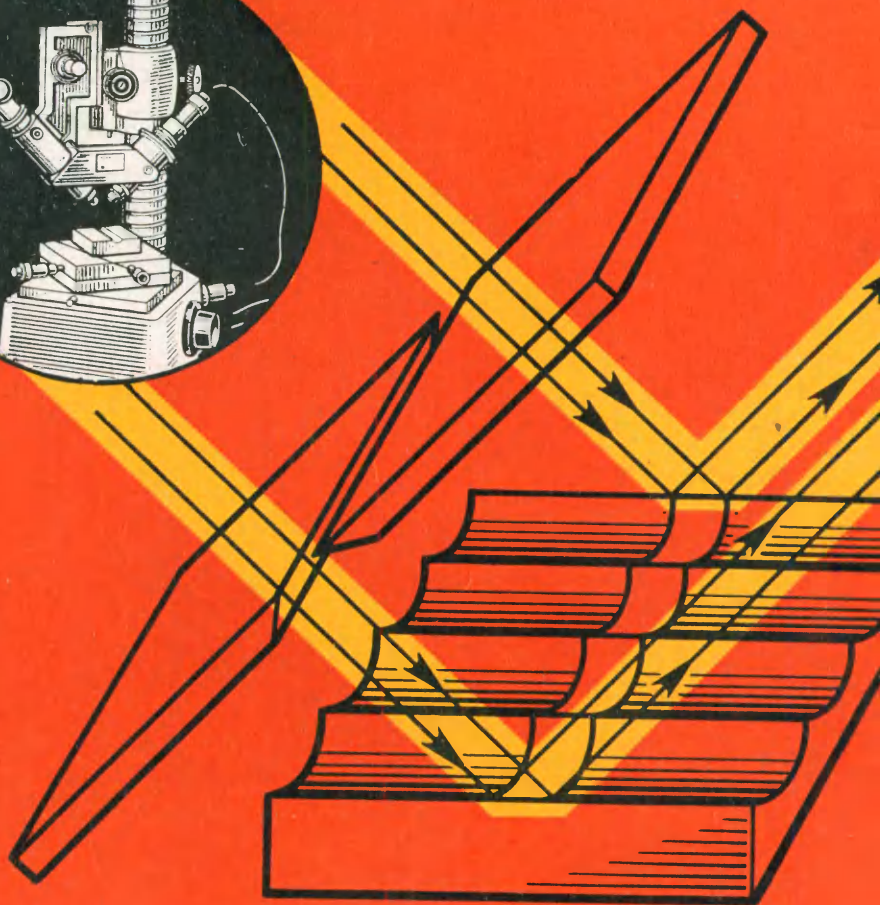
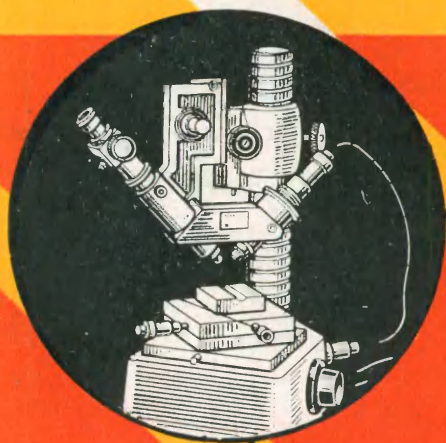


В. А. РЫБКИН

Контроль материалов и работ в литейном производстве



В. А. РЫБКИН

Контроль материалов и работ в литейном производстве

*Одобрено Ученым советом Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия для технических училищ*



**МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»**

1980

ББК 34.61
Р93
УДК 621.74.08

Рецензенты *В. А. Озеров и В. Л. Тарский*

Рыбкин В. А.

Р93 **Контроль материалов и работ в литейном производстве:**
Учеб. пособие для технических училищ. — М.: Машинострое-
ние, 1980 г. — 128 с., ил.

20 к.

Р 31204-070 — 70-80. 2704020000
038(01)-80

ББК 34.61
6П4.1

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач промышленности является повышение качества продукции. Высокое качество позволяет сберечь труд и материальные ресурсы. В решениях Партии и Правительства намечено дальнейшее интенсивное развитие машиностроения в нашей стране.

По объему выпуска отливок СССР занимает ведущее место в мире. Литейное производство обеспечивает отливками-заготовками, предназначенными для последующей обработки резанием, деталями, а также точными отливками различные отрасли машиностроения: станкостроительную, автомобилестроительную, энергетическую, сельскохозяйственную и др.

Для изготовления отливок используют литье в песчаные, металлические, керамические, графитовые формы, литье под давлением и другие способы. Основную часть, около 80% всех отливок, изготавливают в песчаных формах.

Литейное производство представляет собой сложный комплекс технологических процессов. Основными из них являются приготовление формовочных смесей, изготовление оснастки, форм и стержней, приготовление расплавленного металла, заливка форм и контроль качества отливок.

При производстве отливок используют различные формовочные материалы: пески, глины, связующие — и шихтовые материалы: металлы, ферросплавы и др. Формовочные и шихтовые материалы оказывают влияние на свойства литейных форм и стержней, приготовляемого металла и, в конечном счете, на качество отливки. Однако можно использовать качественные материалы и изготавливать форму и стержни по моделям и стержневым ящикам, размеры которых не соответствуют требуемым, или, изготавливая форму и стержни, выполнять технологические операции с отклонениями от заданных режимов — что приведет к появлению дефектов в отливке, снижению ее качества, а иногда и к браку.

Все это предопределяет многообразие способов и приемов кон-

троля материалов и работ в литейном производстве, которые осуществляют контролеры литейного цеха. Основными целями контроля являются:

1. Установление соответствия качества материалов, поставляемых в литейный цех, требуемым (заданным) по техническим условиям и предупреждение использования некачественных материалов в технологическом процессе.

2. Установление соответствия режимов и последовательности выполнения технологических операций, предусмотренных утвержденной технической документацией, и предупреждение нарушения технологии.

3. Сравнение качества выпускаемой продукции с техническими условиями на эту продукцию.

4. Выявление причин отклонения качества продукции от заданного и нарушений технологического процесса, определение способов повышения качества выпускаемой продукции.

Качество отливок оценивают по размерам, массе, прочности металла и т. п. В современном машиностроении используют приборы контроля, которые позволяют определить большинство параметров качества отливок.

Контролеры, работающие в отделах технического контроля литейного цеха, осуществляют контроль не только готовой продукции, т. е. готовых отливок, но и поступающих в литейный цех материалов, проверяют состояние оснастки, моделей, стержневых ящиков, оборудования, технологических процессов. Поэтому рабочий контролер по профессии «Контролер материалов и работ в литейном производстве» должен уметь:

контролировать качество формовочных и стержневых смесей, точность изготовления технологической оснастки литейного производства;

проверять размеры и правильность изготовления форм, литниковых систем, вентиляционных каналов;

контролировать готовые отливки после выбивки и обрубки в соответствии с техническими условиями на основании анализов и испытаний (в химической, механической, металлографической лабораториях);

проверять инструменты и приспособления;

контролировать соблюдение инструкций.

Контролер должен знать:

технические условия на отливки и материалы, используемые в литейном производстве;

устройство, назначение инструментов и приспособлений для формовки и изготовления стержней;

технологический процесс изготовления форм и стержней;

правила проверки готовых форм и стержней;

допуски на размеры и массу отливок;

характеристики шероховатости поверхности отливок;

величины литейной усадки, припусков на обработку резанием: марки сплавов и их механические свойства.

Кроме этого, он должен иметь четкое представление об организации своего рабочего места, правилах техники безопасности и пожарной безопасности в литейном цехе. Контролер материалов и работ литейного производства должен постоянно углублять и совершенствовать знания о технологии и оборудовании цеха, в котором он трудится, поскольку в перспективных планах развития литейного производства предполагается повышение степени автоматизации и механизации всех видов работ в литейном цехе. Контроль отливок должен проводиться по большому числу параметров. Все шире используют новые, более совершенные приборы, снабженные электронными устройствами и их сочетание с электронно-вычислительной техникой. Это позволяет оперативно управлять технологическими процессами литья, предупреждать отклонения и нарушения, появление брака. Планами развития народного хозяйства страны предусмотрено расширение производства автоматизированных литейных машин и линий, оборудования для получения высокопрочных отливок с минимальными припусками на обработку резанием, либо без припусков. В связи с этим роль контролеров постоянно возрастает.

С целью повышения качества продукции на предприятии через один — два года проводят внутриводскую аттестацию качества. Для этого создается специальная комиссия, которая оценивает продукцию и сравнивает ее с лучшими отечественными и зарубежными образцами, разрабатывает мероприятия по уменьшению брака. Мероприятием, также направленным на повышение качества, является день качества. В нем участвуют практически все службы завода, отделы главного технолога, главного металлурга, главного механика, руководители цехов. Организуется совещание под руководством директора или главного инженера завода. На таком совещании оперативно решают вопросы качества, которые зависят от совместного действия различных служб и подразделений.

Большое значение в деле повышения качества продукции машиностроительных предприятий имеет применение комплексной системы управления качеством продукции (КСУКП). В соответствии с этой системой управление качеством осуществляется на всех этапах производства: при проектировании с учетом передовых достижений науки и техники, в процессе производства на основе передовой технологии. Основными документами системы являются стандарты предприятий (СТП). Одним из элементов КСУКП является использование рабочими личного клейма. Это означает, что рабочий самостоятельно контролирует свою продукцию и удостоверяет ее качество своим клеймом. В работе по повышению качества продукции имеет значение деятельность партийных, комсомольских, профсоюзных организаций. Эта работа находит отражение в совершенствовании форм материального и морального поощрения рабочих. На заводе и в его цехах организуется общественная инспекция качества, основная цель кото-

рой — борьба за повышение качества, воспитание чувства высокой ответственности, коммунистического отношения к труду.

Особое значение имеет социалистическое соревнование. По его итогам материально и морально поощряется ритмичная работа цехов, участков и, что наиболее важно, — выпуск в запланированном объеме качественной продукции.

Уменьшению брака способствует повышение квалификации производственных рабочих, а также рабочих-контролеров.

Партия и Правительство придают большое значение подготовке квалифицированных кадров для нашей промышленности, в частности, для литейного производства прежде всего в профессионально-технических учебных заведениях. В них можно одновременно получить специальность и общее среднее образование. Из года в год увеличивается прием учащихся в ПТУ, строятся хорошо оснащенные профессионально-технические училища, общежития для учащихся, увеличивается выпуск учебников, пособий, технических средств обучения.

В Постановлении Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР от 30 августа 1977 г. по развитию профессионально-технического образования указывалось, что система профессионально-технического образования стала основной школой подготовки квалифицированных рабочих кадров для народного хозяйства, подлинной школой коммунистического воспитания и трудового мастерства, были намечены задачи по ее совершенствованию, задачи подготовки всесторонне образованных молодых рабочих, обладающих глубокими знаниями, прочными профессиональными навыками, широким политехническим кругозором. Учащиеся ПТУ должны воспитывать в себе коммунистическое мировоззрение, высокие моральные качества, сознательное отношение к труду, непримиримость к буржуазной идеологии, беззаветную преданность партии Ленина, Социалистической Родине.

Глава 1

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК И СТАНДАРТИЗАЦИИ

КАЧЕСТВО И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

В машиностроении, как и в других отраслях народного хозяйства, качество выпускаемой продукции во многом определяет эффективность производства. Отливки, изготавливаемые в литейных цехах, являются деталями многих машин, механизмов, приборов. Поэтому качество отливок непосредственно влияет на качество продукции, выпускаемой предприятиями, будь то станки, автомобили, трактора, приборы.

Термин «**качество**» (по определению Европейской организации контроля за качеством — ЕОКК) определяется как «степень соответствия продукции требованиям потребителя». Большую роль в повышении качества продукции играет **стандартизация**.

Стандартизацией называется установление и применение правил с целью упорядочения деятельности промышленных предприятий. Основные задачи стандартизации заключаются в установлении требований к качеству продукции, сырья, материалов, в повышении уровня взаимозаменяемости машин, деталей, обеспечения единства измерений.

Слово стандарт в переводе с английского означает норма, образец. Стандарты распространяются на все сферы деятельности: промышленность, строительство, транспорт и т. д. и основываются на последних достижениях науки и техники, практического опыта.

Все стандарты подразделяются на **Государственные (ГОСТ)**, утверждаемые Госстандартом СССР и действующие на всей территории СССР (устанавливаются, в основном, на продукцию массового и крупносерийного производства); **республиканские (РСТ)**, утверждаемые Советом Министров союзных республик и обязательные для всех предприятий, расположенных на территории союзной республики, независимо от ведомственного подчинения; **отраслевые (ОСТ)**, утверждаемые отдельным Министерством и обязательные для всех предприятий отрасли; и **стандарты предприятий (СТП)**, обязательные только для утвердившего их предприятия. Кроме указанных, действуют стандарты Совета Экономиче-

ской Взаимопомощи (СТ СЭВ), применение которых обязательно для всех стран, входящих в СЭВ.

Стандарт считается внедренным на предприятии, если вся выпускаемая продукция соответствует требованиям этого стандарта. Стандарты периодически пересматриваются и обновляются для приведения в соответствие с последними достижениями науки и техники.

Технические условия (ТУ) — документ, входящий в комплект технической документации на промышленную продукцию. В нем указываются требования к продукции, правила приемки и поставки, методы контроля, условия эксплуатации, транспортирования и хранения. В СССР ТУ составляются в соответствии с ГОСТами, утверждаются и регистрируются органами Госстандарта СССР. ТУ имеют ограниченный срок действия. Иногда они носят название ВТУ — временные технические условия. При достижении определенного уровня качества продукции, связанного с совершенствованием производственной базы предприятия, улучшением технических характеристик изделий, выпускаемых предприятием, ТУ заменяют ГОСТами, созданными на их основе.

Стандарты играют важную роль в обеспечении качества продукции, в том числе и отливок.

**ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД),
ЕДИНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА (ЕСТПП)**

Современное машиностроение представляет собой сложный комплекс различных производств. Например, при производстве автомобиля двигатель может изготавливаться на моторостроительном заводе, электрическое оборудование на заводе электрооборудования, шины — на шинном заводе и т. д. При сооружении более крупных объектов, например, заводов, электростанций и т. д. между собой взаимодействуют не только заводы одной отрасли, но и целые отрасли. Поэтому чертежи машин, приборов, деталей, различные схемы должны быть выполнены с соблюдением общих правил, устанавливаемых единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

В СССР внедряется ЕСКД, которая представляет собой систему ГОСТов, предназначенных для организации проектирования, создания единообразия в оформлении конструкторских документов. ЕСКД включает, в частности, ГОСТы, регламентирующие оформление чертежей и регламентирующие условные обозначения. Первые определяют форматы (размеры), масштабы, типы линий на чертежах, шрифты, надписи, термины. Установлена, в частности, терминология на маркирование и клеймение деталей.

Маркирование — нанесение на изделие знаков, характеризующих только это изделие.

Маркировка — совокупность знаков, характеризующих изделие (шифр, номер партии, дата изготовления и т. п.).

Клеймение — нанесение на изделие знаков, удостоверяющих его качество.

Клеймо — знак, удостоверяющий качество.

Другая группа ГОСТов содержит правила изображения видов, разрезов, сечений на чертежах, обозначения различных материалов. Например, ГОСТ 2.307—68, показывает как правильно наносить на чертеж размеры и предельные отклонения размеров детали.

Качество выпускаемой продукции и эффективность производства во многом зависят от того, какие технологические процессы используются для производства этой продукции, насколько правильно, рационально организовано производство, насколько оно хорошо подготовлено. Одинаковые детали на разных заводах можно изготовить по различным технологическим процессам. При этом качество деталей будет выше на том заводе, где для изготовления деталей используется более совершенная технология, где лучше подготовлено производство, где оно лучше организовано. Поэтому для повышения качества продукции и эффективности производства целесообразно использовать самые совершенные технологические процессы, распространив опыт передовых производств в масштабах всей страны. Это достигается использованием единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Единая система технологической подготовки производства — совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий определенного качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах. ЕСТПП устанавливается ГОСТами и непрерывно совершенствуется на основе достижений науки и техники. Она служит для организации и управления технологической подготовкой производства, предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартизованного технологического оборудования и оснастки. При этом повышается производительность труда, сокращаются сроки технологической подготовки производства. ЕСТПП содержит свыше 3000 ГОСТов, что дает возможность последовательно решать основные задачи производства от проектирования изделия и технологии его изготовления до освоения в условиях отлаженного производства.

В масштабах всей страны от внедрения ЕСТПП будет получен значительный экономический эффект.

РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

Достичь высокого качества продукции и повышать его можно только после проведения большого объема работ. Важную роль в управлении качеством продукции играет практика установления в стандартах опережающих, перспективных показателей. Это по-

звоняет руководителей предприятий, министерств заранее намечать и проводить мероприятия, направленные на повышение качества продукции машиностроения, на ускорение технического прогресса.

На качество продукции оказывает влияние уровень культуры производства: чистота и порядок при содержании оборудования, инструмента и рабочих мест; соблюдение правил транспортировки, складирования, хранения материалов, отливок, тары, отходов; соблюдение правил техники безопасности и ношения спецодежды. Организуется социалистическое соревнование под девизами: «Бригаде — аттестат качества», «Бригада отличного качества» и др.

Одним из факторов управления качеством продукции машиностроительного завода, служит аттестация, основными задачами которой являются: увеличение объема производства продукции, соответствующей лучшим мировым достижениям в этой отрасли машиностроения, расширение производства прогрессивных видов машин, ускорение снятия с производства устаревшей продукции. При аттестации детали относят по качеству к 3 категориям: высшей, первой и второй. Продукции высшей категории присваивается государственный Знак качества (рис. 1). Аттестацию на государственный Знак качества могут проводить только государственные аттестационные комиссии при отраслевых министерствах.

К высшей категории относят продукцию, которая по своим показателям соответствует лучшим отечественным и мировым стандартам или превосходит их, удовлетворяет потребности народного хозяйства и населения страны. К первой категории — продукцию, соответствующую требованиям современных стандартов и удовлетворяющую потребности народного хозяйства и населения страны. Ко второй категории — продукцию, которая не удовлетворяет по своим показателям потребности народного хозяйства и населения страны, морально устарела, подлежит снятию с производства.

