливки (ее вес, очертания, сложность, из какого сплава отливается); 2) характер заказа (количество отливок в партии, срок

выполнения заказа и т. д.); 3) технические возможности литейного цеха, какие технологические процессы освоены в литейном цехе, какого размера опоки имеются, какие имеются формовочные машины, каковы размеры сушил, какова грузоподъемность подъемных кранов, какие имеются плавильные печи, какова квалификация рабочих и т. д.

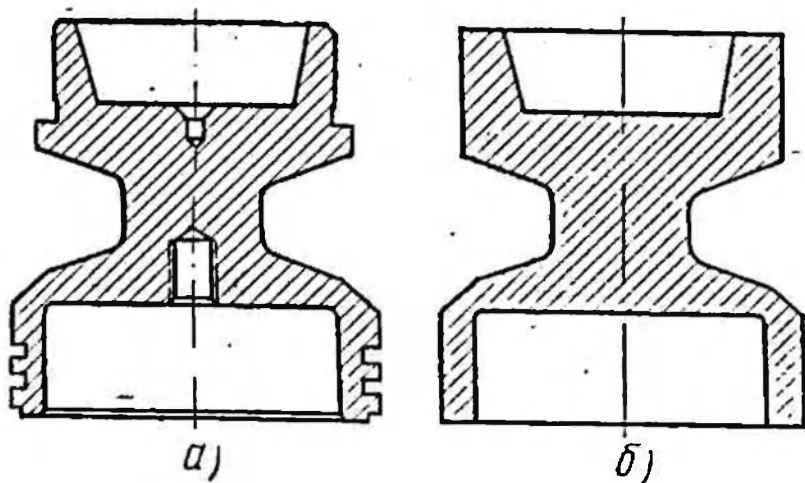
Допустим, необходимо изготовить партию чугунных отливок; вес каждой отливки — небольшой (1—2 кг); очертания — простые (например, такие, какие имеет отливка, изображенная на фиг. 4), обработка — кругом. Конечно, первой мыслью современного передового технолога-литейщика будет — кокильное литье. Отливка, что называется, сама просится, чтобы ее отливали в кокиль: очертания простые, стержней нет, стенки достаточной толщины, вес небольшой. Но не надо спешить с решением, а прежде выяснить, какое количество отливок необходимо изготовить. Если окажется, что количество отливок равно 10 000, то мысль о кокильном литье была совершенно правильна. Ну, а если количество отливок окажется равным всего 100, то мысль о кокильном литье отпадает сама собой. И технолог-литейщик примет единственно возможное для этого случая решение: изготавливать такие отливки ручной формовкой в парных опоках.

Небольшие партии (десятки штук) мелких отливок (единичные отливки) изготавливаются обычно ручной формовкой в парных опоках всырую с применением универсальной оснастки (т. е. имеющихся в цехе опок, подмодельных досок, сушильных плит и т. д.). Партии побольше (сотни и тысячи штук) можно перевести на машинную формовку по координатным плитам. Небольшие партии крупных отливок изготавливаются также ручной формовкой в парных опоках, но обычно всухую, или в почве также всухую, или на формовочных машинах по координатным плитам.

Для изготовления укрупненных партий (тысячи и десятки тысяч отливок) применяется машинная формовка на постоянных модельных плитах, литье в оболочковые формы, кокильное литье и другие так называемые специальные виды литья. То же относится и к массовому производству, где в течение ряда лет изготавливаются одни и те же отливки.

Выбором способа литья и способа изготовления формы заканчивается первый этап работы технолога-литейщика, и он приступает непосредственно к разработке технологического процесса. В этой книжке мы, ограничимся рассмотрением основных принципов разработки технологического процесса изготовления разовых песчаных форм. Многие из того, что будет сказано на последующих страницах, в равной мере относится и к другим технологическим литейным процессам.

Прежде всего технолог-литейщик упрощает внешние очертания литой детали. Отверстия малого диаметра,



Фиг. 24. Литая деталь (а) и отливка (б).

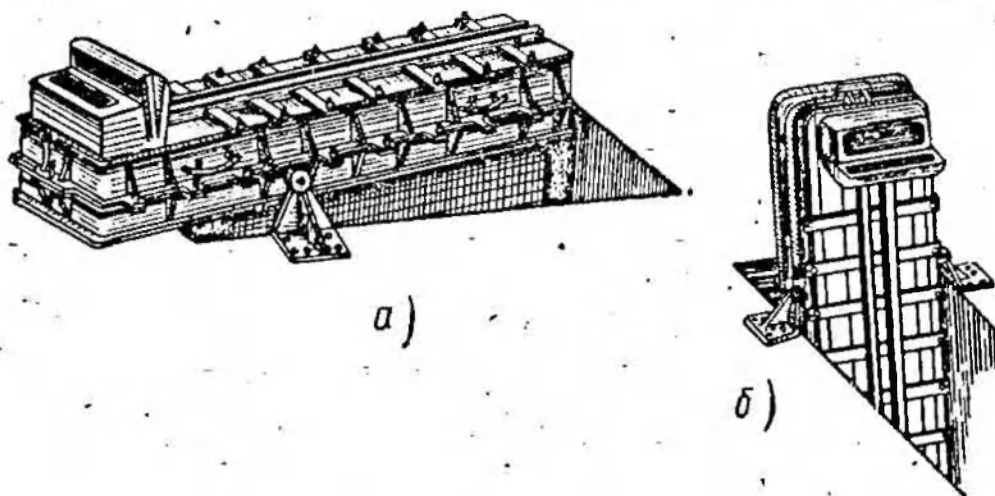
например, проще и дешевле выполнить механической обработкой (сверлением), чем получать их в процессе литья. В мелкосерийном производстве обычно выполняются отверстия литыми, если их диаметр превышает: в мелких отливках 15 мм, в средних отливках 20 мм, в крупных отливках 30 мм.