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Повышение качества выпускаемой продукции и эффективности производства, основанное на стандартизации, требует строгого соблюдения стандартов и технических условий на предприятии, в



Рис. 1. Государственный Знак качества

цехе, непосредственно на каждом рабочем месте. С этой целью на предприятиях организуется и постоянно осуществляется технический контроль производства.

Технический контроль производства — совокупность выполняемых на промышленном предприятии работ по контролю качества исходных материалов, технологических процессов и готовой продукции с целью предотвращения брака и обеспечения установленного стандартами и техническими условиями качества выпускаемых изделий.

Объем контроля — отношение количества объектов контроля к общему количеству объектов контроля в партии.

Продолжительность контроля — время, необходимое для его подготовки и проведения.

Трудоемкость контроля — затраты труда на проведение одного процесса контроля.

Стоимость контроля — стоимость проведения одного процесса контроля.

Контролируемый параметр — количественная характеристика свойств объекта контроля.

Достоверность контроля — вероятность соответствия результатов контроля действительным значениям контролируемых признаков.

Полнота контроля — отношение числа контролируемых параметров объекта на данной операции к их общему числу.

К контрольно-измерительной аппаратуре относятся инструменты, приборы, приспособления, шаблоны, которые должны отвечать требованиям Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации. Средства испытаний должны обеспечивать стабильность и заданную точность испытаний, надежность в работе, допускать возможность переналадки при измерении объектов (в единичном и серийном производстве), быть простыми и удобными в обслуживании. Периодически они подвергаются проверке органами Госнадзора.

Для сравнения результатов измерения контролируемых параметров должны выполняться в какой-либо системе единиц. В науке и технике до 60-х годов нашего столетия применяли различные системы единиц. Существовали системы, в которых за основные единицы были приняты метр, тонна, секунда (МТС), или метр, килограмм, секунда, ампер (МКСА), или сантиметр, грамм, секунда (СГС). В различных отраслях пользовались наиболее приемлемыми для них системами. Это затрудняло и взаимосвязь между отраслями науки, техники, производства, поэтому возникла необходимость создания единой международной системы единиц на основе метрической системы мер. Она была разработана в 50-х годах, утверждена в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам и получила название Международная система единиц (СИ).

Система состоит из 7 основных единиц: метра (м) — для длины, килограмма (кг) — для массы, секунды (с) — для времени, ампера

(А) — для силы электрического тока, кельвина (К) — для термодинамической температуры, моля (моль) — для количества вещества, канделы (кд) — для силы света, а также 2 дополнительных единиц: радиана (рад) — для плоского угла истерадиана (ср) — для телесного угла.

Все остальные единицы, используемые в технике, считаются производными и образуются из основных и дополнительных. Система СИ — универсальная система, рекомендованная к применению во всех отраслях народного хозяйства, науки, техники.

В настоящее время разработан новый Стандарт СЭВ «Метрология. Единицы физических величин», который введен в действие с 1 января 1979 г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение технического контроля.
2. Перечислите и поясните основные параметры технического контроля.
3. Что такое стандартизация? Какие виды стандартов существуют в СССР?
4. С какой целью вводится ЕСТПП?
5. С какой целью вводится ЕСКД?
6. Оцените роль стандартов в повышении качества продукции.
7. Назовите категории качества продукции, охарактеризуйте каждую из них.
8. Дайте характеристику Международной системе единиц.

Глава 2

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

ОБЪЕКТЫ И ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Объектом контроля называют предмет или процесс, который необходимо проверить на соответствие заданным требованиям. Изготовление отливки представляет собой многооперационный процесс с использованием разнообразных формовочных, шихтовых материалов, разнообразного топлива и т. п. Они подлежат обязательному контролю.

К объектам контроля в литейном цехе относятся технологическая оснастка (модели, модельные плиты, опоки, стержневые ящики), плавильное оборудование, оборудование для приготовления формовочных материалов, изготовления форм и стержней, обрубки и очистки отливок, а также литейные формы, стержни и готовые отливки.

Различают следующие виды технического контроля. **Входной контроль** — контроль сырья, материалов, поступающих на завод, в цех с других предприятий или с других участков производства. От предприятий-поставщиков получают техническую документацию

(паспорта, сертификаты, методики контроля, описание технологических процессов). Контролеры принимают сырье в соответствии с требованиями документации. При получении бракованной продукции оформляют рекламации, ее изолируют, проводят анализ причин брака. В обязанности контролера бюро входного контроля входит проверка правильности оформления и содержания сопроводительной документации, состояния тары, упаковки, наличия пломб, бирок, маркировки, внешнего вида продукции. Он отбирает пробы материалов для химического анализа, металлографических исследований, контроля механических свойств и передает их в соответствующие лаборатории. На основании полученных результатов дает заключение о годности материалов для данного производства.

По формам организации различают стационарный и скользящий контроль. **Стационарный контроль** производят на специально оборудованном контрольном пункте с помощью стационарных средств контроля. Его применяют в массовом и крупносерийном производстве. Например, в условиях массового производства измерения температуры жидкого металла перед заливкой в формы производят на специально оборудованных пирометрических пунктах, оснащенных термопарами и записывающими приборами.

Скользящий контроль проводят непосредственно на рабочих местах. Его применяют при единичном производстве крупных отливок. При изготовлении форм для крупных отливок размеры полости формы контролируют шаблонами непосредственно на месте изготовления и сборки формы, а размеры стержней — на участке отделки стержней. Для определения твердости металла в крупных отливках часто средства контроля доставляют на участок, к отливке, где контролер и проводит измерения.

Разновидностями стационарного контроля являются операционный и приемочный контроль.

Операционный контроль — контроль продукции (или технологического процесса) после завершения определенной производственной операции. Рекомендуется проводить на каждом участке, особенно после операций, на которых наиболее вероятно образование брака. Например, при нанесении противопопригарных покрытий на поверхность формы и стержней на окрашенной поверхности не должно быть потеков краски, плохо покрашенных мест. Контролер в этом случае устанавливает качество выполнения операции окраски.

Приемочный контроль — контроль готовой продукции после завершения всех технологических операций, по его результатам делают вывод о годности продукции.

По объему контролируемой продукции контроль может быть сплошным и выборочным.

Сплошному контролю подвергают все отливки; его применяют при возможных отклонениях качества и для отливок ответственного назначения. Такому виду контроля подвергают, например, отливки лопаток газовых турбин авиационных двигателей. Дефект

в такой ответственной отливке может привести к выходу двигателя из строя в полете и гибели людей.

Выборочный контроль — контроль некоторых одинаковых отливок, форм, стержней из партии; используют для отлаженного технологического процесса или в том случае, когда сплошной контроль затруднен из-за большого объема производства.

Кроме перечисленных, существует **внеплановый летучий контроль** — периодический контроль качества нескольких форм, стержней, отливок и т. п.; его проводят по месячным графикам без объявления сроков.

При выборочной периодической проверке технологического процесса контролируют наличие технологической и чертежной документации, соответствие изготовленных форм, стержней, отливок чертежам, техническим условиям, соблюдение режимов работы, соответствие составов материалов стандартам, соответствие состояния оборудования и оснастки условиям технологического процесса, соблюдение сроков проверки оборудования и оснастки (моделей, стержневых ящиков), выполнение указаний по предыдущей проверке, соблюдение технологии контроля. Составляется акт проверки, если нарушений нет — в одном экземпляре. Его представляют в бюро технического контроля и технологическое бюро цеха, а затем отправляют в ОТК завода.

Если есть нарушение, акт составляют в двух экземплярах. Один отдают начальнику цеха, второй — начальнику бюро технического контроля (БТК). Начальник цеха должен в двухнедельный срок совместно с начальником технологического бюро издать распоряжение по устранению нарушений. Итоги контроля докладывают на Дне качества предприятия.

Работа бюро технического контроля цеха, в свою очередь, контролируется инспекцией завода, в которую входят представители руководства ОТК завода или специально назначенные сотрудники. Они осуществляют выборочный контроль принятых и забракованных деталей. Результаты инспекционного контроля служат основанием для заключения о качестве работы контролеров БТК цеха, основанием для их морального и материального стимулирования. Инспекционному контролю подвергают наиболее ответственные отливки не реже 1 раза в месяц.

ОРГАНИЗАЦИЯ, ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА БТК ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Основное назначение БТК литейного цеха — систематическая проверка технических и технологических процессов производства, качества отливок, направленная на обеспечение точного соответствия продукции стандартам и ТУ предприятия. БТК литейного цеха обязан контролировать качество материалов, инструментов, оснастки, своевременно выявлять брак, определять его причины, пути предупреждения и снижения, участвовать в разработке и реализации мероприятий по улучшению качества отливок.

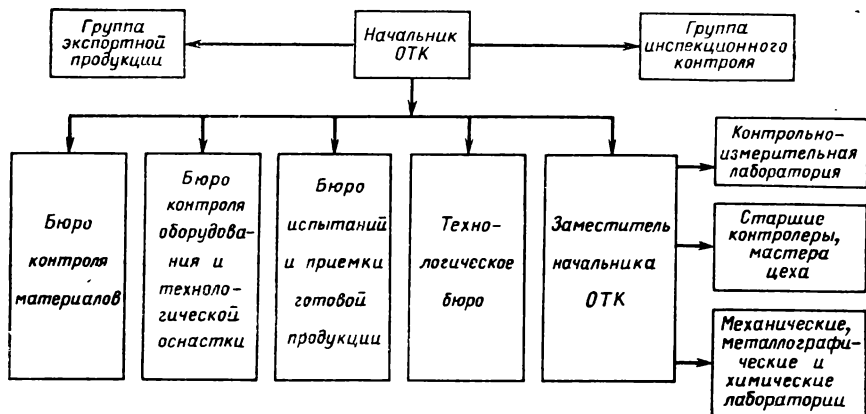


Рис. 2. Структура бюро технического контроля цеха

Технической базой ОТК являются лаборатории завода, металлургического производства, литейного цеха. В распоряжении ОТК завода находятся контрольно-измерительная, металлографическая, механическая и другие лаборатории. ОТК завода подчиняется директору, БТК цехов — непосредственно начальнику ОТК завода. Структура БТК цеха показана на рис. 2.

Обязанности БТК цеха определяются «Положением об ОТК». Работой БТК цеха руководит начальник БТК. На небольших заводах эту функцию может исполнять старший контрольный мастер цеха. Начальнику БТК цеха или старшему контрольному мастеру подчинены сменные контрольные мастера, а им — рабочие-контролеры смены. Сменные контрольные мастера отвечают за организацию работы всех подчиненных им контрольных пунктов.

В БТК цеха должен быть также контролер-изолятор брака. Он выполняет учет и анализ брака, организует выставки забракованных деталей. Контролер ответственен за хранение и выдачу контрольным пунктам чертежно-технической и технологической документации, клейм, штампов.

Контролер отвечает за качество приемки и оформление первичной документации на принятую продукцию, своевременное предупреждение возникновения брака, пропуск брака на последующие операции, точное выполнение инструкций, ТУ и распоряжений администрации ОТК, сохранность и правильное использование вверенного ему инструмента.

В основные обязанности работников ОТК входит проведение входного контроля, сбор информации о стабильности качества продукции поставщиков, оформление актов претензий к поставщикам, работа с поставщиками по повышению качества их продукции, контроль технологических процессов, проверка оборудования, проверка технологической дисциплины, приемочный контроль готовой продукции. Он также должен выполнять инспекционный контроль

хранения сырья, материалов, полуфабрикатов, контроль комплектности, упаковки, консервации отливок, наличия маркировок, товарного знака или Знака качества. Контролер обязан проводить анализ дефектов отливок на разных стадиях технологического процесса, выявлять причины и разрабатывать меры по устранению брака.

Контролер имеет право требовать от рабочих, наладчиков и производственных мастеров немедленно прекратить дальнейшее изготовление бракованной продукции, оформлять первичную документацию на принятую и забракованную продукцию за личной подписью и личным клеймом.

Особенности в организации и проведении технического контроля зависят от типа производства. В соответствии с ГОСТ 14.004—74 различают 3 типа производства: единичное, серийное, массовое.

Они характеризуются: единичное производство — широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий; серийное — ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска; массовое — узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени.

В единичном производстве существует многообразие средств и методов контроля. Так, например, в литейном цехе используют формовочные и стержневые смеси различных типов: песчано-глинистые, жидкие самотвердеющие и др. Масса отливок находится в пределах от нескольких граммов до нескольких десятков тонн. В соответствии с этим средства контроля материалов и работ должны быть универсальными, обеспечивающими контроль параметров в широких пределах.

Серийное производство характеризуется более узкой номенклатурой отливок, высоким уровнем механизации работ. Контроль технологических процессов может осуществляться в зависимости от назначения, степени сложности и массы отливок на контрольных пунктах, а также пооперационно.

Цехи массового производства характеризуются высоким уровнем механизации и автоматизации операций. Контроль технологических процессов в таких условиях во многих случаях невозможен. Поэтому качество продукции обеспечивается стабильными, заранее тщательно отработанными режимами, использованием смесей и материалов с определенными свойствами, точной оснастки, надежной работой всего оборудования. В цехе массового производства применяют, в основном, типовые средства контроля, настроенные на определенные пределы контролируемых параметров.

В цехах предприятий контроль производственных операций и качества продукции проводится также рабочими, наладчиками и мастерами. В отдельных случаях совместно с контролерами ОТК завода контрольные операции на заводе-изготовителе ведут представители предприятий заказчика.

На машиностроительном заводе имеется центральная заводская измерительная лаборатория (ЦЗЛ). Основной задачей ЦЗЛ является разработка заводской поверочной схемы, устанавливающей основные меры, универсальный измерительный инструмент и приборы, необходимые заводу. Она осуществляет контроль за состоянием измерительных средств, обеспечивает периодическую поверку контрольно-измерительных средств инструментов и приспособлений, проводит юстировку и поверку оптико-механических приборов.

На многих предприятиях имеется отдел главного метролога. Основная задача отдела — следить за состоянием и правильностью применения средств измерений. Основная цель поверок — обеспечение точности измерений контролируемых параметров, например, размеров отливок. Государственной поверке подлежат средства измерения, используемые в качестве эталонных, все прочие проходят ведомственную поверку. Устанавливается срок годности измерительных и контрольных средств, о чем делается соответствующая запись в их паспортах или формулярах.

Не разрешается в одном и том же помещении производить и ремонт и поверку. То же относится и к хранению годных приборов и инструментов и тех, срок годности которых истек.

ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК

Основными задачами операционного контроля при производстве отливок являются: обнаружение брака на первых этапах технологического процесса, изоляция забракованной отливки, формы, стержня. При операционном контроле используют множество разнообразных методов и средств.

Для определения необходимых контрольных операций ознакомимся с технологическим процессом изготовления отливок в песчаных формах. Его можно подразделить на этапы.

1. Подготовка исходных формовочных, стержневых и связующих материалов (сушка, дробление, рассеивание по фракциям и др.). Контроль химического состава, дисперсности огнеупорных материалов и наличия вредных примесей.

2. Приготовление формовочных и стержневых смесей. В современных литейных цехах используют разнообразные смеси: песчано-глинистые, жидкие самотвердеющие, холодно- и горячетвердеющие и др. Контролируются наиболее важные их характеристики: прочность в сыром и сухом состояниях, газопроницаемость, влажность.

3. Изготовление литейной формы. Используют формовку уплотнением различными способами, наливную формовку. Контролируют плотность формы, четкость отпечатка модели, точность полости литейной формы, устройство литниковой системы, наличие вентиляционных систем и т. п.

4. Изготовление стержней. Стержни изготавливают из песчано-глинистых, песчано-масляных, жидких самотвердеющих смесей,

смесей холодного и горячего твердения (химически твердеющих смесей). Используют деревянную и металлическую оснастку. Контролируют плотность стержневой смеси, наличие вентиляционных каналов, конфигурацию, точность, качество поверхности стержней.

5. Сборка форм. Стержни устанавливают в нижнюю, а в отдельных случаях и в верхнюю полуформу, затем верхнюю полуформу соединяют с нижней по контрольным штырям. На верхнюю полуформу накладывают груз для предотвращения ее поднятия при заливке. Контролируют правильность установки стержней (последовательность сборки), точность сборки, правильность установки груза.

6. Подготовка шихтовых материалов заключается в дроблении, сушке, контроле химического состава, влажности, условий складирования по сортам и классам.

7. Плавка металлов. В зависимости от типа металла плавку ведут в различных печах. Контролируют температуру плавки, состав газов в вагранке, химический состав расплава и содержание в нем газов, уровень вакуума.

8. Заливка форм и охлаждение отливок. Заливка осуществляется ковшами различных типов (барабанными, чайниковыми, стопорными). Охлаждение мелких отливок происходит в формах на конвейерах, крупные отливки охлаждаются в формах на местах заливки. Контролируют скорость заливки, температуру металла, регулярность отбора проб для контроля химического состава и механических свойств сплава, время охлаждения отливки.

9. Выбивка, очистка и обрубка отливок. Эти операции осуществляются с помощью разнообразного оборудования (выбивных решеток, галтовочных барабанов, дробеметных камер, зачистных станков). Контролируют последовательность выполнения операций, очистку от формовочной смеси и стержней, правильность отделения литников, правильность зачистки питателей и т. п.

10. Предварительная обработка резанием. В настоящее время выполняется в некоторых литейных цехах массового производства.

11. Термообработка и окраска отливок. Контролируют режимы термической обработки, состав газовой атмосферы в термической печи, состав солей в ваннах для термообработки.

Затем контролируют качество отливок.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ТРУДА КОНТРОЛЕРА

Контрольные пункты — рабочие места контролеров должны быть расположены в непосредственной близости от обслуживаемых участков. Их площадь зависит от интенсивности эксплуатации в течение смены, продолжительности контроля качества отливок. Рабочее место контролера необходимо оснащать удобными для работы столами, стульями, регулируемыми по высоте, осветительными приборами, тарой различной окраски для годных и бракованных деталей.

В оборудовании контрольного пункта входят средства контроля в том комплекте, который необходим для проверки соответствия отливок требованиям, предъявляемым к ним. Устройство контрольных пунктов разнообразно. Часто устраивается застекленное отдельное помещение в цехе. Контрольный пункт оборудуется столами, стеллажами, ящиками для хранения инструмента, приспособлений, контролируемых отливок. Он должен иметь, например, шкафы для хранения контрольных карт, подъемно-транспортные средства. Должно быть оборудовано искусственное освещение контрольного пункта. Цвет стен не должен быть утомительным для глаз человека. Необходимо, чтобы устройство контрольных пунктов в литейном цехе было одинаковым.

На пункте должны иметься инструкции ОТК. К ним относятся: производственная инструкция для рабочих, бригадиров, наладчиков, мастеров по соблюдению технологии и обеспечению качества продукции; положение о личных клеймах, дающих право сдавать продукцию без проверки ОТК; положение для цехов и участков, работающих без ОТК; инструкция о применении клейм и штампов работниками ОТК (приемочных, контрольных), производственными рабочими (с указанием исполнителя операции); инструкция о порядке и методах контроля качества ремонта оборудования, проверки оборудования на технологическую точность. Кроме этого, на контрольном пункте должно быть положение о контроле мер и организации надзора за мерами и измерительными приборами, а также инструкции о порядке периодического контроля оснастки, периодического контроля средств измерения, их хранения и выдачи; о порядке периодического контроля специальной аппаратуры; о порядке контроля технологических процессов и рекламирования внешних поставок продукции.

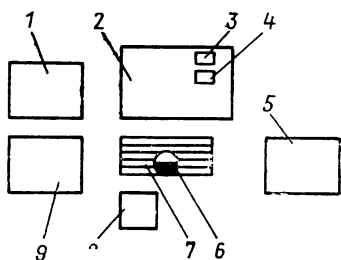


Рис. 3. Рабочее место контролера, проверяющего отливки массой до 20 кг:

1 — тара с отливками на контроле; 2 — контрольный стол; 3 — планшет для технической документации; 4 — ящик с измерительными инструментами; 5 — тара для бракованных отливок; 6 — контролер; 7 — решетка для ног; 8 — стул, регулируемый по высоте; 9 — тара для годных отливок

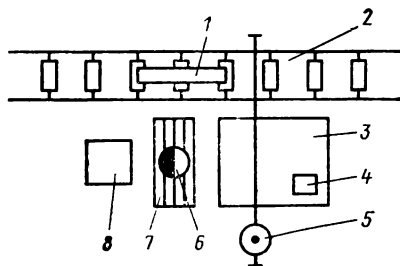


Рис. 4. Рабочее место контролера, проверяющего отливки массой более 20 кг:

1 — отливка; 2 — рольганг; 3 — контрольный стол с приспособлением; 4 — планшет для технической документации; 5 — пневмоподъемник (электро-); 6 — контролер; 7 — решетка для ног; 8 — стул, регулируемый по высоте

В обязанности контролера входит содержание в чистоте и порядке контрольного пункта, аппаратуры, технической документации, а также прием и сдача смены.

Рабочее время контролера в течение дня распределяется следующим образом. На выполнение основных операций, контроль, приемку, клеймение, инструктаж рабочих затрачивается 80—85% рабочего времени. На выполнение дополнительных обязанностей: получение документации, настройку контрольно-измерительных приборов, оформление документации на брак, отдых и личные потребности — 15—20% рабочего времени.

Расположение рабочих мест контролеров в литейном цехе показано на рис. 3 и 4.

ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ

Контроль осуществляют визуально, измерением, сравнением с эталоном. Наиболее объективным является контроль измерением.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Средство измерения — техническое устройство, используемое при измерениях, протарированное в каких-либо единицах физических величин. Такие устройства называют измерительными приборами.

Единица физической величины — единица измерения, исходная единица какого-либо параметра (метр — единица длины, килограмм — единица массы и т. д.).

Измерительные приборы предназначены для осуществления измерений. Метрологическими показателями прибора являются: деление шкалы — промежуток между двумя соседними отметками шкалы; цена деления шкалы — разность значений, соответствующих двум соседним отметкам шкалы; диапазон показаний — область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями; предел измерений — наибольшее и наименьшее значение величин, которые могут быть измерены прибором; погрешность измерения — отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины; точность измерений — качество измерений, характеризующее степень приближения их результатов к истинному значению измеряемой величины.

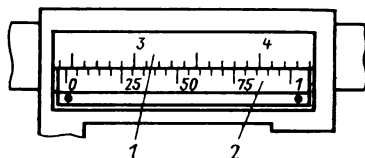
Измеряют номинальные, действительные, предельные размеры изделия.

Номинальным размером называют размер, заданный чертежом (например, 150 мм).

Действительным размером называют размер изделия, измеренный инструментом (например, 150,3 мм или $150 \pm 0,3$).

Предельными называют размеры, в которых может изменяться действительный размер изделия без нарушения его нормальной эксплуатации (например, 150—0,5 мм; $150 \pm 0,5$ мм). Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется **допуском**. В данном случае допуск составляет 1,0 мм.

Рис. 5. Устройство шкалы (1) с нониусом (2)



Для измерения размеров используют штангенинструменты (штангенциркули, штангереисмусы), микрометрические инструменты, индикаторы часового типа, переносные инструменты, калибры, щупы, инструментальные и универсальные микроскопы, проекторы, измерительные машины. Измерение микронеровностей (шероховатости) поверхности осуществляют, в частности, оптическими приборами.

Штангенинструменты — универсальные измерительные устройства, широко распространенные в промышленности. Они состоят из штанг с основной шкалой и отсчетного устройства с нониусом. Нониус — вспомогательная шкала на специальной линейке штангенинструмента, по которой отсчитывают доли делений основной шкалы. Шкала с нониусом (цена деления 0,05 мм) показана на рис. 5. Отсчет целого числа миллиметров ведут по основной шкале штанги, используя в качестве указателя отсчета нулевое деление нониусной шкалы. Если нулевое деление нониуса точно не совпадает с риской, отмечающей число миллиметров, на основной шкале, то целое число определяют по основной шкале, а дробную часть числа — по нониусу. Для этого находят деление нониуса, наиболее точно совпадающее с каким-либо делением штанги (основной шкалы). Это деление нониуса и показывает долю, которую необходимо прибавить к целому числу миллиметров.

Применяют штангенциркули с ценой деления 0,05 мм (рис. 6, а) и 0,1 мм (рис. 6, б). Первые используют при измерении диаметров тел вращения и отверстий в корпусных деталях. Вторые можно применять для измерения уступов на детали и глубины отверстий. Штангенциркули имеют диапазон измерений от 125 до 2000 мм.

Штангенрейсмус используют для измерения высоты отливки и для ее разметки (рис. 7). Вместо подвижной губки этот инструмент имеет массивное основание и сменные ножки: измерительную и разметочную. Измерения и разметку производят на разметочных плитах. При разметке штангенрейсмус перемещают по плите, при этом острие разметочной ножки оставляет на отливке риску. Размер B отливки равен $B + A$. Для измерения глубины паза, глухого отверстия используют штангенглубиномеры. Общими требованиями к штангенинструменту являются: отсутствие забоин и других повреждений на измерительных поверхностях губок; плавность движения рамки нониуса; совпадение

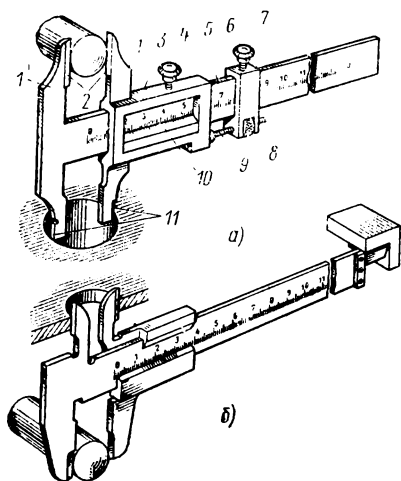


Рис. 6. Штангенциркули с ценой деления 0,05 мм (а) и 0,1 мм (б); 1 — губка; 2 — измерительная плоскость; 3 — рамка нониуса; 4, 6 и 9 — винты; 5 — штанга; 7 — хомут; 8 — гайка; 10 — нониус; 11 — измерительная поверхность для контроля внутренних размеров

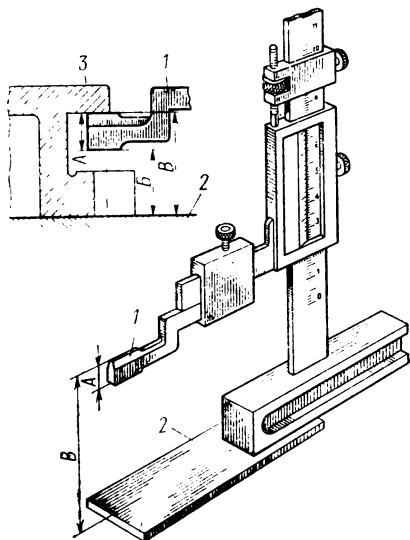


Рис. 7. Штангенрейсмус:

1 — губка; 2 — разметочная плита; 3 — отливка (А — высота губки; В — показание по шкале штангенрейсмуса; В — контролируемый размер детали)

при соединении губок штангенциркуля нулевых отметок шкалы нониуса и основной шкалы на штанге.

Микрометр (рис. 8) предназначен для измерений наружных и внутренних размеров деталей.

Во всех микрометрических измерительных инструментах применяют винтовую пару, которая преобразует вращательное движение микровинта в поступательное движение губки. Шаг резьбы микровинтов всех типов — 0,5 мм. Таким образом, одному обороту винта соответствует перемещение губки на 0,5 мм. На барабане

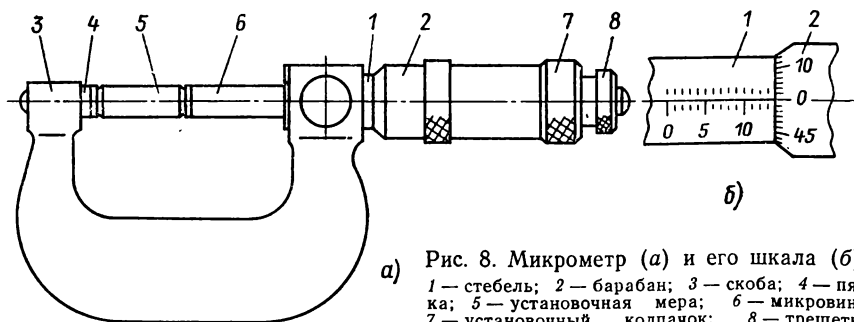
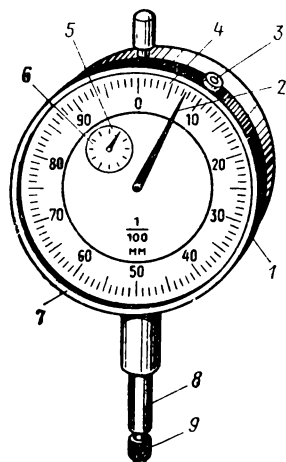


Рис. 8. Микрометр (а) и его шкала (б): 1 — стержень; 2 — барабан; 3 — скоба; 4 — пятка; 5 — установочная мера; 6 — микровинт; 7 — установочный колпачок; 8 — трещетка

Рис. 9. Индикатор часового типа:

1 — корпус; 2 — стрелка; 3 — стопор; 4 — измерительная шкала; 5 — стрелка указателя; 6 — малая шкала; 7 — ободок для установки нуля; 8 — измерительный стержень; 9 — наконечник



имеется кольцевая шкала с 50 делениями. Цена деления круговой шкалы на барабане 0,01 мм (10 мкм).

При измерении целые числа отсчитывают по нижней, половины миллиметров — по верхней шкале стебля. Сотые доли миллиметров отсчитывают на шкале барабана по делению, которое совпадает с осью продольной шкалы стебля. Ход измерительной губки микрометрического инструмента — 25 мм. Более длинные винты обладают повышенной точностью.

Индикатор часового типа (рис. 9) — рычажный прибор для контроля длины образца. Индикаторы имеют небольшой предел измерений (до 10 мм), поэтому применяются при относительных измерениях, т. е. для контроля размера, например, при нагреве и охлаждении отливки. Цена деления шкалы чаще — 0,01 мм, реже — 0,001 мм. Принцип работы индикатора состоит в том, что линейное перемещение измерительного стержня преобразуется в пропорциональное угловое перемещение стрелок шкалы.

Микрометрические инструменты и индикаторы часового типа чаще всего используют для контроля размеров точной литейной оснастки — деталей пресс-форм для литья под давлением и изготовления выплавляемых моделей, а также для контроля размеров точных отливок, получаемых по выплавляемым моделям или литьем под давлением при отладке технологического процесса.

Переносные измерительные инструменты (рис. 10) предназначены для переноса размеров с измерительной линейки на изделие

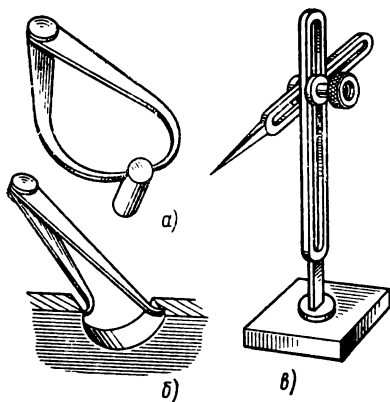


Рис. 10. Переносные измерительные инструменты:
а — кронциркуль; б — раздвижной нутромер; в — рейсмус

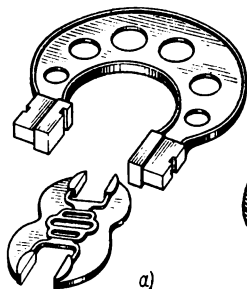
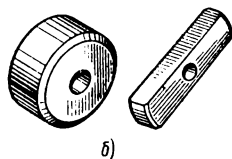


Рис. 11. Калпбры для валов (а) и отверстий (б)



или наоборот. Применяются, когда не требуется высокая точность измерений. Обычно точность 0,2—0,5 мм. Кронциркули, нутромеры, рейсмусы могут иметь шкалы для отсчета размеров. Переносные измерительные инструменты часто используют модельщики при изготовлении моделей, при переносе размеров с измерительной линейки или модельного щитка на обрабатываемую часть модели, стержневого ящика или модельной плиты.

Калибры (рис. 11) — бесшкальные измерительные инструменты для контроля размеров, формы, пространственного расположения поверхностей отливки. Различают калибры для проверки отверстий — пробки, нутромеры и калибры для проверки валов — скобы, шаблоны для контроля глубины, высоты и др. Калибры должны иметь высокую точность размеров, подвижные детали изготавливают из износостойких материалов. Они должны быть максимально жесткими при минимальной массе.

По назначению калибры делят на рабочие, контрольные и приемные. Рабочие калибры применяют для контроля деталей на рабочих местах. Контрольным калибром пользуется контролер ОТК, приемные калибры служат для контроля детали представителем заказчика.

Калибрами, показанными на рис. 11, контролируют детали небольших размеров (до 300 мм). Контроль крупногабаритных деталей (10 000 мм и более) ведут нутромерами, скобами.

Шупы (рис. 12) — пластины толщиной от 0,02 до 1 мм, длиной 100 или 200 мм. Пластины выполняют по 1 или 2 классу точности. Шупы изготавливают из стальной закаленной ленты с шероховатостью поверхности 9 класса ($Ra=0,32$ мкм). Калибры (скобы,

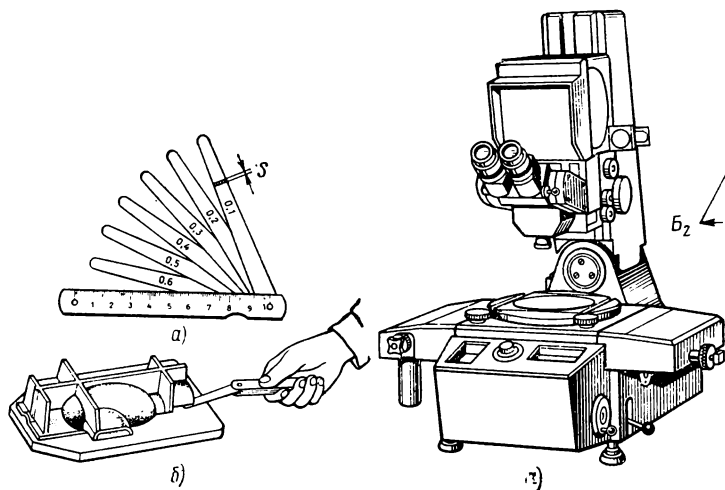


Рис. 12. Измерительные шупы в обойме (а), проверка шупом коробления стержневого ящика (б)

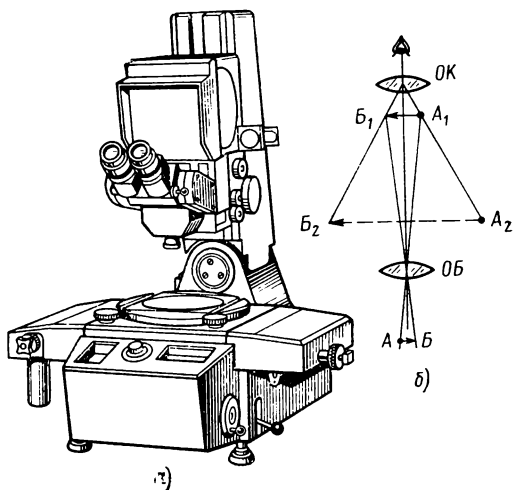


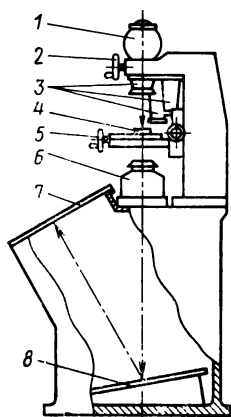
Рис. 13. Инструментальный микроскоп (а) и его оптическая схема (б)

шаблоны) и шуры часто используют для контроля размеров стержней и форм.

Для точных измерений линейных и угловых размеров деталей в прямоугольных и полярных координатах используют **инструментальные** (рис. 13, а) и **универсальные микроскопы**. С их помощью контролируют шаблоны и калибры. Измерение осуществляется бесконтактным методом.

На рис. 13, б показана оптическая схема инструментального микроскопа. Деталь AB рассматривают через окуляр OK и объектив OB . Изображение детали A_2B_2 получается мнимым, обратным, A_1B_1 — действительное, обратное, увеличенное изображение. Пределы измерений микроскопов типа ММИ до 75 мм, микроскопов типа БМИ — до 150 мм. Этот микроскоп имеет две стеклянные шкалы: продольную (150 мм) и поперечную (75 мм). Стойка микроскопа может быть отклонена относительно вертикали на 15° . Бинокулярный тубус служит для удобства наблюдения двумя глазами. К микроскопу прилагаются сменные сетки для контроля резьб и радиусов дуг окружностей. Окулярные сетки выполняются в виде плоских рамок. Микроскопы серии МИ с цифровым отсчетом работают в комплекте с перфоратором или печатающим устройством.