Точно так же не следует выполнять в отливке всякие мелкие выемки и канавки. Как упрощаются внешние очертания литой детали, можно увидеть, рассмотрев фиг. 24.

Затем технолог-литейщик выбирает положение отливки при заливке, руководствуясь при этом двумя основными соображениями: во-первых, отливка в момент заливки должна быть по возможности расположена так, чтобы было обеспечено ее направленное затвердевание—снизу вверх; во-вторых, обрабатываемые поверхности отливок должны быть при заливке по возможности нижними или боковыми.

Чаще всего положение при заливке совпадает с положением при формовке. Иногда же выбранное положение при заливке оказывается неудобным для формовки. В этом случае технолог-литейщик выбирает два положения отливки: одно, в котором отливка должна формироваться, и второе, в котором она должна заливаться. Это, конечно, усложняет технологический процесс, и поэтому прибегать к этому способу следует лишь в случае крайней необходимости.

При литье длинных деталей бывает удобным формировать их в горизонтальном положении, а заливать в вер-



Фиг. 25. Собранная форма перед заливкой (а) и после заливки (б). Фигура заимствована из статьи В. И. Солдатенко.

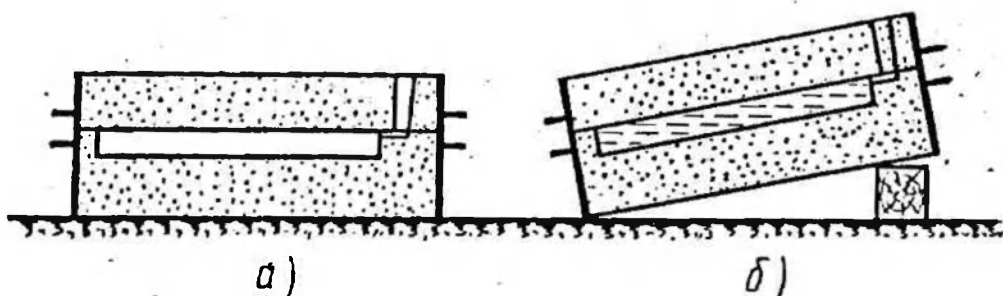
тикальном: лучше происходит заполнение формы и значительно увеличивается металлостатическое давление и отливки получаются более плотными. Иногда и заливку производят также в горизонтальном положении, но сразу же после заливки форму поворачивают в вертикальное положение, чтобы обеспечить хорошее питание отливок и направленное затвердевание снизу вверх. Так, в частности, отливают коленчатые валы на некоторых заводах (фиг. 25).

Отливки с большими горизонтальными поверхностями формуют в горизонтальном положении, а заливают в наклонном (фиг. 26), чтобы облегчить всплывание шлаков и неметаллических включений.

Выбрав положение при формовке, технолог намечает плоскости разъема модели и намечает, какие части модели необходимо сделать отъемными. Какими

соображениями должен при этом руководствоваться технолог, — подробно рассказано на предыдущих страницах. Напомним еще раз, что количество разъемов должно быть минимально, желательно не более одного.

Одновременно технолог устанавливает количество стержней и их очертания, а также способы их укрепления в форме. Чем меньше стержней, тем, как правило, проще получается сборка формы, но зато усложняется процесс изготовления стержней. Технолог-литейщик должен найти «золотую середину», взвесить все обстоятельства и решить этот вопрос.



Фиг. 26. Формовка отливки с большой горизонтальной плоскостью производится в горизонтальном положении (а), а заливка — в наклонном (б).

Следующий этап работы технолога-литейщика — назначение припусков. Припуски устанавливаются с различными целями:

а) припуски на механическую обработку, дающие возможность подвергать отливки механической обработке для получения точных размеров и высокой степени чистоты поверхности;

б) припуски для создания направленного затвердевания (см. фиг. 20);

в) припуски, компенсирующие коробление отливок;

г) припуски для создания формовочных уклонов (см. фиг. 11):

Наибольшие допустимые значения припусков на механическую обработку установлены ГОСТ 1855—55 (чугунные отливки) и ГОСТ 2009—55 (стальные отливки). Стандарта, нормирующего припуски на механическую обработку отливок из цветных сплавов, еще не выпущено, и вместо стандарта на многих заводах разработаны собственные заводские нормы. Некоторые из них помещены в справочниках по литейному производству.

Стандратов, нормирующих величину остальных видов припусков (см. выше — б, в, и г), так называемых технологических припусков, не существует. Технолог означает технологические припуски либо на основании заводских нормалей, либо руководствуясь собственным опытом.

Рассмотрим несколько подробнее ГОСТ 1855—55 и ГОСТ 2009—55, которые устанавливают наибольшие значения припусков на механическую обработку.

Наибольшие значения припусков на механическую обработку зависят от следующих обстоятельств:

1) литейного сплава; для сталей припуски несколько больше, чем для чугуна;

2) класса точности изготовления отливок; установлено три класса: I, II и III; самый точный класс I, наименее точный III; отнесение отливки к тому или иному классу производится технологом и зависит от характера технологического процесса, который запроектирован для данной отливки; можно считать, что отливки, изготавливаемые вручную в песчаных формах, относятся к III классу, отливки, изготавливаемые на формовочных машинах, — ко II классу, а к I классу относятся отливки, изготавливаемые кокильным литьем, литьем в оболочковые формы и другими особыми видами литья;

3) наибольшего габаритного размера отливки;

4) номинального (указанного в чертеже) размера отливки, на который и необходимо назначить припуск;

5) положения соответствующей поверхности при заливке: верх, низ или бок.