Проектор (рис. 14) — оптический прибор для контроля деталей сложного профиля. Эти приборы применяют, например, для контроля профильных шаблонов, с помощью которых контролируют точность изготовления рабочей полости пресс-форм для литья под давлением или для изготовления выплавляемых моделей, а также и резьб. Проекторы имеют сменные объективы, обеспечивающие увеличение $10\times$, $20\times$, $50\times$, $100\times$, $200\times$. В операциях контроля используют большие, средние и настольные проекторы, проекторы массового контроля.

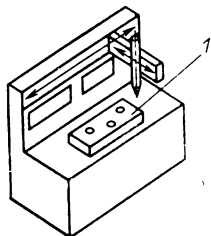


← Рис. 14. Измерительный проектор:

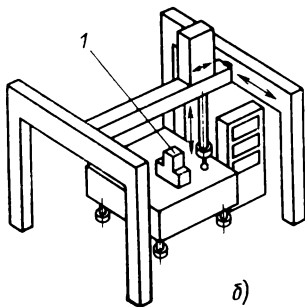
1 — осветитель; 2 — маховичок вертикального перемещения; 3 — конденсорная линза; 4 — контролируемая деталь; 5 — винт; 6 — сменный объектив; 7 — экран; 8 — зеркало

Рис. 15. Двух- (а) и трехкоординатные (б) измерительные машины:

1 — контролируемая деталь



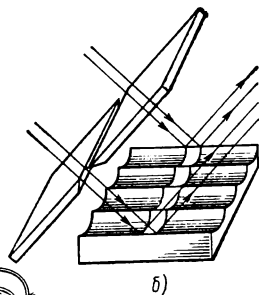
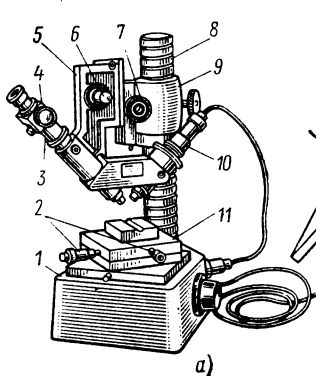
а)



б)

Контроль детали с помощью проектора заключается в следующем: сравнивают полученное на экране изображение этой детали с ее контуром, вычерченным на прозрачном материале. Иногда сравнивают изображение этой детали с ее контуром, вычерченным на прозрачном материале. Иногда сравнивают изображение детали с предельными контурами, соответствующими наибольшему и наименьшему предельным размерам детали. С помощью отсчетных устройств проектора проводят измерение линейных и угловых размеров деталей.

Одно-, двух- и трехкоординатные измерительные машины. Однокоординатные машины используют для точных измерений длины, наружного и внутреннего диаметров. Двухкоординатные машины (рис. 15, а) портального типа предназначены для измерения расстояний между отверстиями, находящимися в одной плоскости. С помощью таких машин можно измерять плоские шаблоны. Трехкоординатные машины (рис. 15, б) предназначены, в основном, для измерения корпусных деталей и пространственных (объемных) шаблонов. Двух- и трехкоординатные машины позволяют с высокой точностью контролировать размеры отливок с выдачей информации об измерениях на электронной цифровой вычислительной машине. Последняя рассчитывает отклонения размеров и формы отливки от заданных чертежом, выдает информацию о точности отливки или с помощью печатающего устройства, или записывает эту информацию на перфоленте. Такой процесс контроля высокопроизводителен, облегчает труд контролера, способствует повышению точности контроля. Для оценки шероховатости поверхности используют оптические приборы, например, **двойной микроскоп В. П. Линника** (рис. 16). Работа прибора основана на использовании метода светового сечения. Прибор состоит из литого, чугунного основания 1, микровинтов 2; микроскопа наблюдения 3; винтового окуляра 4; держателя тубусов микроскопа 5; микромеханизма точной наводки 6; кремальера точной фокусировки 7; колонки 8; кронштейна 9; проектирующего микроскопа 10; столика 11. Узкий пучок света направляется под углом к поверхности металла и освещает ее. Линия пересечения узкого светового



вого потока и контролируемой поверхности представляет собой кривую микронеровностей. Освещенную узкую поверхность рассматривают в микроскоп, с помощью отсчетного устройства измеряют высоту неровностей в микронах. Таким

Рис. 16. Двойной микроскоп (а) и схема метода светового сечения (б)

прибором контролируют поверхности с шероховатостью 3—9 класса. Увеличение прибора МИС-11 до $318\times$, прибора ПСС-2—до $750\times$.

Разметка. Цель разметки — контроль размеров оснастки и отливок. Различают плоскостную и объемную разметку. Плоскостная применяется при изготовлении плоских шаблонов, объемная (пространственная) — при изготовлении и контроле моделей, стержневых ящиков, отливок. Разметку используют в единичном

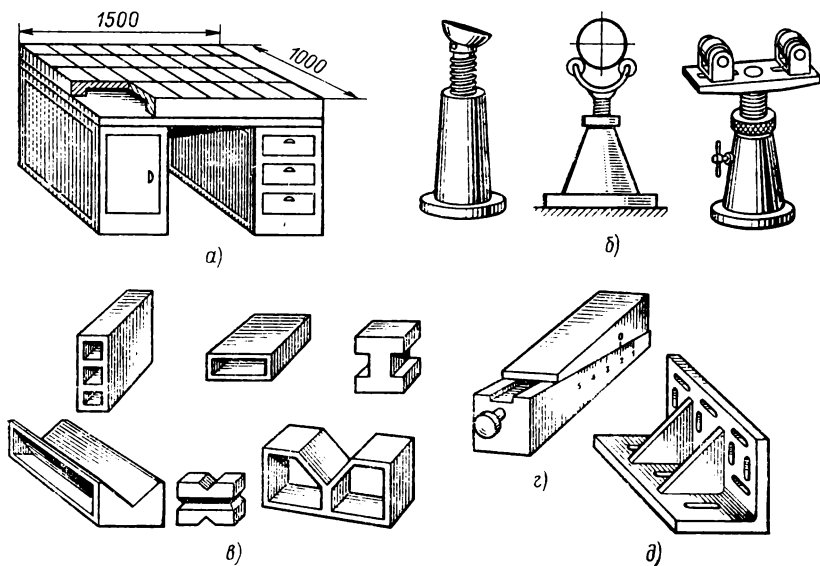


Рис. 17. Приспособления для разметки

и серийном производстве, в массовом производстве объем разметочных работ уменьшается за счет повышения точности изготовления оснастки, форм и, соответственно, отливок.

При разметке на отливку наносят точки и риски. В качестве разметочных приспособлений используют чугунные разметочные плиты (рис. 17, а) с изготовленными по определенному классу точности горизонтальными рабочими плоскостями, которые служат установочными, а также базой для измерений и отсчетов. Разметочные плиты устанавливают в хорошо освещенной части цеха. Вокруг них должны быть свободные проходы. Размер плиты должен быть на 400—500 мм больше размечаемой модели или отливки. Плиты устанавливают на расстоянии 800—900 мм от пола. Для закрепления разметочного инструмента в поверхности плит фрезеруют канавки с интервалом 200—500 мм. Размеры плит достигают 1500×3000 мм и более. Плиты необходимо постоянно содержать в чистоте. Править металлические и прочие детали на ней нельзя. Установка моделей может быть выполнена с помо-

стью различных приспособлений: домкратов (рис. 17, б), опорных устройств (рис. 17, в), регулируемых клиньев (рис. 17, г), угольников (рис. 17, д).

При разметке применяют разнообразный инструмент. На рис. 18 показаны угломерные инструменты: универсальный угольник, простейшие угольники-центроискатели.

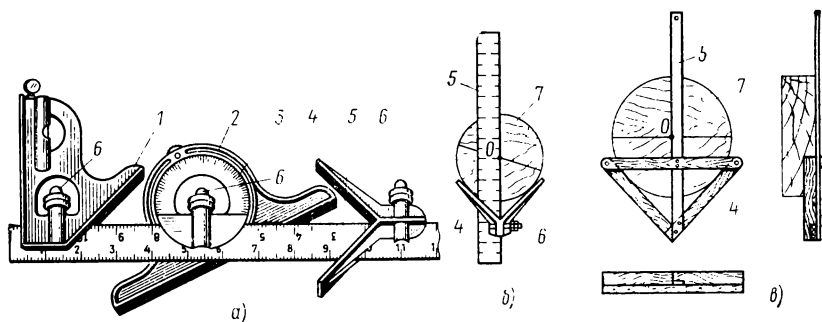


Рис. 18. Универсальный угольник (а) и угольники-центроискатели (б, в): 1 — колодка угольника; 2 — колодка угломера; 3 — шкала; 4 — колодка центроискателя; 5 — измерительная линейка; 6 — зажим; 7 — контролируемый диск

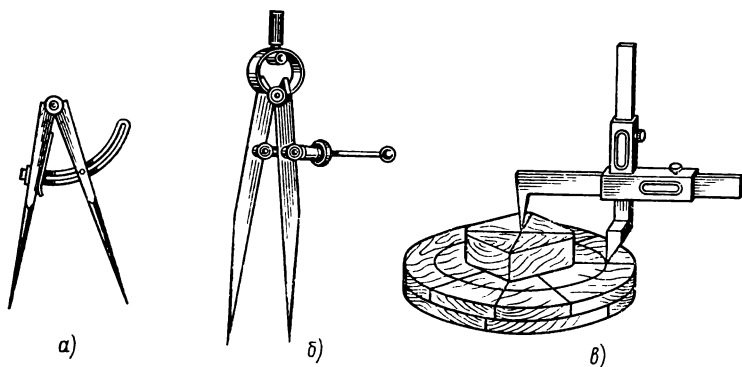


Рис. 19. Циркуль с дужкой (а) и пружинный циркуль (б), нанесение окружности универсальным циркулем (в)

Разметку окружностей производят с помощью различных циркулей (рис. 19). Их используют также и для измерения размеров и нанесения размеров на модель или отливку.

Измерение толщины моделей и отливок ведут кронциркулями (рис. 20, а). Нутромеры применяют при измерении диаметров отверстий, толщин стенок и размеров внутренних полостей моделей и отливок (рис. 20, б).

Размечают новые, запускаемые в производство модельные комплекты и оснастку, отработавшую некоторое время. Разметку ведут от единой базы, указанной на чертеже.

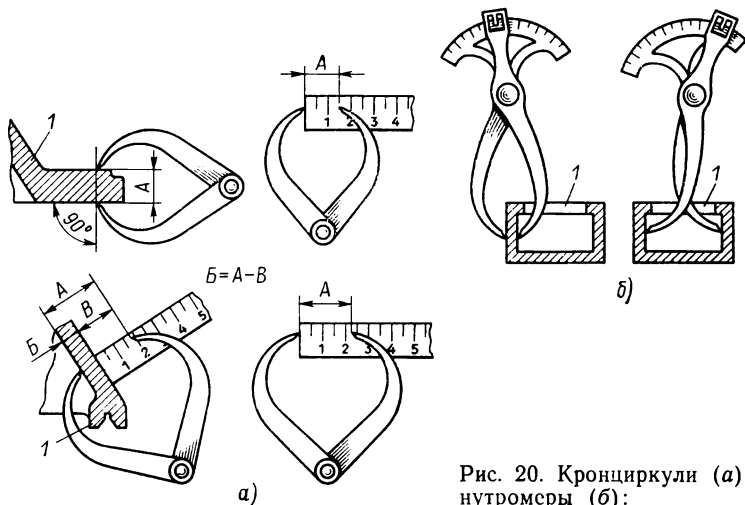


Рис. 20. Кронциркули (а) и нутромеры (б):
1 — контролируемая отливка

Разметку небольших моделей и отливок сложной конфигурации производят с помощью разметочного кубика (рис. 21). Рейсмусом — инструментом, предназначенным для измерения и нанесения параллельных линий, размечают модель в одной плоскости,

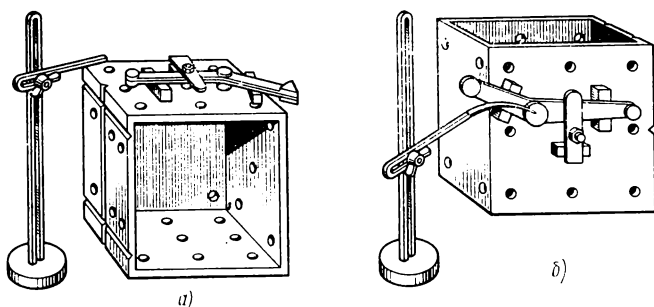
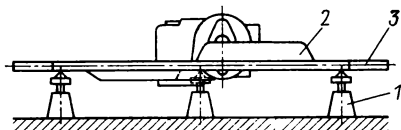


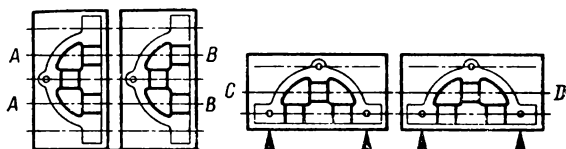
Рис. 21. Разметка с помощью кубика модели, закрепленной сверху (а) и сбоку (б)

параллельной плоскости плиты. Затем разметку выполняют в другой плоскости, повернув кубик на 90° . Чтобы разметить элемент модели, не совпадающий с плоскостью разметочной плиты, кубик наклоняют и фиксируют с помощью подкладок так, чтобы размечаемая часть модели находилась параллельно или перпендику-

Рис. 22. Разметка двухсторонней модельной плиты:

1 — опора; 2 — модельная плита; 3 — установочная риска





лярно поверхности плиты. При разметке деревянных моделей размеры переносят не только с чертежа, но и с модельного щитка, который также укрепляют на разметочной плите.

При разметке двухсторонней модельной плиты (рис. 22) контролируют параллельность поверхностей плиты. Годная плита подвергается контролю по всем размерам. На плиту, не снимая с домкрата, рейсмусом наносят контрольную риску по всему периметру. Эта риска далее будет считаться основной. Затем контролируют размеры плиты. Когда плита установлена в строго вертикальном положении, определяют отсутствие смещения рабочих поверхностей (это важно проверить, так как у литой плиты смещения возможны). Определяют все припуски на обработку резанием, размечают высоту моделей для фрезерования. После фрезерования на обработанные плоскости наносят осевые линии, служащие в дальнейшем базой для последующей разметки и обработки моделей на плите.

Сложность разметки модельных плит и стержневых ящиков, состоящих из двух частей, в том, что необходимо обеспечить строгую соосность и совпадение контуров рабочих поверхностей обеих половин оснастки. Для этого половины стержневых ящиков обязательно спаривают контрольными штифтами. После установки на домкрате на поверхности ящиков наносят взаимно перпендикулярные осевые линии. Затем половинки ящика разъединяют и каждую устанавливают на разметочном столе (на призмах или домкратах). Осевые линии AB должны при этом быть параллельны (рис. 23). Выверяют правильность установки половин ящика, наносят риски, параллельные линиям AB . Эти линии определяют контур полости ящика. Половины ящика поворачивают на 90° , наносят линии параллельные оси CD . Затем их снимают с разметочной плиты и наносят весь профиль полости стержневого ящика.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные объекты контроля при изготовлении отливок.
2. Перечислите виды контроля отливок и дайте им краткую характеристику.
3. Назовите основные задачи инспекции предприятия.
4. Расскажите об организации, структуре ОТК литейного цеха.
5. Перечислите права и обязанности работников ОТК.
6. Расскажите об особенностях контроля в единичном, серийном и массовом производстве.
7. Назовите основные этапы операционного контроля отливок.
8. Расскажите о рациональной организации рабочего места контролера.

9. Перечислите основной инструмент и приспособления, требующиеся контролеру литейного цеха, расскажите о назначении инструмента и приспособлений.

10. Расскажите о назначении разметки. В каких случаях она применяется?

Глава 3

КОНТРОЛЬ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К модельной оснастке относят обычно лишь модельный комплект, в который входит модель, модельные плиты, стержневые ящики, сушильные плиты. Если речь идет о модельно-опочной оснастке, то в это понятие включают также опоки, подопочные плиты, жакеты для безопочной формовки и др.

Точность размеров модели или стержневого ящика — есть величина отклонений действительных размеров от размеров, заданных чертежом. По сравнению с металлическими деревянные модельные комплекты обладают меньшей точностью, так как древесина подвержена деформациям при хранении и эксплуатации модели или ящика. Точность модели зависит от требуемой точности отливок. В соответствии с типом производства (единичное, серийное, массовое) установлено 3 класса точности отливок.

В табл. 1 приведены предельные отклонения размеров моделей и стержневых ящиков по ГОСТ 11963—66. Величина отклонения тем больше, чем больше размеры моделей. Точность моделей для машинной формовки больше, чем моделей для ручной формовки.

Таблица 1

Предельные отклонения (мм) размеров моделей и стержневых ящиков

Номинальные размеры, мм	Классы точности			Номинальные размеры, мм	Классы точности		
	I	II	III		I	II	III
До 50	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,7$	1250—2000	$\pm 0,6$	$\pm 1,2$	$\pm 2,4$
50—120	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	2000—3150	$\pm 0,7$	$\pm 1,4$	$\pm 2,8$
120—260	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,2$	3150—5000	$\pm 0,8$	$\pm 1,6$	$\pm 3,2$
260—500	$\pm 0,4$	$\pm 0,7$	$\pm 1,4$	5000—6300	—	$\pm 1,8$	$\pm 3,6$
500—800	$\pm 0,4$	$\pm 0,9$	$\pm 1,7$	6300—10 000	—	—	$\pm 4,0$
800—1250	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$				

Чтобы облегчить извлечение модели из формы, на поверхностях модели, совпадающих с направлением ее движения при извлечении из формы, выполняют формовочные уклоны. Уклоны

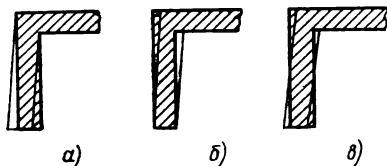


Рис. 24. Выполнение формовочных уклонов за счет увеличения (а), за счет уменьшения (б) размеров отливки и за счет одновременного уменьшения одних и увеличения других размеров отливки (в)

приводят к изменению размеров отливки. Формовочные уклоны назначают в соответствии с ГОСТ 3212—57. Различные способы их выполнения показаны на рис. 24. Величина формовочного уклона зависит от высоты модели (стержневого ящика, болвана).