В табл. 1 приведены выписки из ГОСТ 1855—55 припусков на механическую обработку чугунных отливок III класса, а в табл. 2 — из ГОСТ 2009—55 на механическую обработку стальных отливок также III класса. Отметим, кстати, что таблицы построены совершенно одинаково и отличаются только значениями припусков.

Покажем на примере, как пользоваться этими таблицами. Пусть требуется установить припуск на механическую обработку стальной отливки III класса на номинальный размер 500 мм между двумя плоскостями, одна из которых при заливке будет верхней, а другая — нижней. Габаритные размеры отливки: диаметр 1400 мм, высота 800 мм (см. фиг. 20). Наибольший габаритный размер 1400 мм. По табл. 2 находим максимальные значе-

Таблица 1

Припуски на механическую обработку чугунных отливок III класса  
(по ГОСТ 1855—55)

Наименьший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм																		
		до 120	121—260	261—500	501—800	801—1250	1251—2000	2001—3150	3151—5000	5001—6300	6301—10000									
до 120	Верх	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
121—260	Верх	5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	4	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
261—500	Верх	6	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	4,5	5	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
501—800	Верх	7	7	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	5	5	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
801—1250	Верх	7	8	8	9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	5,5	6	6	7	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1251—2000	Верх	8	8	9	9	10	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	6	6	7	7	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001—3150	Верх	9	9	10	10	11	12	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	7	7	8	8	9	9	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3151—5000	Верх	9	10	10	11	12	14	15	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	7	8	8	9	9	11	12	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5001—6300	Верх	9	10	11	12	13	14	16	18	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	7	8	9	9	10	11	13	15	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6301—10000	Верх	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	7	8	9	10	11	13	15	17	19	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ния припусков: для верха 12 мм, для низа 9 мм. Таким образом, номинальному размеру литой детали 500 мм соответствует размер отливки  $500 + 12 + 9 = 521$  мм. Заметим, что это число представляет наибольшее допустимое значение соответствующего размера отливки. Нужно всячески поощрять тех, кто стремится работать с пониженными припусками, так как это ведет к экономии металла.

В задачу технолога-литейщика входит также выбрать способ и место подвода металла в форму, спроектировать и рассчитать литниковую систему, т. е. определить размеры всех ее частей: литниковой чаши, стояка, шлакоуловителя и питателей. Если отливка такова, что требуется установить прибыли (а это также решает техно-

Таблица 2

Припуски на механическую обработку стальных отливок III класса  
(по ГОСТ 2009-55)

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм												
		до 120	121—260	261—500	501—800	801—1250	1251—2000	2001—3150	3151—5000	5001—6300	6301—10000			
до 120	Верх	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120—260	Верх	5	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
261—500	Верх	6	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	5	6	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
501—800	Верх	7	8	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	5	6	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
801—1250	Верх	9	10	11	12	13	—	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	6	7	8	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—
1251—2000	Верх	10	11	12	13	14	16	—	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	7	8	9	9	10	11	—	—	—	—	—	—	—
2001—3150	Верх	10	11	13	14	15	16	17	—	—	—	—	—	—
	Низ, бок	8	9	10	10	11	12	13	—	—	—	—	—	—
3151—5000	Верх	12	13	14	15	16	17	18	20	—	—	—	—	—
	Низ, бок	9	10	11	11	12	13	14	16	—	—	—	—	—
5001—6300	Верх	—	14	15	16	18	20	21	23	25	—	—	—	—
	Низ, бок	—	10	11	12	13	14	15	17	20	—	—	—	—
6301—10000	Верх	—	—	16	18	20	22	23	25	28	33	—	—	—
	Низ, бок	—	—	12	13	14	15	16	18	22	26	—	—	—

лог-литейщик), то необходимо выбрать место их установки и определить их размеры. То же относится к холодильникам.

Технологу-литейщику приходится также устанавливать, какую формовочную смесь следует применить и какой краской окрасить форму.

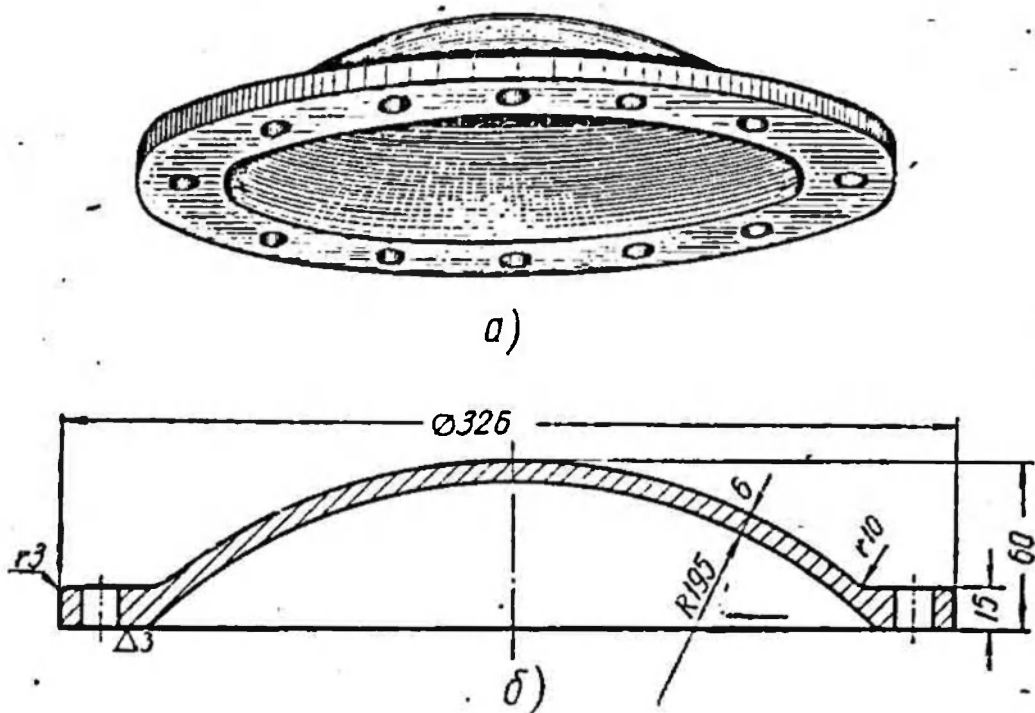
Мы перечислили лишь самые основные вопросы, которые должны быть решены при разработке технологического процесса формовки. В действительности задачи, решаемые технологом-литейщиком, гораздо больше: он должен не только разработать технологический процесс, но и проследить за его выполнением, внося необходимые поправки. Он должен проследить также за механической обработкой первых отливок. Это позволит ему обнару-

жить недостатки технологического процесса изготовления отливки, чтобы исправить или, как обычно говорят, откорректировать технологический процесс.

Чтобы лучше понять, как производится разработка технологического процесса формовки, рассмотрим в самых общих чертах последовательность разработки технологического процесса двух относительно простых отливок.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ФОРМОВКИ ЧУГУННОЙ КРЫШКИ

На фиг. 27 показан общий вид и чертеж детали — чугунной крышки. Чертеж представляет собой разрез крышки плоскостью, проходящей через ось крышки.

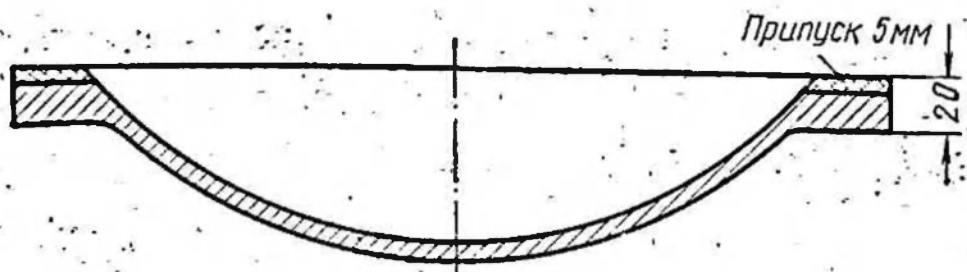


Фиг. 27. Общий вид (а) и чертеж (б) литой детали — чугунной крышки.

Рассматривая чертеж детали, мы замечаем, что эта деталь по своим очертаниям относительно простая. В то же время деталь тонкостенная (толщина стенки равна всего 6 мм). В крышке имеется 12 отверстий диаметром 14 мм. Обработаться должна лишь нижняя опорная плоскость фланца (это отмечено на чертеже знаком обработки  $\nabla 3$ ).

Предположим, что изготавливаться таких отливок должно несколько тысяч штук, т. е. производство их серийное. Поэтому в качестве основного технологического процесса принимаем формовку на формовочных машинах по металлическим модельным плитам. Изготавливать эту отливку литьем в кокиль, по-видимому, не удастся: очень мала толщина стенок отливки — всего 6 мм.

Технолог-литейщик начинает разработку технологического процесса с того, что *упрощает очертания детали*: отверстия диаметром 14 мм сделать в отливке трудно, и он их «заглушает». Это значит, что отливка будет сде-



Фиг. 28. Отливка с припусками. Припуск назначен по II классу, так как формовка машинная. Если бы формовка была ручной, то отливка относилась бы к III классу и соответствующий припуск равнялся бы 6 мм (см. табл. 1).

лана без отверстий, а отверстия будут просверлены при последующей механической обработке.

Дальше требуется решить вопрос о *положении отливки при заливке*: заливать ли ее выпуклостью вверх, т. е. так, как показано на фиг. 27, б, или наоборот, выпуклостью вниз.

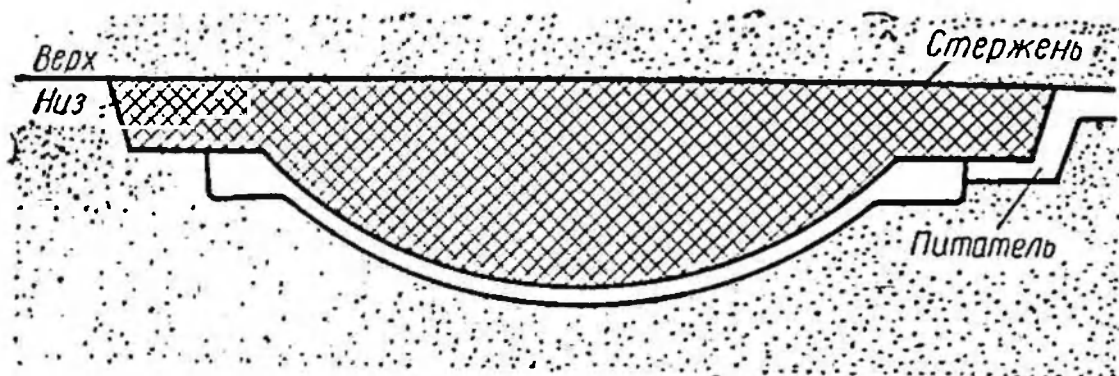
Если крышку заливать выпуклостью вверх, то, как показал опыт литья подобных отливок, получается большой брак по недоливкам. Можно было бы поставить в верхней части отливки выпор, но при обрубке его легко повредить тонкую стенку отливки. Кроме того, место, где стоял выпор, придется после обрубки зачищать на наждачном станке. Все это — лишние операции. При заливке же выпуклостью вниз необходимость в выпоре отпадает. Таким образом, если взвесить все высказанные соображения, то следует прийти к выводу о том, что крышку лучше заливать выпуклостью вниз.