Деревянные модельные комплекты имеют уклоны от $1^{\circ}30'$ до $0^{\circ}15'$ для наружных поверхностей, от 3° до $0^{\circ}30'$ для внутренних поверхностей. Металлические модельные комплекты имеют меньшие уклоны.

Галтели — скругления внутренних и внешних углов — выполняют с целью уменьшения напряжений в отливке, устранения прилипания формовочной смеси при извлечении модели из формы и т. п. Галтели выполняют на моделях и стержневых ящиках вклеиванием деревянных брусков (для моделей 1 и 2 классов прочности). Для моделей 3 класса прочности при радиусе галтели более 10 мм последние выполняют непосредственно в теле модели с помощью замазки. Галтель должна иметь четкий контур. Ее радиус r_r должен соответствовать заданному чертежом и составлять $1/3$ — $1/5$ от среднего арифметического значения толщины сопряженных стенок отливки:

$$r_r = \frac{1}{3} \div \frac{1}{5} \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right),$$

где b_1 и b_2 — толщины сопрягаемых стенок.

Стержневые знаки выполняют на модели в виде выступов. Они имеют цилиндрическую, коническую или другую конфигурацию и предназначены для выполнения углублений в литейной форме, в которые при сборке устанавливают знаковые части стержня. По конструкции различают горизонтальные и вертикальные стержневые знаки. Горизонтальные чаще бывают цилиндрической формы, вертикальные для обеспечения устойчивости стержня в форме и удобства сборки выполняют в виде усеченных конусов. Верхние знаки имеют большую конусность и меньшую высоту, нижние — меньшую конусность и большую высоту.

К модели знаковые части крепят шипами или приклеивают.

Вертикальные знаки моделей верхних полуформ могут изготовляться отъемными. Знаки должны размещаться на модели точно в соответствии с чертежом. Размеры стержневых знаков должны соответствовать ГОСТ 3606—57. Они зависят от длины стержня, соотношения длины и диаметра (ширины) знака. Контроль расположения знаков на модели и их размеров проводят шаблонами и измерительными инструментами.

Размеры модельного комплекта назначают с учетом усадки сплавов и припусков на обработку резанием.

Усадка — уменьшение размеров отливки при ее затвердевании (охлаждении) и фазовых превращениях. Различают линейную $\epsilon_{\text{л}}$ и объемную усадку $\epsilon_{\text{об}}$; $\epsilon_{\text{об}} \approx 3\epsilon_{\text{л}}$. Значения линейной усадки литейных сплавов приведены ниже.

	$\epsilon_{\text{л}}, \%$
Чугун:	
серый	0,7—1,3
ковкий	1,6—1,9
белый	1,5—2,0
высокопрочный	0,5—1,2
Сталь:	
35ХГСЛ	2,0
40Л	2,2—2,45
110Г13Л	2,6—2,7
Бронза Бр АЖ9-4Л	1,2—1,8
Латунь ЛК 80-3Л	1,5—2,0
Алюминиевый сплав АЛ2	0,9—1,0
Магнийевый сплав Мл5	1,1—1,3

Максимальную усадку имеют отливки простой конфигурации, минимальную — более крупные и сложной конфигурации.

Припуск на обработку резанием — слой металла, удаляемый с отливки на металлорежущих станках с целью получения детали заданных размеров и с заданной чистотой поверхности. На плоских отливках припуск на обработку резанием может быть увеличен из-за их коробления.

КОНТРОЛЬ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДЕРЕВЯННЫХ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

Прежде чем изготовить модельный комплект, выявляют дефекты древесины. К ним относят: трещины, сучки, гниль, свилеватость, косослой и др. Дефекты древесины подразделяют на первичные, образовавшиеся во время роста дерева, и вторичные, возникшие при хранении, обработке.

Трещины вдоль волокна образуются под действием сильных морозов во время роста дерева, а также при неправильных режимах сушки.

Сучки — остаток ветви в стволе. Они нарушают сплошность древесины, искривляют волокна и затрудняют механическую обработку.

Гниль — поражение древесины грибовыми микроорганизмами, которые могут интенсивно развиваться при влажности древесины 15—25%. Пропитка антисептиками уменьшает этот дефект.

Свилеватость — волнистое расположение волокон древесины. Материал с таким дефектом трудно обрабатывать.

Косослой — винтообразное расположение волокон в древесине.

С целью обнаружения перечисленных дефектов проводят входной контроль древесины.

По прочности деревянные модели стержневые ящики разделяют на классы. По I классу прочности изготавливают модели и стержневые ящики для длительной эксплуатации при ручной и машинной формовке, а также для единичного производства сложных отливок. По II классу прочности изготавливают модели и стержневые ящики для серийного производства, по III классу — для ручной формовки в единичном производстве. Допускаемые дефекты пиломатериалов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Допускаемые дефекты древесины для модельных комплектов

Наименование	Нормы допускаемых дефектов в зависимости от класса прочности модельных комплектов		
	I класс	II класс	III класс
Трещины	Мелкие	Несквозные, глубиной и длиной не более 1/3 толщины и длины пиломатериала; с торцов длиной не более 150 мм	
Сучки: сросшиеся	Допускаются 3—4 шт на 1 метр длины		
выпадающие	Не допускаются	Допускаются [ограниченно; для бука, березы, ольхи не допускаются	
Гниль	Не допускается		
Свилеватость Косослой	Не допускается Не допускается	Допускается Допускается при отклонении волокон от прямого слоя не более, чем на 5°	

Контролю подлежат также влажность и цвет древесины. Влажность древесины рассчитывают по формуле

$$W_{\text{д}} = \frac{T_1 - T_2}{T_2} 100\%,$$

где T_1 — масса образца до высушивания; T_2 — масса образца после высушивания. Влажность определяют и электровлагомерами, работа которых основана на измерении электропроводности древесины. Пиломатериалы для изготовления модельных комплектов после высушивания должны иметь влажность 8—12%. Повышенная влажность может привести при последующей естественной сушке к короблению.

Звук при ударе по качественному дереву должен быть звонким и чистым.

Механические свойства древесины должны быть следующими. Прочность на растяжение вдоль волокна — 1200 кгс/см^2 , а поперек волокна — в 20—30 раз меньше. Сжатую вдоль волокон древесина сопротивляется значительно хуже, чем растяжению. Твердостью древесины определяется, в частности, шероховатость поверхности модели. Чем тверже древесина, тем меньшая шероховатость может быть получена. Наибольшей твердостью обладает ясень, дуб ($600\text{—}700 \text{ кгс/см}^2$), значительно ниже твердость сосны (270 кгс/см^2).

В зависимости от класса прочности модели для ее изготовления применяют различную древесину. Модельные комплекты 1-го и 2-го классов прочности изготавливают из ольхи, бука, клена, сосны, липы не ниже 2-го сорта. Модельные комплекты по 3-му классу прочности изготавливают из ели, липы и других пород древесины, не ниже 3-го сорта.

Контроль деревянных комплектов. После изготовления деревянные модельные комплекты контролируют. Деревянные модельные плиты, модели, стержневые ящики должны быть изготовлены в соответствии с чертежами, техническими условиями. Сначала производится внешний осмотр моделей, стержневых ящиков, модельных плит. В связи с названными выше дефектами на поверхностях моделей, плит, ящиков могут образоваться трещины, коробление, сколы и забоины. Эти дефекты могут послужить причиной брака формы и стержней, поэтому модельные комплекты должны быть подвергнуты контролю, а если требуется, ремонту. Трещины, забоины, задиры заделывают шпаклевкой, которую зачищают, высушивают и окрашивают. Сколы древесины могут быть заделаны эпоксидными клеями, зачищены и окрашены.

Модели, стержневые ящики, модельные плиты подвергают разметке, так как это описано на стр. 29. После проверки модельного комплекта разметкой его окрашивают и маркируют. На рабочую поверхность модели и стержневого ящика набивают цифры и буквы из тонкой листовой латуни. Все элементы модельного комплекта (модель, стержневые ящики, отъемные ящики и т. д.) должны иметь общий номер отливки по чертежу. На модели указывают число стержневых ящиков и число отъемных частей. После окраски и маркировки модельный комплект проверяют окончательно. Рабочая поверхность моделей и стержневых ящиков должна быть гладкой, не иметь пороков, рисок, вмятин, следов от инструмента. Отъемные части моделей и стержневых ящиков должны входить в свои гнезда свободно, но плотно; при кантовке стержневых ящиков вставки и отъемные части должны свободно выпадать из гнезд. Принятые контролером модели направляют на склад литейного цеха.

Деревянные модельные комплекты периодически контролируют при эксплуатации. В процессе работы модели и ящики под действием нагрузок и вследствие набухания древесины могут коробиться. Коробление модельного комплекта в отдельных случаях может быть настолько значительным, что его исправить невоз-

можно, и модель (ящик, плита) выводится из эксплуатации. Коробление модели проверяют измерительным инструментом или шаблоном. Проверяется прочность крепления модели на плите, определяется, нет ли свободного перемещения модели по отношению к ней, прочность крепления стержневых знаков. Отъемные части модели, вкладыши стержневых ящиков должны устанавливаться в пазы плотно, но без излишних усилий.

Кроме того, проверяют наличие и качество армирующих и центрирующих элементов, маркировку. Армирующие металлические элементы должны быть прочно и без смещений укреплены в соответствующих местах моделей или стержневых ящиков. Для контроля расположения центрирующих элементов, деревянных или металлических, измеряют расстояние между ними или соединяют части различных моделей и проверяют их взаимное смещение. Маркировку на модели и стержневом ящике проверяют на соответствие чертежу.

КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

К основным факторам, определяющим качество металлической и неметаллической модельной оснастки, относят точность размеров, точность конфигурации и шероховатость поверхности.

Все элементы модельной оснастки: модели, стержневые ящики, модельные и сушильные плиты, опоки, штыри, скобы и шаблоны при изготовлении подвергаются операционному контролю контролерами бюро цехового контроля (БЦК). Они же осуществляют и окончательную приемку готовой оснастки в соответствии с чертежами и технологическими указаниями.

Литые элементы металлической оснастки: модельные плиты, модели для монтажа на плитах, стержневые ящики, опоки, подопочные плиты — контролируют в процессе их изготовления теми же методами, что и обычные отливки.

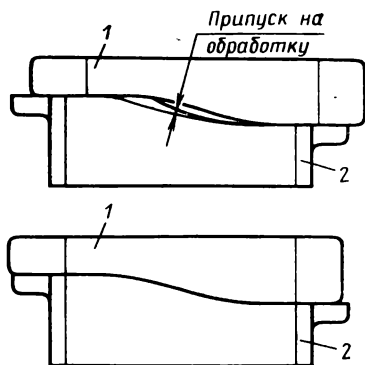
Литые заготовки оснастки подвергают разметке, затем обработке резанием и слесарной обработке. Обработку резанием выполняют на металлорежущих станках: фрезерных, копировально-фрезерных, токарных, сверлильных и др. Точность размеров контролируют различными измерительными инструментами, шероховатость поверхности — контактными или бесконтактными приборами.

После обработки резанием элементы оснастки проходят слесарную обработку и доводку, в некоторых случаях с использованием шаблонов для контроля точности изготовления сложных поверхностей (полостей) моделей, стержневых ящиков. На рис. 25 показан пример контроля фасонной поверхности стержневого ящика с использованием шаблона.

Контроль готовых металлических модельных комплектов ведут в БТК модельного цеха. Размеры модельного комплекта проверя-

Рис. 25. Контроль стержневого ящика с помощью шаблона:

1 — шаблон; 2 — ящик



ют измерительным инструментом и шаблонами на соответствие чертежам. Контролер БТК должен также руководствоваться ГОСТами на классы точности и допуски размеров стержневых знаков. На рабочих чертежах моделей, стержневых ящиков конструктор может не обозначать допуск на размеры, а указать только класс точности их изготовления. Для прочих элементов модельного комплекта на чертежах указывают допуски только на рабочие поверхности (например, для плоских шаблонов, кондукторов).

Шероховатость поверхности моделей и стержневых ящиков должна быть указана на чертеже. Недопустимыми являются риски, вмятины на формообразующих поверхностях моделей и стержневых ящиков. Литые элементы модельного комплекта сложной конфигурации должны подвергаться термической обработке с целью уменьшения внутренних напряжений, которые приводят к короблению оснастки в процессе эксплуатации. Выполнение термообработки отмечают в паспорте на модельный комплект.

Каждый элемент модельного комплекта должен иметь маркировку в соответствии с чертежом, где указывается место маркировки и ее содержание.

При запуске новой оснастки в производство окончательное заключение о годности модели к эксплуатации выносится после изготовления контрольной отливки. Эту отливку размечают в соответствии с чертежом. Такую же контрольную операцию выполняют при запуске в производство моделей, хранившихся длительное время на складе модельного (литейного) цеха. В случае обнаружения отклонений размеров отливки от заданных мастер литейного цеха дает распоряжение о ремонте (исправлении) модели. После этого производятся повторная контрольная формовка, заливка и контроль отливки. Сложные по конфигурации отливки могут быть разрезаны с целью точного измерения толщин стенок и различных ее элементов. После положительного заключения БТК оснастка запускается в производство.

В технологической документации на оснастку должны быть указаны основные элементы приспособлений, подлежащих контролю в процессе изготовления и периодических проверок. Должны быть оговорены допуски на износ поверхностей моделей, ящиков, приспособлений. В цехе составляют ежемесячные графики проверки оснастки. Мастер цеха должен следить за тем, чтобы работали только с оснасткой, прошедшей проверку по графикам. На каждое приспособление оформляется паспорт. Он хранится в из-

мерительной лаборатории цеха (завода). При проверке оснастки по календарному графику характер ремонта и результат его заносится в этот паспорт. После ремонта оснастка подвергается полному контролю в измерительной лаборатории.

Контроль металлических стержневых ящиков. Литые заготовки ящиков не должны иметь трещин, должны быть обрублены и очищены.

Стальные цапфы и ручки, залитые в стержневой ящик, должны надежно соединяться с ящиком, не качаться после обстукивания молотком. Перед обработкой резанием литые заготовки стальных ящиков должны пройти низкотемпературный отжиг, после термообработки они не должны иметь трещин. На обработанных поверхностях не должно быть задиров, царапин, влияющих на качество стержней. Допускается исправление дефектов заваркой, пайкой при условии сохранения эксплуатационных качеств ящиков. Опорная плоскость ящика должна лежать на разметочной плите без качания. Плоскость опорных поверхностей ящика должна периодически проверяться и исправляться. Отъемные части, вставки и вкладыши стержневого ящика должны быть пригнаны к посадочному гнезду и легко сниматься, качание более 0,5 мм не допускается. Перед складированием все стальные и чугунные детали ящиков должны быть смазаны (любой смазкой) и храниться в сухом помещении. Для устранения прорыва воздуха при пескоструйном способе изготовления стержней по плоскости разъема ящика целесообразно применять уплотнения из резиновой трубки, для деревянных ящиков прокладки следует делать в металлических пластинах, по плоскости разъема. Герметичность стержневых ящиков должна быть обеспечена замками.

Ящики для CO_2 -процесса должны иметь отверстия для продувки стержня углекислым газом. В ящиках для мелких стержней отверстия выполняют в стенках, для крупных — во вкладышах, устанавливаемых внутри стержневого ящика. В многогнездном ящике вентиляцию осуществляют через специальную плиту с распределительными каналами, сообщающимися с каждой полостью ящика.

ОТК модельного цеха принимает модельный комплект. Затем его направляют в литейный цех для изготовления пробных отливок. Сначала изготавливают комплект стержней. После сушки отбраковывают стержни с дефектами. Производят, если необходимо, зачистку стержней, отделку, склеивание. Одновременно проверяют комплектность контрольно-измерительного инструмента (шаблонов, калибров) для контроля конфигурации, размеров стержней. Сверяют эти размеры с размерами на чертежах ящиков.

Затем изготавливают и собирают литейную форму. После заливки и выбивки из формы отливку осматривают с целью обнаружения ее дефектов. Составляют протокол о проведении пробной заливки. В нем указывают имевшиеся отклонения технологического процесса на всех операциях, намечают меры по устранению дефектов. Не менее трех отливок передают на контрольную разметку, все по-

верхности должны быть размечены или измерены. Базами при контрольной разметке должны служить только базы для обработки резанием. Сложные отливки при контрольной разметке разрезают и измеряют толщину стенок, проверяют соответствие чертежу конфигурации стенки.

Контролер, производивший разметку, составляет карту дефектов, в нее заносит все отклонения размеров. Затем модельный цех исправляет дефекты модельного комплекта. После этого его опять направляют в литейный цех для проведения повторной заливки. Если получают годную (по данным разметки) отливку, то составляют акт о пригодности модельного комплекта для запуска в производство.

Контролеры должны следить за состоянием модельного комплекта в литейном цехе, за условиями его хранения. Периодичность контроля должна быть указана в паспорте оснастки.

Дефекты металлической оснастки и способы их устранения. Износ рабочей поверхности моделей происходит при формовке из-за трения смеси об эту поверхность. Отдельные части модели (ребра, знаки, выступы) изнашиваются более интенсивно. Размер полости формы и, соответственно, отливки может существенно измениться и отличаться от указанного в чертеже, то же относится к отъемным частям. Гнездо в модели, куда вставляется отъемная часть, увеличивается и отъемная часть начинает шататься. Это ведет к снижению точности отливок.

Износу подвержены поверхности стержневых ящиков, расположенные против вдувных отверстий, вкладыши, направляющие поверхности втулок и штырей опок, а также кондукторы для зачистки стержней, рабочие поверхности шаблонов. Изнашиваются также детали подвижных механизмов оснастки для безопочной формовки.

При эксплуатации оснастки на встряхивающих машинах все крепления под действием ударных нагрузок ослабевают. Это может привести к неточностям в изготовлении форм, а, следовательно, к браку отливок по перекосу. Поэтому все болты и винты, которыми крепятся модели к модельным плитам, в процессе эксплуатации должны периодически проверяться и подтягиваться гаечным ключом.