Выбрав положение при заливке, технолог-литейщик назначает *величину припуска* на обрабатываемую по-

верхность фланца. Так как эта поверхность при заливке будет верхней, то величину припуска на основании ГОСТ 1855—55 принимают равной 5 мм (фиг. 28).

Выбранное положение при заливке оказывается наиболее удобным и для формовки. Поэтому положения крышки при формовке и при заливке совпадают, как это чаще всего и бывает.

Чтобы не делать фасонной модельной плиты, верхняя поверхность отливки (по ее положению при формовке и заливке) будет выполняться стержнем, а чтобы не было перекоса при сборке форм (отливка тонкостенная и да-



Фиг. 29. Форма для отливки чугунной крышки.

же небольшой перекос может привести к браку), плоскость разъема формы выбирается по верхней плоскости стержня (фиг. 29).

Металл подводится к фланцу крышки. Размеры питателей, шлаковика и стояка определяются расчетом, исходя из веса отливки и нормальной скорости заливки.

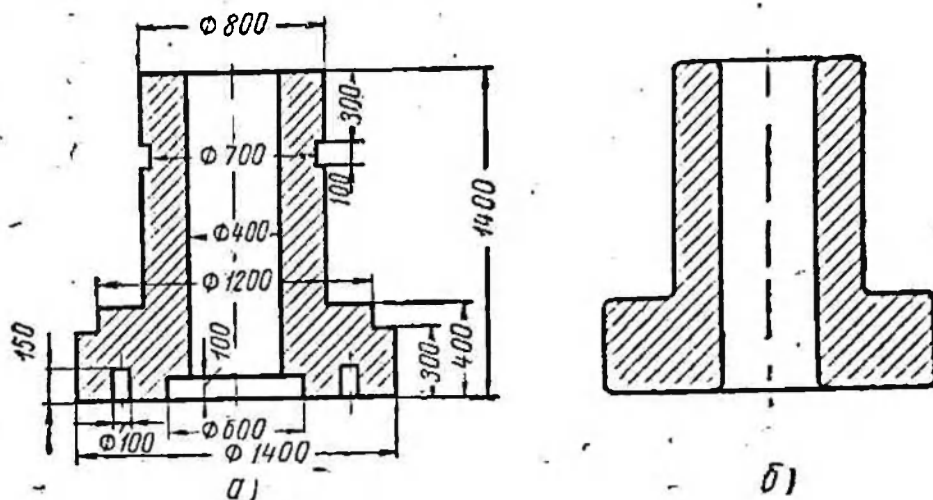
### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ФОРМОВКИ СТАЛЬНОЙ ВТУЛКИ

На фиг. 30 показан чертеж литой стальной детали — втулки и чертеж отливки. Как видно из сопоставления чертежей, отливка отличается от детали более простыми очертаниями.

Упростив очертания отливки, технолог-литейщик выбирает положение втулки при заливке. Втулку следует расположить при заливке таким образом, чтобы ее самая массивная часть (т. е. часть с фланцем) оказалась сверху; в этом случае будет осуществлено направленное затвердевание снизу вверх.

Выбрав положение втулки при заливке, назначаем припуски. При этом мы учитываем, что требуется изготовить всего четыре втулки. Это значит, что изготовление этих втулок — производство единичное. Руководствуясь ГОСТ 2009—55 на припуски стальных отливок, устанавливаем, что на верхнюю плоскость припуск может быть равен 16 мм, а на нижнюю и на боковые поверхности — 12 мм (фиг. 31).

Чтобы не было смещения одной части отливки по отношению к другой, помещаем отливку полностью в ниж-

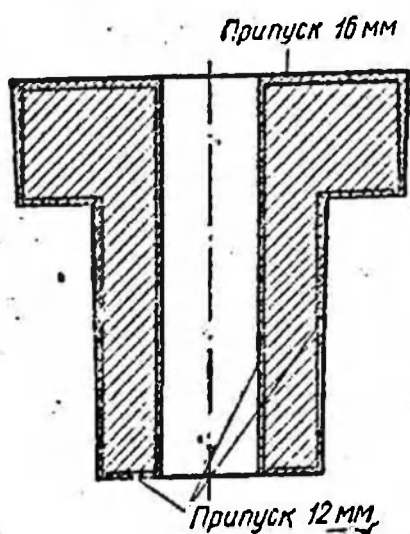


Фиг. 30. Стальная втулка:  
а — деталь; б — отливка.

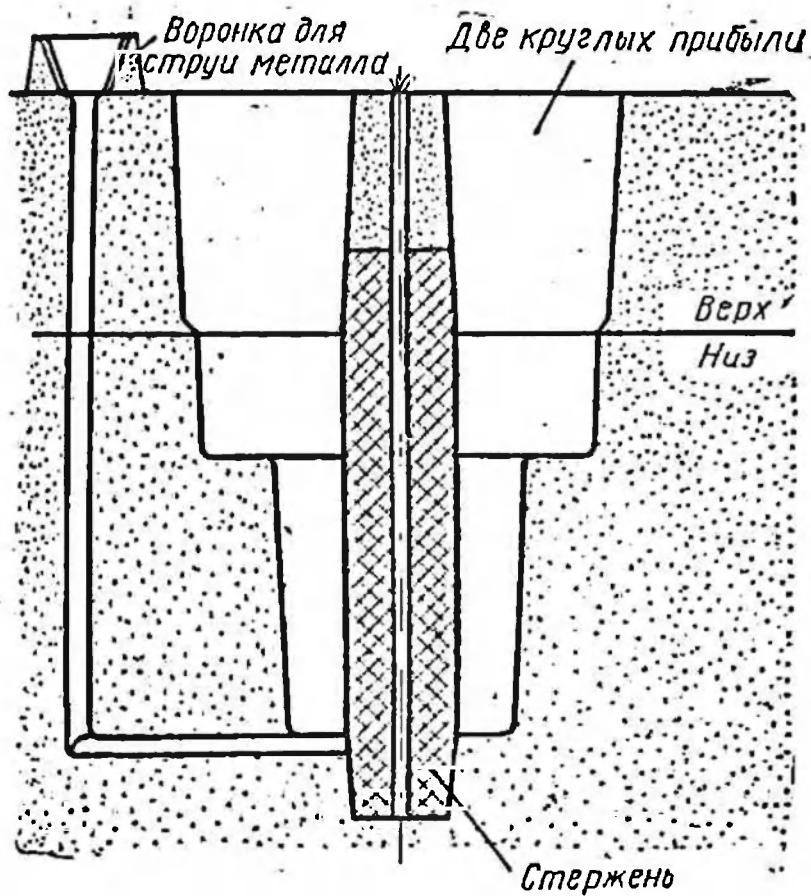
нюю часть формы, т. е. разъем формы делаем по верхней плоскости фланца. Центральное отверстие выполняем стержнем. Для питания жидким металлом верхней части отливки устанавливаем две массивные прпбыли высотой 850 мм. Металл подводится в нижнюю часть отливки при помощи сифонного литника (фиг. 32).

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Когда технолог-литейщик разработает технологический процесс, он должен оформить его в виде каких-то технологических документов, на основании которых модельщик изготовил бы модель, стержневые ящики, шаблоны и другие части модельного комплекта, формовщики изготовили бы форму и собрали ее, а другие литейщики выполнили бы разработанный технологом-литейщиком технологический процесс.



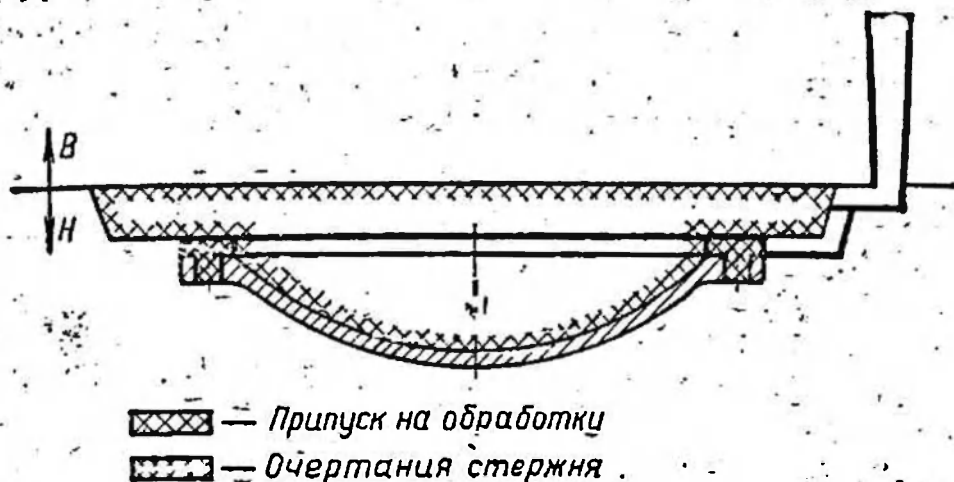
Фиг. 31. Отливка с припусками для механической обработки и с технологическими припусками для образования формовочных уклонов.



Фиг. 32. Форма для отливки стальной втулки.

На каждом заводе существует своя система составления технологической документации, но основа ее почти во всех случаях одна и та же.

Первый технологический документ, который составляет технолог-литейщик, — это нанесение разработанного технологического процесса на светокопии чертежа (синька). При нанесении технологического процесса на синьку технолог пользуется условными обозначениями, с основными из которых мы и ознакомим сейчас читателя.



Фиг. 33. Светокопия чертежа чугунной крышки (синька) с нанесенной технолог-литейщиком разработкой технологического процесса. Не выполняемые в литье отверстия, припуски на механическую обработку и элементы литниковой системы показываются красным карандашом, очертания стержней — синим.

На фиг. 33 показан чертеж чугунной крышки (см. фиг. 27), изготовляемой по рассмотренному выше технологическому процессу (см. фиг. 29). Красным карандашом технолог «заглушит» отверстия и укажет припуски на механическую обработку, а также литниковую систему, а синим сделает очертания стержней. Если модель нашей отливки имеет съемные части, то технолог покажет их коричневым карандашом, а если в форму потребовалось установить холодильники, то технолог покажет их на синьке зеленым карандашом.

Когда изготавливается небольшая партия отливок по деревянным моделям (в индивидуальном или мелкосерийном производстве), то синька с нанесенной техноло-

гней направляется в модельный цех, где по этой синьке изготавливают так называемый модельный комплект. Основную часть большинства модельных комплектов составляют модели и стержневые ящики. При шаблонной формовке вместо модели изготавливаются шаблоны для заточки формы и болвана. В некоторых случаях по шаблонам изготавливают стержни, и тогда в модельный комплект входят шаблоны для заточки стержней. В модельный комплект входят также: модели литниковой системы, отъемные части модели, контрольные шаблоны, служащие для проверки размеров формы и правильного взаимного расположения стержней в форме, подмодельные доски и сушильные плиты, если нельзя или нецелесообразно воспользоваться имеющимися в литейном цехе.