Сушильные плиты при эксплуатации подвержены короблению, которое ведет к изменению конфигурации стержня и полости в отливке. Такого же рода дефект при длительной эксплуатации наблюдается и у опок, особенно если они имеют большие габариты.

Небрежное отношение к оснастке, удары, царапание при выполнении иглой вентиляционных каналов ведет к образованию на поверхности моделей и ящиков задиров. Это затрудняет получение качественной рабочей поверхности формы стержня. Дефекты металлической оснастки устраняют заваркой, пайкой, высверливанием поврежденных мест и последующей установкой шпилек с резьбовым соединением, установкой различного рода накладок и т. п.

Отремонтированное место должно быть хорошо зачищено. После ремонта проверяют жесткость оснастки, точность размеров. Измерение выполняют инструментами, которые используют при контроле вновь изготовленной оснастки. Отремонтированный модельный комплект допускается к постоянной эксплуатации, если качество первых изготовленных отливок удовлетворительное.

Модельная оснастка из пластмасс. В серийном производстве для изготовления моделей и стержневых ящиков применяют пластмассы на основе эпоксидных, полиэфирных смол, полиэтилена, акрилатов.

Преимуществами моделей и стержневых ящиков, изготовленных, например, из эпоксидных пластмасс, является коррозионная стойкость, низкая прилипаемость смеси к поверхности модели, ящика, невысокая стоимость. Эпоксидные пластмассовые модели и стержневые ящики легко обрабатываются резанием. Усадка эпоксидных смол — 0,1—0,3%, что позволяет получать модели и стержневые ящики повышенной точности. При изготовлении пластмассовых моделей и ящиков используют гипсовые, деревянные промодели. Размеры промодели должны учитывать припуски на обработку резанием, суммарную усадку пластмассы и металла отливки. Должны быть выполнены формовочные уклоны. Формы для изготовления пластмассовых моделей получают из гипса. Для этого промодель смазывают тонким слоем вазелина, помещают на плиту внутри разборной деревянной рамки. Затем заполняют рамку жидкой гипсовой смесью. После затвердевания гипса промодель извлекают. После извлечения промодели форму осматривают, заделывают обнаруженные повреждения и высушивают при 50—60°С в течение 12—48 ч. Сухую форму окрашивают нитролаком. Перед заливкой смолы на поверхность формы наносят разделительное покрытие, например, машинное масло. Подготовка смолы состоит в следующем. В эпоксидную смолу (100 частей по массе) вводят пластификатор — дибутилфталат (10 частей по массе), затем наполнитель — железный или алюминиевый порошок, кварцевую муку (50—100 частей по массе). Через 10—15 мин перемешивания вводят отвердитель — полиэтиленполиамин (до 15 частей по массе). Вновь перемешивают все компоненты. Через 20—30 мин смесь заливают в форму, вакуумируют для удаления пузырьков воздуха. Отвердевание происходит при 20°С в течение 24 ч. Модель извлекают из формы, контролируют наличие пор на поверхности, незаполненных мест, размеры модели. Затем ее передают на обработку резанием. Допуски на размеры моделей и стержневых ящиков для ручной формовки назначают по ГОСТу.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные требования к модельной оснастке.
2. Назовите классы точности модельных комплектов. От чего зависит точность модельных комплектов?
3. Назовите основные дефекты древесины.
4. В чем состоит контроль деревянных модельных комплектов?

5. Каковы особенности контроля металлических модельных комплектов в процессе их изготовления?
6. Какие требования предъявляют к металлическим модельным комплектам при приемке?
7. Каковы дефекты металлической оснастки и способы их устранения?
8. Перечислите особенности изготовления и контроля оснастки из пластмасс.

Глава 4

КОНТРОЛЬ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СМЕСЕЙ

КОНТРОЛЬ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Контроль формовочных песков. Природные пески, добываемые в карьерах, обладают различными свойствами. С целью единства оценки их свойств разработаны стандартные методики контроля.

Основными характеристиками формовочных песков по ГОСТ 2138—74 являются: содержание глинистой составляющей, гранулометрический состав (размер зерен песка), форма зерен.

Определение содержания глинистой составляющей. Песок высушивают при 105—110°С, затем берут 50 г, помещают в стеклянную банку объемом 1 л, наливают 475 см³ дистиллированной воды и 25 см³ 1%-ного раствора едкого натра (NaOH). Закрытую банку укрепляют в приборе для взбалтывания мод. 022 (рис. 26). Прибор имеет электродвигатель, червячный редуктор, приспособления для крепления 4 банок. Скорость вращения вала 60 об/мин. Продолжительность взбалтывания 1 ч. После этого банку снимают, доливают воду до уровня 150 мм и в течение 10 мин содержимое банки отстаивается. Песок оседает, а мелкие частицы глины, взвешенные в воде, удаляют сифоном до уровня 25 мм (рис. 27). В банку доливают воду до уровня 150 мм, взбалтывают, в течение 10 мин содержимое банки отстаивается, воду и взвешенные в ней мелкие частицы удаляют сифоном. Опять добавляют воду до уровня 150 мм, взбалтывают содержимое, дают отстояться 5 мин, удаляют сифоном воду. Последнюю операцию повторяют до тех пор, пока вода не станет совсем прозрачной. Оставшиеся в банке песок и воду фильтруют. Высушивают фильтр с песком при 105—110°С и производят взвешивание песка. Содержание глины в природном песке определяют по формуле

$$C_r = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0} 100\%,$$

где Z_0 — масса навески песка; Z_1 — масса навески после отделения глины.

Контроль гранулометрического зернового состава песка ведут на приборе мод. 029 (рис. 28). В приборе

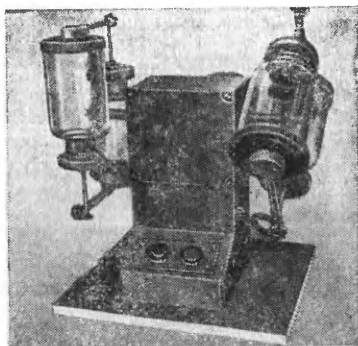


Рис. 26. Прибор мод. 022 для
взбалтывания суспензии фор-
мовочных песков

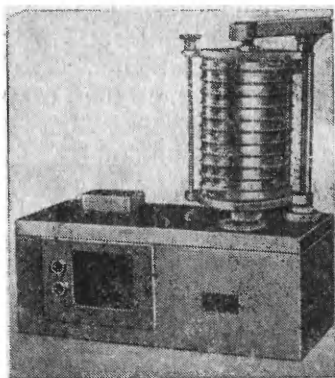


Рис. 28. Прибор для контроля
зернового состава формовоч-
ных песков мод. 029

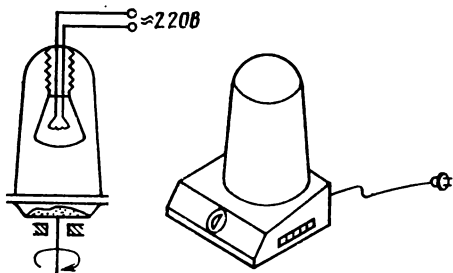


Рис. 30. Прибор мод. 062М для контро-
ля влажности песков и формовочных
материалов

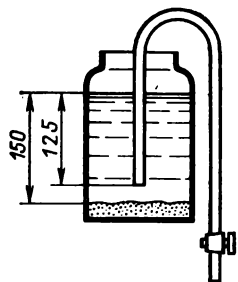


Рис. 27. Сифон для отделения
мелкой фракции песка в глинистой
составляющей

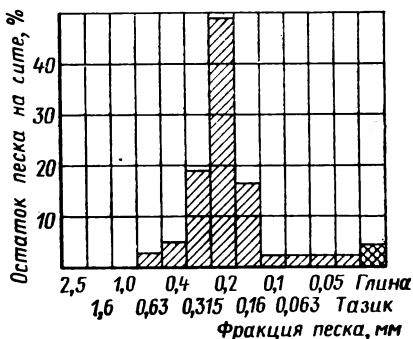


Рис. 29. Гистограмма распределе-
ния размеров зерен песка

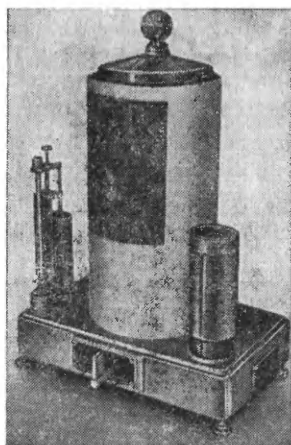


Рис. 31. Прибор мод. 042М для
контроля газопроницаемости
песков

имеется 11 сит (табл. 3) диаметром 200 мм с различными размерами ячеек (ГОСТ 3584—73). Под нижнее, самое мелкое, устанавливают так называемый тазик.

Таблица 3

Сита для зернового анализа

Номера сит	2,5	1,6	1	063	04	0315	02	016	01	0063	005
Размер стороны ячейки по ГОСТ 3584—73, мм	2,50	1,60	1,00	0,630	0,400	0,315	0,200	0,160	0,100	0,063	0,050

Навеску песка 50 г помещают на верхнее, самое крупное сито номер 2,5 и закрывают прибор крышкой. Прибор сообщает стопке сит 300 колебаний в минуту в горизонтальной плоскости. Сверху с помощью рычага производится встряхивание сит с частотой 180 ударов в минуту. Реле времени через 15 мин отключает прибор. После окончания рассева сита снимают и взвешивают песок, оставшийся на каждом сите.

Рассчитывают процентное содержание зерен песка разных размеров. Например, на сите номер 02 оказалось 25 г песка, что составляет 50% от навески. На сите номер 063—1,2 г, что составляет 2,4% от навески и т. д. По этим данным можно построить график (гистограмму) распределения размеров зерен данного песка (рис. 29).

Форма зерен. Различают пески с округлой, полуокруглой, остроугольной формой зерен. Степень округлости зависит, в основном, от минералогического состава и происхождения песка. Пески с округлыми зёрнами лучше пропускают газы, прочность формовочных смесей на их основе выше.

Кварцевые формовочные пески должны содержать максимальное количество окиси кремния SiO_2 и минимальное количество примесей. Примесями в формовочных песках считают: окись железа Fe_2O_3 , окись кальция CaO , окись магния MgO , окислы калия K_2O и натрия Na_2O , а также материалы органического происхождения (микроскопические остатки растений и т. п.). Присутствие CaCO_3 , MgCO_3 и других карбонатов нежелательно, они снижают огнеупорность формовочных песков.

Кроме характеристик, регламентируемых ГОСТом, определяют технологические свойства песков. К ним относят, прежде всего, насыпную массу, влажность, газопроницаемость и огнеупорность.

1. Насыпная масса. В сосуд насыпают песок до определенного уровня и производят взвешивание. Удаляют песок, наливают воду до того же уровня, снова взвешивают. Насыпная масса песка

$$\delta_{\text{н}} = \frac{Q_1 - Q_3}{Q_2 - Q_3} \gamma,$$

где Q_1 — масса сосуда с песком; Q_2 — масса сосуда с водой; Q_3 — масса сосуда; γ — плотность воды.

2. Влажность контролируют на приборе мод. 062М (рис. 30). Навеску песка 50 г помещают в прибор. Песок высушивается электрической лампой, мощность которой 500 Вт. Влажность песка

$$W = \frac{B - B_1}{B} 100\%,$$

где B — масса песка до сушки; B_1 — масса песка после сушки.

3. Газопроницаемость — способность песка пропускать воздух. Газопроницаемость песков зависит от формы и размеров их частиц, наличия примесей и ряда других факторов. Чем крупнее зерна, тем больше газопроницаемость песка.

Контроль газопроницаемости песков (и смесей) проводят с помощью прибора мод. 042М (рис. 31), пропуская через стандартный образец воздух под определенным давлением при 20° С. Колокол прибора с грузом предназначен для создания постоянного давления воздуха. Перед началом испытания в прибор наливают воду, в нее опускают колокол. Воздух выходит через трубку в трехходовый кран, далее образец в атмосферу. Трехходовый кран позволяет удерживать воздух в приборе, выпускать воздух из-под колокола в атмосферу, минуя образец, и через образец. Перед образцом находится чаша, в которой установлены ниппели диаметрами 0,5 и 1,5 мм. Первый предназначен для контроля образцов с небольшой газопроницаемостью, второй — для образцов с высокой газопроницаемостью. Измеряя время прохождения 2000 см³ воздуха через образец и давление воздуха, рассчитывают газопроницаемость.

Газопроницаемость песка (смеси)

$$K = \frac{Vh}{F_{\text{обр}} p_{\text{в}} \tau},$$

где V — объем воздуха, прошедшего через образец; h — высота образца; $F_{\text{обр}}$ — площадь поперечного сечения образца; $p_{\text{в}}$ — давление воздуха перед образцом; τ — время прохождения воздуха через образец.

Газопроницаемость — безразмерная величина.

Газопроницаемость можно определить, контролируя только давление воздуха по водяному манометру. Для нахождения газопроницаемости используют также специальные таблицы.

4. Огнеупорность контролируют при нагреве песков до температур, близких к температуре плавления. В печь устанавливают несколько образцов, имеющих конфигурацию пирамиды. Температура, при которой образец деформируется настолько, что его вершина коснется пода печи, считается условной огнеупорностью образца.

Формовочные пески

Класс	Наименование песка	Содержание глинистой составляющей, %	Содержание кремнезема (SiO_2), %	Содержание вредных примесей	
				Оксиды щелочноземельных и щелочных металлов, %, не более	Оксиды железа, %, не более
Об1К	Обогащенный кварцевый	Не более 0,2	Не менее 98,5	0,40	0,20
Об2К		» 0,5	» 98,0	0,75	0,40
Об3К		» 1,0	» 97,5	1,00	0,60
1К	Кварцевый	» 2,0	» 97,0	1,20	0,75
2К		» 2,0	» 96,0	1,50	1,00
3К		» 2,0	» 94,0	2,0	1,50
4К		» 2,0	» 90,0	—	—
Т	Тощий	Св. 2,0 до 10,0	—	—	—
П		Св. 10,0 до 20,0	—	—	—
Ж		Св. 20,0 до 30,0	—	—	—
ОЖ		Св. 30,0 до 50,0	—	—	—

Классификация песков. В соответствии с ГОСТ 2138—74 (табл. 4) пески подразделяют на классы.

К наиболее вредным примесям относят окислы щелочноземельных металлов K_2O , Na_2O и щелочных металлов CaO , MgO , а также окись железа Fe_2O_3 .

Обогащенные пески применяют в тех случаях, когда требования к стабильности свойств смесей наиболее высокие. Эти пески используют, например, при изготовлении холоднотвердеющих смесей и смесей, упрочняемых при повышенных температурах.

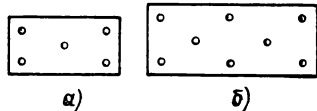
По зерновому составу формовочные пески делятся на 8 групп (табл. 5).

Контроль формовочных глин. Формовочные глины—горные породы, состоящие из мелких (20 мкм и менее) частиц. Глины обладают связующей способностью в присутствии воды.

Таблица 5
Классификация формовочных песков по зерновому составу

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

Рис. 32. Места отбора проб глины:
а — из вагонов-платформ; б —
из большегрузных вагонов



а)

б)

Литейные формовочные глины (ГОСТ 3226—77) разделяют по: 1) минералогическому составу; 2) связующим свойствам, т. е. пределу прочности при сжатии во влажном и сухом состояниях; 3) способности к ионному обмену; 4) количеству примесей; 5) значению числа пластичности; 6) коллоидальности.

Наиболее широко в литейном производстве используются каолиновые и бентонитовые глины.

Каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) имеет плотность $2,6 \text{ г/см}^3$ и температуру плавления $\approx 1750^\circ \text{C}$. При нагреве до 580°C каолиновая глина обезвоживается и теряет связующие свойства. Монтмориллонит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) имеет плотность $1,7\text{—}2,9 \text{ г/см}^3$, температуру плавления $\approx 1300^\circ \text{C}$. При нагреве до 700°C глина на такой основе теряет связующие свойства и способность к набуханию в воде.

Для испытаний глин пробы отбирают порциями массой не менее 1 кг. Общая масса пробы не менее 8 кг. Пробы перемешивают, затем отбирают 3 кг (средняя проба) и используют для анализов. Места отбора проб из транспорта показаны на рис. 32.

В глинах определяют содержание механически примешанной (капиллярной) и гигроскопической воды (химически не связанной, но находящейся на поверхности частиц). Метод испытаний аналогичен методу испытания влажности песков.

Прочность на сжатие определяют по 3 образцам во влажном состоянии, принимая за показатель прочности среднее арифметическое значение. Предел прочности испытуемого материала рассчитывают по формуле

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{сж}}}{F_{\text{обр}}},$$

где $P_{\text{сж}}$ — нагрузка, при которой образец разрушается; $F_{\text{обр}}$ — площадь поперечного сечения образца.

Стандартный образец для испытаний на сжатие — цилиндрический диаметром $50 \pm 0,2 \text{ мм}$ и высотой $50 \pm 0,8 \text{ мм}$.

Образцы готовят на лабораторном копре мод. 2М030 (рис. 33). Он состоит из станины, штока, груза и двух кулачков. Навеску смеси массой 150 г помещают в неразъемную цилиндрическую гильзу, уплотняют трижды ударом копра, вращая рычаг с малым кулачком. Масса копра 6,35 кг. Затем вращают рычаг с большим кулачком и поднимают груз, фиксируют его в верхнем положении. Испытание на сжатие проводят на универсальном приборе (рис. 34). Нагрузка на образец при испытании должна возрастать плав-

Рис. 33. Лабораторный копер мод. 2М030 для изготовления цилиндрических образцов из песчано-глинистых смесей

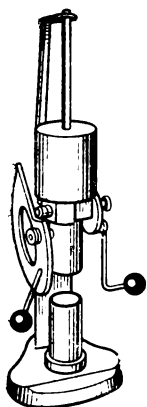
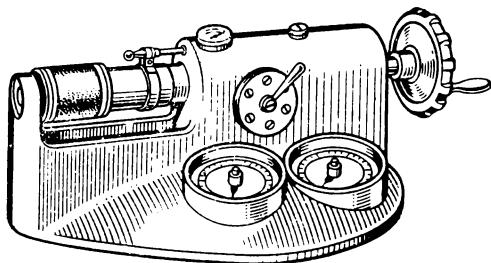


Рис. 34. Универсальный прибор для определения прочности образцов из формовочных смесей



Прочность на растяжение определяют на образцах в сухом состоянии, имеющих конфигурацию «восьмерки». Для изготовления таких образцов используют металлическую разборную оснастку. Навеску уплотняют тремя ударами копра. Образец высушивают, испытывают на специальных или универсальных машинах. Рассчитывают среднюю прочность на разрыв 3 образцов.