На синьке технолог подписывает чернилами или тушью также указания следующих особенностей технологического процесса:

- 1) величину усадки;
- 2) размеры литниковой системы в нескольких сечениях;
- 3) состав формовочной и стержневой смеси;
- 4) температуру сушки стержней и формы (если литье по-сухому);
- 5) температуру заливки;
- 6) вес отливки и вес металла, необходимого для заполнения формы, и другие данные технологического процесса.

В массовом и крупносерийном производстве по размеченной технологом синьке конструкторы литейной оснастки изготавливают чертежи модельных плит, кокилей, стержневых ящиков и другой технологической оснастки, которая в этом случае изготавливается уже в большинстве случаев не из дерева, а из металла в инструментальном цехе или в отделении металломоделей модельного цеха.

А технологический процесс записывается в специальной технологической карте, один из вариантов которой представлен на табл. 3.

В этой технологической карте обычным шрифтом («прямым») набрано то, что напечатано на всех бланках технологической карты, а курсивом — то, что вписывается в нее технологом для каждой отливки в отдельности.

## Технологическая карта

Завод ком-прессорный	Технологическая карта № 156		Цех чугунолитейный			
№ чертежа	Наименование отливки			Марка сплава		
Эскиз отливки			Вес детали . . . . .	15 кг		
			Вес отливки . . . . .	23 кг		
			Вес отливки с литниками	28 кг		
			Вес металла в форме . .	56 кг		
Модельный комплект			Приспособления			
наименование		количество	наименование		количество	
Модель . . . . .		1	Опока 400×500×200 . .		1	
Отъемная часть . . . . .		1	Опока 400×500×150 . .		1	
Стержневые ящики . . . . .		2				
Контрольный шаблон . . . . .		3				
Способ формовки			Формовочные материалы			
ручная	способ	№	Формовочная смесь . . . . .		1	
машинная	тип машины		Наполнительная смесь . . . . .		7	
			Стержневая смесь . . . . .		5	
			Краска для стержней . . . . .		11	
Сушка			Технологические инструкции			
Форма	температура	продолж.	Формовка . . . . .		ТИЛ-15	
	—	—	Изготовление стержней		ТИЛ-23	
Стержни	320°	6 час.	Сушка стержней . . . . .		ТИЛ-27	
			Заливка . . . . .		ТИЛ-57	
Заливка			Особые требования			
Вес груза . . . . .		40 кг	Долить в литник через 5 минут			
Температура заливки . . . . .		1320—1350°				
Время остывания . . . . .		3 часа				
Операция	Формовка	Изготовление стержней	Выбивка	Обрубка	Очистка	Зачистка
Разряд						
Норма						
Составил	Начальник ТБ		Начальник цеха .		Главный металлург	

Обратите внимание, что технолог не вписывает в технологическую карту составы формовочных и стержневых смесей, а указывает только номер смесей. Точный состав этих смесей указан в специальных технологических инструкциях, которыми и руководствуются работники смесеприготовительных отделений («земледелок»). Точно так же технолог указывает просто номера технологических инструкций, которыми надлежит пользоваться при формовке, заливке и т. д.

В графе «Особые требования» технолог указывает какие-нибудь особые приемы технологического процесса, которые применяются не ко всем, а только к некоторым отливкам. К числу таких особых требований относятся, например, такие: «Раскрепить форму через 5 минут после заливки и взрыхлить формовочную смесь в верхней опоке» (для того, чтобы дать возможность отливке свободно усаживаться), или «Долить прибыль два раза по мере опускания металла в стояке», или «Залить форму в наклонном положении» и т. д.

Подписывают технологическую карту технолог, который разработал технологический процесс, начальник технологического бюро, начальник цеха, с которым технологический процесс должен быть согласован, и главный металлург или главный технолог (в том случае, если на заводе нет отдела главного металлурга).

Спешка с нанесенным на нее технологическим процессом или технологическая карта передаются в литейный цех вместе с выдачей цеху задания на изготовление отливок. Спешки и технологические карты обычно хранятся в цеховой чертежной кладовой или у мастера участка, так что эти технологические документы доступны всем работникам литейного цеха.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Читатель, внимательно прочитавший эту книжку, обратил, вероятно, внимание на то, как часто повторяются в ней слова: «качественный» и «технологичный». Очень часто эти слова даже стоят рядом. И это совсем не случайно.

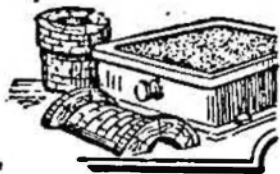
Для того чтобы отливка получилась качественной, она должна быть прежде всего технологичной. Техноло-

гичность — первое условие того, что отливка будет высокого качества. Таким образом, получение качественных отливок зависит прежде всего от конструктора.

Но дело не только в конструкторе. Очень многое зависит от литейщиков и прежде всего от технологов-литейщиков, от того, насколько тщательно и продуманно разработаны ими технологические процессы формовки и последующих операций.

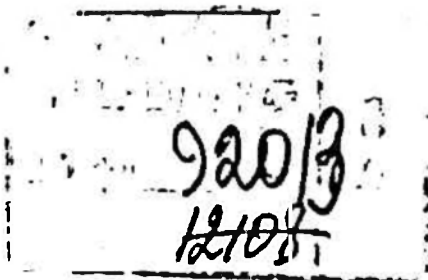
Но и этого мало. Нужно еще точно и добросовестно выполнить разработанный технологический процесс. Это дело рабочих-литейщиков: формовщиков, стерженщиков, заливщиков, обрубщиков. При неправильном или небрежном выполнении даже весьма тщательно разработанного технологического процесса, при отступлениях от него часто даже вполне простая и вполне технологичная отливка получается некачественной и бракуется. Невыполнение технологического процесса, нарушение технологической дисциплины никогда не проходит даром.