Прочность глины во влажном состоянии контролируют испытанием формовочной смеси, состоящей из кварцевого песка К02, 10% испытуемой глины и 3% воды. Прочность глины в сухом состоянии определяют, вводя в кварцевый песок К02 5% глины и 6% воды. Смеси приготавливают в лабораторных бегунах (смесителях). Песок и глину перемешивают в течение 2 мин, затем добавляют воду и перемешивают еще 8 мин. Изготавливают стандартный образец, испытывают его в сыром состоянии на сжатие и в высушенном на растяжение, предварительно высушивая при 105—110°С в течение 1,5 ч.

Также определяют дисперсность (степень раздробления частиц), огнеупорность, пластичность и минеральный состав глин.

КОНТРОЛЬ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Формовочной (стержневой) смесью называется многокомпонентная смесь формовочных материалов, соответствующая условиям технологического процесса изготовления неметаллических литейных форм (стержней).

По характеру использования смеси подразделяют на единые, облицовочные и наполнительные.

Единые смеси используют в массовом и крупносерийном производстве отливок. Эти смеси должны обладать повышенной термохимической устойчивостью, долговечностью. С целью поддержания прочности и газопроницаемости на требуемом уровне в смесь при переработке вводят освежающие добавки.

Облицовочные смеси используют для создания слоя вокруг полости формы. Облицовочные смеси наносят на модель слоем 20—100 мм в зависимости от габаритных размеров будущей отливки.

Наполнительной смесью заполняют объем опоки после нанесения на модель облицовочной смеси.

Различают смеси для сырых, сухих форм и форм с поверхностной подсушкой. Не требуют сушки смеси, упрочняющиеся без нагрева за счет химических реакций между связующим и добавками-катализаторами (холоднотвердеющие смеси, жидкие самотвердеющие смеси).

Для достижения требуемого уровня свойств в формовочной смеси должны содержаться все необходимые компоненты в соответствии с заданным составом. Поэтому количество компонентов, загружаемых в смеситель, должно контролироваться. Контроль ведут взвешиванием, например, кварцевого песка, глины, и пр. или дозированием объема, например, жидких компонентов.

Свойства формовочных смесей могут изменяться при нарушениях заданного порядка введения в смеситель компонентов или режима перемешивания. Порядок введения компонентов должен быть указан в технологической инструкции или определен мастером участка. Время перемешивания должно быть установлено, оно также подлежит контролю. Уменьшение времени перемешивания приводит к снижению качества смеси, а его увеличение снижает производительность смесеприготовительного оборудования.

В процессе изготовления контролируют лишь некоторые параметры смесей, особенно в массовом производстве. Например, влажность, газопроницаемость, прочность, в сыром и сухом состояниях.

Газотворность, прочность при повышенных температурах, прилипаемость, податливость и некоторые другие свойства контролируют, в основном, при разработке новых составов смесей. Недостаточное содержание воды в смеси снижает ее пластичность, чрезмерное — повышает газотворную способность, снижает прочность.

Контроль влажности смесей ведут по методике, изложенной выше. Влажность — один из важных факторов, влияющих на уплотнение смесей. С увеличением влажности уплотняемость улучшается. Влажность оказывает заметное влияние на газопроницаемость. При уменьшении влажности газопроницаемость увеличивается, но повышенное содержание влаги улучшает уплотняемость смеси, а тем самым снижает газопроницаемость.

Для достижения наибольшей прочности в сыром состоянии смесь должна содержать строго определенное количество воды.

Прочность в сыром состоянии обеспечивает возможность извлечения модели из формы, транспортирование формы на сборку, сборку формы, заливку.

На прочность в сыром состоянии влияет количество и качество глинистой составляющей в смеси, влажность смеси, форма и размер зерен огнеупорной основы смеси, например, кварцевого песка.

Прочность смесей в сухом состоянии контролируют испытанием образцов — «восьмерок» на разрыв. Для этого используют универсальные испытательные приборы (см. рис. 34).

Влажность влияет на текучесть смеси. Хорошей текучестью обладают сухие смеси и смеси с очень большим содержанием воды. Меньшей текучестью обладают смеси со средним содержанием воды (3—5%). Повышенная влажность смесей влияет на образование дефектов в отливках (ужимин, пористости и др.).

Газопроницаемость смеси влияет на скорость отвода воздуха, газов из полости формы. Таким образом, она определяет условия получения отливок без газовых раковин и пористости. Газопроницаемость литейной формы зависит от размеров зерен песка, содержания глины, температуры заливки сплава. Чем грубее песок, тем лучше он пропускает воздух, газы, пар.

Высокое содержание глины уменьшает газопроницаемость. В литейной форме при заливке металла газы нагреваются, их вязкость увеличивается. Фильтрация газов через смесь, особенно через облицовочную, нагреваемую до высоких температур, становится затруднительной. Поэтому облицовочная смесь должна обладать повышенной газопроницаемостью. Значения газопроницаемости для различных видов формовки приведены в табл. 6. Испытания стандартных образцов проведены при 20° С.

Стержень — элемент литейной формы, служащий для выполнения в отливке отверстий, полостей, поднутрений. В литейной форме стержни почти во всей поверхности (кроме знаков) окружены расплавленным металлом и нагреваются до значительных температур, подвержены механическому воздействию со стороны металла. Поэтому к прочности, газопроницаемости и газотворной способности стержневых смесей предъявляют более жесткие требования.

КОНТРОЛЬ СМЕСЕЙ ХИМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ

Жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС) используют при изготовлении отливок из чугуна, стали, цветных сплавов. ЖСС обладают способностью течь, поэтому при заполнении литейной формы или стержневого ящика смесь не требует уплотнения. Это главное преимущество ЖСС перед обычными формовочными и стержневыми смесями. Смесь затвердевает в оснастке в течение 0,5—30 мин.

Таблица 6
Зависимость газопроницаемости смеси от сплава, вида формовки и массы отливки

Сплав	Вид формовки	Масса отливки, кг	Газопроницаемость
Чугун	По-сырому	1	10—30
	То же	До 20	30—50
	»	До 2000	80—120
Сталь	По-сырому	До 10000	80—150
	По-сырому	До 500	80—120
	По-сырому	До 5000	80—120
Бронза, латунь	По-сырому		30—80

Использование ЖСС позволяет уменьшить трудоемкость изготовления, облегчить труд рабочих-стерженщиков.

При производстве ЖСС используют кварцевые пески классов 1К и 2К с размерами зерен 016, 02, 0315. Влажность песков должна быть не выше 0,5%, температура не выше 30°С. Песок просеивают через сито со стороной ячейки 3 мм.

Отвердителем служит белый саморассыпающийся шлак феррохромового производства. Он должен содержать 48—53% по массе окиси кальция, 26—30% по массе двуокиси кремния. Влажность шлака не должна превышать 1,5%, иначе он теряет активность. Контролируют удельную поверхность шлака — суммарную поверхность всех частиц шлака в навеске массой 1 г. Для такого шлака удельная поверхность должна быть не менее 3500 см²/г.

При изготовлении ЖСС используют связующие: синтетические смолы, жидкое стекло. Жидкое стекло должно иметь плотность 1,47—1,52 г/см³, модуль — 2,6—3,0. Модуль определяют по формуле

$$M = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} 1,032.$$

В состав ЖСС входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), способствующие образованию пузырьков пены в процессе приготовления смеси. Пенообразующая способность ПАВ определяется кратностью выхода пены, т. е. максимальным количеством пены, генерируемой 1 см³ жидкой композиции. Контролируется и устойчивость смеси, которая определяется отношением остаточного объема пены через 30 мин к первоначальному объему.

ПАВ пригодны к использованию, если степень пенообразования, т. е. отношение объема пены к объему жидкой композиции, 1,7—2, а устойчивость пены — более 10 мин.

Технологические свойства ЖСС контролируют в жидком состоянии, при затвердевании и в упрочненном состоянии. В жидком состоянии определяют подвижность смеси, при затвердевании контролируют начало и конец затвердевания. В упрочненном состоянии проверяют прочность, газопроницаемость, гигроскопичность.

Подвижность ЖСС контролируют в жидкоподвижном состоянии, а при затвердевании контроль ведут измерением предельного напряжения сдвига при погружении в смесь плоского ножа под действием собственного веса. Предельное напряжение сдвига

$$\theta = \frac{980M}{2bl},$$

где M — масса ножа с подвижными элементами; b — ширина ножа; l — глубина погружения ножа в смесь.

Прочность и газопроницаемость ЖСС определяют по образцам диаметром $50 \pm 0,2$ мм и высотой $50 \pm 0,2$ мм в стандартных приборах. Контроль ведут через определенные интервалы времени, например, 0,5; 1; 2; 4; 16 ч. Смесь готовят в лопастных смеси-

телях при скорости вращения вала 75 об/мин, величина замеса 5—12 кг, время перемешивания зависит от состава смеси.

Так как в условиях единичного и мелкосерийного производства стержни перед сборкой хранятся в течение нескольких дней, определяют гигроскопичность стержневой смеси. Смесь помещают в фарфоровую чашку и в течение 24 ч высушивают на воздухе при 20—25°С и относительной влажности воздуха 70—75%. Из этой смеси берут пробы по 10 г, которые устанавливают в эксикатор, на дно которого налита вода. Через 24 ч пробы взвешивают и рассчитывают в процентах гигроскопичность по увеличению массы пробы.

К смесям, не требующим уплотнения при формовке, относятся также холоднотвердеющие смеси (ХТС). В этих смесях связующим являются синтетические смолы, упрочняющиеся в присутствии катализаторов без нагрева. Применение ХТС при изготовлении стержней позволяет снизить трудоемкость, повысить точность отливок, уменьшить применение каркасов в стержнях.

Экспресс-контроль холоднотвердеющих смесей производится периодически в течение смены. Смесь готовят в смесителях непрерывного действия. Пробы отбирают непосредственно при выходе смеси из смесителя. Образцы готовят на рабочем месте. Контролируют прочность на сжатие после выдержки образца в стержневом ящике в течение 1 ч, а также прочность на растяжение через 1 ч (или 3 ч) после приготовления смеси. Испытание на растяжение проводят на образцах — «восьмерках».

КОНТРОЛЬ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Качество отливок, получаемых в песчаных формах, определяется и качеством применяемых вспомогательных формовочных материалов: красок, паст, припылов, замазок и др. Например, покрытия, наносимые на рабочие (формообразующие) поверхности форм, стержней в единичном, серийном, нередко и в массовом производстве, уменьшают шероховатость поверхности, препятствуют образованию засоров, песочных и газовых раковин, пористости, ужимин, спаев, недоливов, пригара.

Формовочные краски содержат: а) огнеупорную основу — пылевидный кварц SiO_2 , дистенсиллиманит $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$, порошок цирконный обезжелезненный ZrSiO_4 , порошкообразный хромит FeCr_2O_4 , шамот $3\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$; б) неорганические (формовочные глины, жидкое стекло) и органические связующие (этилсиликат, сульфитно-спиртовую барду, поливинилацетатную эмульсию, поливинилбутираль, олифу — оксоль, синтетические смолы); в) стабилизаторы суспензии — вещества, препятствующие быстрому оседанию твердых частиц в жидкости; г) растворители связующих (воду, ацетон, спирты, бензин, растворители 646 и 647).

Для устранения пригара при получении отливок из чугуна в состав формовочных красок вводят графит.

Составы формовочных красок

Краска	Компонент, % по массе								
	Сульфитноспиртовая барда	Кварц пылевидный	Декстрин	Бентонит	Графит черный	Тальк	Борная кислота	Формалин	Вода
Упрочняющая форму для отливок из чугуна	25	—	—	—	—	—	—	—	75
Противопригарная для форм при производстве отливок:									
из стали	—	66,5	1,5	3	—	—	—	4	24
из чугуна	—	—	3,5	3,5	57,5	—	—	4	31,5
Улучшающая чистоту поверхности отливок из легких сплавов	—	—	—	—	—	10	10	—	80

Плотность красок контролируют денсиметром (рис. 35). Он представляет собой запаянную стеклянную трубку, в нижней части которой находится ртуть или свинцовая дробь. В верхней, узкой части прибора имеется шкала — указатель плотности материала. Чем плотнее испытуемый материал, тем на меньшую глубину погружается денсиметр. Поэтому значения плотности, указанные на шкале, увеличиваются сверху вниз. Для определения плотности необходимо налить жидкость в специальный цилиндр, осторожно опустить денсиметр по оси цилиндра и отпустить его. Если он свободно плавает в жидкости, можно произвести отсчет. Отсчет ведут по нижнему краю мениска на поверхности жидкости. Необходимо поддерживать постоянную температуру контролируемой жидкости, например, 20° С.

С увеличением вязкости жидкости погрешность измерения возрастает и надо уже применять объемный метод контроля плотности, при котором точно измеренный объем жидкости взвешивают и плотность определяют, разделив массу жидкости на ее объем.

Вязкость красок и паст контролируют чаще всего вискозиметрами истечения. Вискозиметр истечения мод. ВЗ-4 (рис. 36) представляет собой сосуд емкостью 100 см³ с диаметром отверстия 4±0,02 мм. С его помощью определяют условную вязкость жидко-

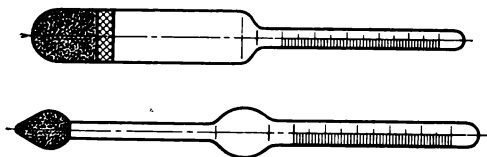


Рис. 35. Денсиметры

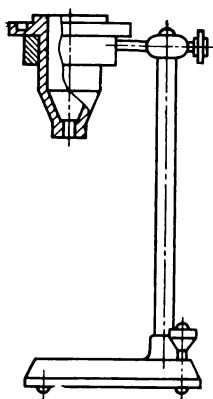


Рис. 36. Вискозиметр истечения мод. ВЗ-4

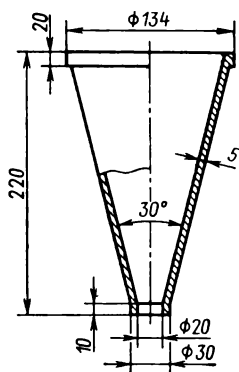


Рис. 37. Вискозиметр для контроля вязкости хромомагнетитовых паст

стей или суспензий в пределах 20—150 с. При контроле воронку на штативе вискозиметра устанавливают в вертикальное положение, закрывают нижнее отверстие, наливают в воронку контролируемую жидкость. Открывают отверстие воронки, одновременно включают секундомер, по которому определяют время полного истечения жидкости. Это время в секундах и принимают за условную вязкость жидкости или суспензии.

Вязкость паст контролируют вискозиметром со значительно бóльшим размером отверстия, через которое вытекает паста (рис. 37).

Помимо этого контролируют кроющую способность формовочных красок, водородный показатель, продолжительность высыхания красок. Поведение красок в литейной форме при заливке контролируют по специальным методикам и технологическим пробам.

Для прочного соединения стержней в сыром и сухом состояниях используют клеи. Сырые стержни соединяют клеем, состоящим из 50% сульфитной барды (плотность 1,3 г/см³), 50% каолиновой глины и воды. Сухие стержни склеивают клеем, состоящим из декстрина, растворенного в воде при 60—70° С. Температура сушки стержней 160—180° С.

При изготовлении проверяют точность дозирования компонентов клея, его прочность на разрыв и плотность. Для определения прочности на разрыв на поверхности обеих половинок предварительно испытанного образца — «восьмерки» в месте их разрыва наносят тонким слоем клей. Половинки соединяют и высушивают при 150—180° С в течение 30 мин. После охлаждения на воздухе до 20° С образец испытывают на разрыв с помощью универсального прибора 083М. Плотность клея проверяют объемным методом или денсиметром.

Швы склеенных стержней, дефекты форм заделывают замазками. Например, для форм и стержней чугунных отливок они состоят из 65% песка 2К063, 20% серебристого графита и 15% каолиновой глины. Контролируют пластичность замазок и правильность дозирования компонентов при изготовлении.

Припылы используют для уменьшения прилипаемости формовочной или стержневой смеси к модельной оснастке. Припылы не должны смачиваться водой или связующим. Контролируют смачиваемость припыла и его кроющую способность водой.

Для определения смачиваемости припыла изготавливают стандартный образец из формовочной смеси, влажность которой 7—8%. На фильтровальную бумагу наносят припыл и устанавливают образец смеси, нагружают его гирей массой 200 г, помещают вместе с фильтровальной бумагой в эксикатор на 30 мин. Если после этого фильтровальная бумага остается сухой, то припыл не обладает смачиваемостью, негигроскопичен, следовательно, пригоден к использованию.

Для определения кроющей способности припыла в кювету наливают дистиллированную воду. На нее устанавливают два металлических бруска, натертых парафином. На поверхность воды между брусками насыпают навеску припыла, которую распределяют затем по поверхности воды, сдвигая и раздвигая бруски без отрыва от краев кюветы. Площадь пленки без разрывов должна быть максимальной. Кроющая способность припыла равна площади поверхности между брусками.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изложите методику определения содержания глинистой составляющей в песках.
2. Расскажите о методе контроля гранулометрического состава формовочных песков (на примере метода ситового анализа).
3. Изложите методику контроля влажности формовочных смесей.
4. Расскажите о методе контроля газопроницаемости песков. Приведите формулу расчета газопроницаемости песков и смесей.
5. Перечислите классы формовочных песков в соответствии с ГОСТом.
6. Расскажите о классификации формовочных глин по ГОСТу. Расскажите об основных методиках контроля связующих материалов.
7. Изложите методику контроля прочности формовочных смесей в сыром и сухом состояниях.
8. Дайте характеристику и назовите области применения единых, наполнительных и облицовочных смесей.
9. Перечислите контролируемые параметры формовочных смесей.
10. Назовите контролируемые параметры ЖСС и ХТС.
11. Перечислите контролируемые параметры вспомогательных формовочных материалов, дайте краткую характеристику методов их контроля.

КОНТРОЛЬ ПЕСЧАНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

КОНТРОЛЬ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ

По сложности и назначению стержни подразделяют на 5 классов.