Таким образом, на вопрос: от кого же зависит получение качественных отливок, — может быть только один ответ: и от конструкторов, и от технологов, и больше всего, пожалуй, от тех, кто непосредственно воплощает идеи, мысли, формулы и расчеты конструкторов и технологов в отливки, — от рабочих-литейщиков.



### Рекомендуемая литература

1. Справочник литейщика, Чугунное литье, Под ред. Н. Н. Рубцова, Машгиз, 1961.
2. Справочник для мастеров литейного производства, Стальное литье, Под ред. Н. П. Дубинина, Машгиз, 1961, стр. 194—277.
3. Гликин Н. М. и Сосненко М. Н., Технология горячей обработки металлов, Машгиз, 1961, стр. 96—132.
4. Гокун В. Б., Технологические основы конструирования в машиностроении, Изд. 2-е, Машгиз, стр. 473—501.
5. Носова Е. М., Кугель А. В. и Кузнецов Н. А., Справочник литейщика, Киев, Гостехиздат, УССР, 1955, стр. 215—219.
6. Рубцов Н. Н., Балабин В. В. и Воробьев М. И., Литейные формы, Машгиз, 1959, стр. 502—524.
7. Руссиял С. В. и др., Проектирование технологических процессов литейного производства, Машгиз, 1951.
8. Смирнов А. С., Технологичность деталей в приборостроении, М., Судпромгиз, 1961, стр. 157—193.
9. Титов Н. Д., Поточно-массовое производство отливок, Машгиз, 1960, стр. 5—54.



## СОДЕРЖАНИЕ

Для чего нужна технологическая разработка . . . . .	3
Какими должны быть отливки . . . . .	3
В чем состоят трудности при изготовлении отливок . . . . .	8
Возможно ли изготовление качественных отливок . . . . .	11
Как сделать отливку технологичной и качественной . . . . .	13
Зависимость технологичности отливки от ее внешних очертаний . . . . .	13
Какой наименьшей толщины могут быть стенки отливки . . . . .	20
Как не допустить образования в отливках трещин . . . . .	23
Как избавиться от усадочных раковин . . . . .	27
Как получить чистыми обрабатываемые поверхности . . . . .	32
Как разрабатывается технологический процесс . . . . .	36
Что должен делать технолог-литейщик . . . . .	36
Технологический процесс формовки чугуновой крышки . . . . .	44
Технологический процесс формовки стальной втулки . . . . .	46
Технологическая документация . . . . .	47
Заключение . . . . .	52
Рекомендуемая литература . . . . .	54

Захаров Борис Петрович

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ

«Научно-популярная библиотека рабочего-литейщика». Вып. 2.  
Москва — Свердловск, 1962, 56 стр. с илл.

\*

Обложка М. Н. Гарипова  
Технический редактор Н. А. Дугина  
Корректор Н. В. Семенова

\*

ИС22408 Сдано в произв. 18/IV 1962 г. Подписано в печать 14/VIII 1962 г.  
Печ. л. 2,87. Уч.-изд. л. 2,88. Бум. л. 0,88. Формат 84 × 108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Тираж 10 000  
Индекс 1-3-3-2К. Цена 9 коп. Заказ 05

\*

Свердловская типография Metallurgizдата  
г. Свердловск, Дом промышленности

Вторая серия  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ**

8. Л. М. Волпянский, Литье в металлические формы.
9. Л. М. Волпянский, Литье в оболочковые формы.
10. О. А. Горшков, Литье по выплавляемым моделям.
11. С. В. Мышалов, Литье под давлением.
12. Ю. П. Поручиков, Центробежное литье.

Третья серия  
**ПЛАВКА, ЗАЛИВКА, ОБРУБКА**

13. Л. М. Волпянский, Шихта для чугунного и стального литья.
14. Л. М. Волпянский, Разливка и затвердевание металла.
15. А. А. Ананьин, В. П. Чернобровкин, Плавка чугуна в вагранках.
16. А. И. Докшицкая, И. А. Горлач, Плавка стали для фасонного литья в электропечах.
17. Л. А. Волкова, Плавка металла в индукционных печах.
18. А. Л. Богородский, Плавка стали в мартеновских печах.
19. А. А. Романов, Обрубка и очистка отливок.

Четвертая серия  
**ОТЛИВКИ И ИХ СВОЙСТВА**

20. Б. П. Захаров, Свойства и структура стали и чугуна.
21. А. С. Филиппов, Стальные отливки.
22. Э. М. Бланк, Чугунные отливки.
23. Г. А. Писаренко, Чугун с шаровидным графитом.
24. Д. Е. Миклухин, Отливки из алюминиевых сплавов.
25. Г. А. Кузнецов, Отливки из медных сплавов.
26. Б. П. Захаров, Термообработка отливок.

Пятая серия  
**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ**

27. А. С. Филиппов, П. Г. Лузин, Экономика литейного производства.
28. Б. П. Захаров, Контроль в литейном производстве.
29. К. М. Овсянников, Комплексная механизация в литейных цехах.
30. К. М. Овсянников, Основы автоматизации литейного производства.
31. П. И. Макурин, Техника безопасности в литейных цехах.
32. П. Д. Попов, Работа литейных цехов и их проектирование.

9 коп.



**МАШГИЗ**

**УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА**  
Свердловск, ул. Малышева, 36