К стержням I класса относят стержни сложной конфигурации с очень тонкими сечениями, небольшими размерами знаков (ленточные стержни). Они должны быть изготовлены из смеси с высокой прочностью в сухом состоянии и высокой газопроницаемостью ($\sigma_{\text{сух}} \geq 15$ кгс/см²; $\Gamma \geq 150$). К чистоте поверхности отливки, обрабатываемой стержнями, предъявляются повышенные требования. Стержни I класса, как правило, оформляют необрабатываемые внутренние поверхности сложных отливок.

Стержни II класса имеют массивные части в сочетании с тонкими выступами, перемычками, большие знаковые части ($\sigma_{\text{сух}} = 10—15$ кгс/см², $\Gamma = 120—150$). Они оформляют необрабатываемые полости отливок.

Стержни III класса — стержни средней сложности, не имеющие очень тонких сечений. Это центровые стержни, формирующие необрабатываемые и обрабатываемые поверхности отливок ($\sigma_{\text{сух}} = 5—10$ кгс/см², $\Gamma = 90—120$).

Стержни IV класса простой конфигурации, оформляют наружные или внутренние обрабатываемые поверхности отливок. К чистоте поверхности отливок высоких требований не предъявляют ($\sigma_{\text{сух}} = 3—5$ кгс/см², $\Gamma = 60—90$).

Стержни V класса массивные, с развитыми знаковыми частями, имеют простую конфигурацию (прочность в сыром состоянии $\sigma_{\text{сыр}} = 0,7$ кгс/см², $\sigma_{\text{сух}} = 3$ кгс/см², $\Gamma = 60$).

Все стержни должны обладать высокой прочностью в сухом состоянии, высокой газопроницаемостью при заливке и затвердевании формы, низкой газотворной способностью и хорошей податливостью.

В единичном производстве стержни изготавливают в деревянных стержневых ящиках ручной формовкой. Применяют песчано-глинистые стержневые смеси с быстротвердеющими связующими, смеси на жидком стекле, упрочняемые углекислым газом, жидкие самоотвердеющие смеси и смеси холодного твердения.

В серийном производстве применяют, в основном, машинные методы изготовления стержней: пескодувный, пескострельный, пескометный. Используют смеси с быстротвердеющими связующими и преимущественно металлическую оснастку.

В массовом производстве применяют механизированные и автоматические установки, используют только металлическую оснастку. Большинство стержней, в целях повышения их точности, производят в нагреваемой оснастке.

Мастер цеха и технолог должны проверить правильность изготовления стержневых ящиков, т. е. наличие уклонов, подъемов, креплений, фиксаторов и т. п., состояние сушильных и надувных плит, вент, правильность окраски (деревянных ящиков) и надписей на ящиках (маркировку), выполнение вентиляционных каналов. Технолог цеха оформляет письменное разрешение на запуск ящиков в производство.

При ручной формовке проверяют наличие стержневых ящиков, необходимых для изготовления комплекта стержней к литейной форме, наличие отъемных частей и их исправность. Необходимо проверить правильность сборки ящиков. Нельзя использовать стержневые ящики с качающимися отъемными частями, трещинами, забоинами, короблением, а также без фиксаторов отъемных частей и стенок, без соответствующих подъемов.

При изготовлении стержней на машинах по металлической оснастке перед началом работы необходимо проверить наличие отъемных частей в ящике, правильность монтажа ящика на столе машины, легкость извлечения стержней, наличие стоек для каркасов, соответствие размеров надувной плиты машины и отверстий в ней используемому в данный момент стержневому ящику. Эти отверстия в плите и ящике должны совпадать. Проверяется наличие, исправность и фиксация вентиляционных устройств в стержневом ящике и надувной плите. Обязательно надо проверить работу зажимных приспособлений для ящиков.

Разделительные покрытия на рабочую поверхность стержневого ящика необходимо наносить перед каждым циклом изготовления стержней. На поверхности ящиков для стержней I—III классов сложности наносят керосин и серебристый графит, а для стержней IV—V классов сложности — смесь керосина и мазута. При изготовлении стержней из жидких самотвердеющих смесей стенки ящиков окрашивают химически стойким или эпоксидным лаками, а в качестве разделительных покрытий применяют водный раствор хлористого кальция с добавками поверхностно-активных веществ.

Соответствие стержневой смеси требуемым показателям проверяется по паспорту. Степень уплотнения контролируют твердомерами (рис. 38). Работа твердомера основана на вдавливании в поверхность стержня стального шарика диаметром 10 мм под действием усилия до 9,8 Н (для сырых смесей), создаваемого пружиной. Твердомер имеет шкалу, размеченную в условных единицах твердости. Твердость смеси косвенно характеризует степень уплотнения стержня.

Стержни из песчано-глинистой смеси уплотняют до твердости 70—80 ед. Выступающие части должны иметь твердость на 5—10 ед. больше твердости основного тела стержня. Необходимо контролировать установку шпилек с целью упрочнения выступающих частей. Твердость песчано-масляных жидких самотвердеющих, холоднотвердеющих смесей в сыром состоянии не регламентируется.

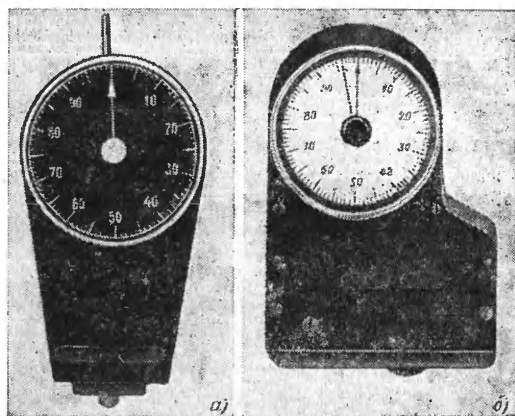


Рис. 38. Твердомеры для сырых (а) и сухих (б) форм

Для упрочнения стержней используют металлические каркасы: проволоочные для мелких, а литые (или комбинированные) для крупных стержней. Каркасы не должны препятствовать усадке стержня при сушке и создавать препятствий усадке металла отливки. Они должны быть прочными и жесткими, легко удаляться из отливок при выбивке стержней. Низкая прочность каркаса ведет к деформации стержней, упругость — к отслаиванию формовочной смеси, нарушению геометрической точности стержня и образованию в нем трещин. Контроль правильности установки каркасов в стержневой ящик ведется в процессе работы стерженщика. Проволоочные каркасы изготовляют из отожженной стальной проволоки диаметром 4—10 мм и устанавливают в стержни размером до 500 мм. В более крупные стержни устанавливают литые каркасы или литые в сочетании с проволоочной арматурой. Не допускается установка каркасов с трещинами, заливами, неровностями, а также нагретых каркасов. Расстояние между каркасом и боковой стенкой ящика зависит от размеров последнего и составляет 10—15 мм для мелких стержней и 50—55 мм для более крупных (размером 1000—1500 мм).

Для облегчения отвода газов в стержне выполняют вентиляционные каналы, контролирует которые мастер стержневого участка или технолог цеха. Частота контроля определяется видом производства и организацией работ в цехе. Наличие и глубину вентиляционных каналов контролируют визуально, выборочным откапыванием (в крупных стержнях), сухой иглой в сухих стержнях. В стержнях I—IV классов сложности отвод газов обеспечивают проложенные в них фитили (хлопчатобумажные шнуры со слоем воска) и капроновые шнуры, выведенные в знаковые части стержней. В знаковых частях делают наколы иглой. Для образования каналов в теле стержня в него закладывают иглу, которую затем извле-

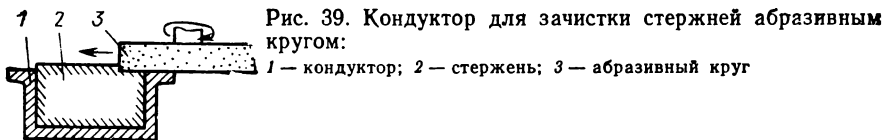


Рис. 39. Кондуктор для зачистки стержней абразивным кругом:

1 — кондуктор; 2 — стержень; 3 — абразивный круг

кают. Для этой же цели в центральную часть средних, а также крупных стержней закладывают наполнители (керамзит, куски отработанных стержней, кокс и т. п.), одновременно выполняют наколы в их знаковых частях.

Необходимо проверять число и расположение подъемов для сборки и транспортирования стержней. Стержни для вновь запускаемых в производство отливок подвергают 100%-ному осмотру, при установившемся производстве их контролируют периодически.

В зависимости от типа связующего стержневой смеси, назначения, габаритных размеров стержни упрочняют сушкой, подсушкой, или они упрочняются за счет химических реакций между связующим и катализаторами. Режимы тепловой сушки и подсушки проверяет контролер бюро цехового контроля (БЦК). При этом регистрируется скорость подъема температуры в сушиле, температура и продолжительность сушки, скорость охлаждения. Контролер пользуется показаниями приборов. Такой контроль проводят не менее 2 раз в смену.

О прочности стержней химического упрочнения судят по испытаниям, выполняемым на стандартных образцах, в основном, это испытание прочности образцов на разрыв.

Качество окрашенной поверхности стержня проверяется визуально, а также измерением толщины слоя краски на стержне. Стержни до сушки окрашивают окунанием в краску, мягкой кистью, пульверизатором, после сушки — кистью. Краска во всех случаях должна быть нанесена ровным слоем без подтеков. Допускается использование только свежеприготовленной краски. Срок хранения красок не более 24 ч. Стержни на масляных связующих не окрашивают.

Готовые части стержней склеивают. Склеиваемые поверхности обрабатывают в кондукторах (рис. 39). Прочищают вентиляционные каналы. Швы в местах склеивания должны быть тщательно промазаны огнеупорной глиной, высушены и окрашены. После склеивания стержней проверяют их конфигурацию и размеры измерительными инструментами или шаблонами, наличие подтеков клея, прочность стержней после склеивания.

КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ФОРМ

Изготовление литейной формы является многооперационным процессом. В связи с этим причиной дефектов форм может быть любая операция формовки.

При ручной формовке дефекты могут быть связаны с некачественным уплотнением форм. Низкая плотность смеси приводит к

разрушению их при транспортировании на участок сборки, при сборке и заливке. Послойное уплотнение смеси, практически всегда применяющееся при ручной формовке, может служить причиной недостаточного уплотнения смеси, особенно у модели. Недостаточная плотность смеси может быть получена при осадке модели в условиях почвенной формовки. Все это может быть причиной появления осыпания, обвалов, размыва смеси металлом и возникновения пригара, песочных раковин и засоров в отливке.

Чрезмерное уплотнение приводит к уменьшению газопроницаемости смеси, а это, в свою очередь, к возникновению газовых раковин в отливке. Чрезмерно уплотненная смесь обладает пониженной податливостью, что может быть причиной образования трещин в отливках.

Отсутствие шпилек в выступающих частях форм, свисающих болванах вызывает их разрушение при транспортировании и заливке. Перекос модели при извлечении из формы может привести к частичному разрушению формы. Раскачивание модели перед извлечением из формы снижает точность полости формы.

Применение влажных смесей при изготовлении крупных форм плоских отливок приводит к образованию ужимин. Большое значение имеет качество окрашивания рабочей поверхности крупных форм, а также вентилирование форм и стержней.

Недостаточное высушивание форм может быть причиной образования различных дефектов на поверхности отливок и газовых раковин.

Основными дефектами литейных форм при машинной формовке являются: слабое или, наоборот, чрезмерное уплотнение смеси, трещины и расслоение смеси.

Причины плохого уплотнения: некачественное изготовление оснастки, наличие острых углов на моделях, использование тонкостенных опок, модели, вибрирующие при работе машин; близкое расположение крестовин опок к модели и др. Причиной может быть также неправильно приготовленная формовочная смесь. Форма недоуплотняется, если ее масса превышает грузоподъемность машины или давление сжатого воздуха в магистрали ниже требуемого, или же существуют другие неисправности в работе формовочной машины.

Чрезмерное уплотнение форм имеет место при назначении большого числа ударов во время работы встряхивающей машины, высоком давлении сжатого воздуха, а также при некоторых неисправностях в работе машины.

Трещины и расслоение форм возникают при недостаточной продолжительности вибрации стола формовочной машины при извлечении модели из формы, при короблении встряхивающего стола, недостаточной его жесткости.

При недостаточной жесткости опоки, модельных плит, короблении плит (если покороблены встряхивающий или поворотный стол), а также по причине неисправности узлов машины, например, амортизаторов, возникает местное перемещение смеси.

В процессе изготовления литейной формы подлежат контролю наиболее ответственные операции. Контроль модельной оснастки при единичном и серийном производстве отливок ведут формовщик, мастер, технолог литейного цеха. Они осматривают поверхности деревянных и металлических моделей, элементы литниковых и вентиляционных систем, опоки, штыри, проверяют комплектность моделей, например, наличие отъемных частей. Формовщик осуществляет контроль постоянно, мастер формовочного участка — перед началом смены, технолог — 2—3 раза в месяц. К эксплуатации не допускаются деревянные модели со сколами и трещинами, металлические модели с забоинами, некомплектная оснастка, покоробленные плиты, опоки с короблением по плоскости разъема и без ребер жесткости, с центрирующими штырями и втулками, износ которых больше нормы. В массовом производстве контролируют, в основном, износ моделей и центрирующих элементов. Контроль осуществляют измерительным инструментом.

В единичном и серийном производстве при использовании облицовочных и наполнительных смесей необходимо контролировать толщину облицовочного слоя смеси, наносимого на модель. Толщина слоя облицовочной смеси зависит от массы отливки и типа формы (сырой, подсушенной, сухой).

Для отливок массой 20 кг и более, изготавливаемых в сырых формах, толщина слоя облицовочной смеси 10—20 мм, для отливок массой 100 кг и более, получаемых в подсушенных формах — 15—50 мм. В сухих или химически твердеющих формах для крупных отливок слой облицовочной смеси 40—120 мм.

В единичном производстве формы, упрочняемые литейными шпильками, крючками, колышками, контролируют визуально в процессе формовки. Обычно выступающие бобышки, ребра, углы форм, поверхность форм в зоне расположения каналов литниковой системы, исправленные места укрепляют шпильками через каждые 25—100 мм. В массовом производстве эти приемы не используют, а необходимой прочности форм добиваются за счет улучшения свойств смеси. Степень уплотнения сырых форм определяют твердомером. Она должна повышаться с увеличением массы отливок. Твердость нижних полуформ обычно на 5—10 ед. больше, чем верхних, так как нижние полуформы воспринимают давление расплава. Степень уплотнения форм контролируют формовщик (постоянно), мастер и технолог (периодически).

Расположение вентиляционных каналов в мелких и крупных формах в единичном и серийном производстве контролируют в процессе изготовления форм. При этом проверяют глубину вентиляционных каналов тонкой металлической иглой.

На 1 дм² поверхности формы размером 800×700 мм делают обычно 4—5 вентиляционных канала, а на 1 дм² поверхности формы размером более 1000×800 мм — 2—4 канала.

С целью предотвращения образования усадочных раковин и пористости в массивных частях отливки используют наружные и внутренние металлические холодильники. Не допускается исполь-

зование холодильников несоответствующей конфигурации, с коррозией на поверхности. У литниковых систем устанавливают новые холодильники (не бывшие в употреблении). Окрашивают холодильники вместе с формой.

Тип и размеры литниковой системы, размеры и место установки питающих отливку прибылей, бобышек назначает и рассчитывает технолог литейного цеха. Контролер (мастер или технолог) проверяет расположение в форме элементов литниковой системы по технологической карте. В единичном и серийном производстве литниковую систему выполняют в форме с помощью моделей, изготовленных из металла, пластмассы или дерева. В крупных формах литниковую систему выполняют шамотными трубками длиной до 300 мм или изделиями из жидкостекольных смесей. Литниковые системы прорезать вручную не рекомендуется.

В массовом производстве модели элементов литниковой системы укреплены на металлической модельной плите. Для некоторых формовочных автоматов модель чаши крепится на прессовой плите, а модель стояка и другие элементы литниковой системы — на модельной плите. Контроль сводится, в основном, к проверке жесткости крепления этих элементов.

КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ ИЗ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

При формовке контролю подлежат физико-механические свойства облицовочной и наполнительной смеси. Измеряют прочность смесей по-сырому и в отвержденном состоянии, влажность, газопроницаемость. Кроме этого, измеряют толщину слоя облицовочной смеси. При наличии вентиляционных каналов в форме измеряют их глубину и расстояния между ними.

У связующих — смол марок КФ-35, КФ-90 (карбамидо-фурановые связующие) необходимо измерить вязкость и содержание молекулярного азота. Проверяют и регистрируют в журнале номер партии катализатора (фосфорные кислоты, бензосульфокислоты и др.), содержание смолы и катализатора в смеси, а также живучесть смеси. Сравнивают эти данные с приведенными в технологической инструкции.

КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ ИЗ ПЛАСТИЧНЫХ САМОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

Слой такой облицовочной смеси должен составлять после уплотнения 50—120 мм. Особое внимание надо обращать на толщину этого слоя около углов модели. Если смесь затвердеет до уплотнения, ее полностью удаляют с модели, наносят еще раз и уплотняют.

При облицовке вертикальные стенки формы, болваны упрочняют крючками, которые устанавливают через 100—200 мм. Расстоя-

ние от поверхности модели до крючков должно быть не менее 10—15 мм.

Наполнительная смесь уплотняется слоями по 50—150 мм. Это относится к формовке пневмотрамбовками и пескометной формовке. После извлечения модели и отъемных частей форму отделяют — зачищают швы. Поврежденные места ремонтируют с использованием самотвердеющей смеси. Точность участков сложной конфигурации контролируют шаблонами, плоские участки — деревянными линейками. Слабо уплотненные формы и формы с большими повреждениями к использованию не допускаются.

После изготовления формы окрашивают. Краску подсушивают пламенем газовой горелки. При окраске форм быстросохнущими красками смесь должна полностью затвердеть (форма должна выстоять после формовки не менее 4 ч). Быстросохнущие краски пламенем подсушивать не рекомендуется. Время выдержки форм перед заливкой 8—16 ч.

КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ

Оболочковыми называют разовые тонкостенные химически твердеющие литейные формы. В качестве связующих используют синтетические термореактивные смолы (феноло-формальдегидные, карбамидные и др.). С целью ускорения твердения в эти смолы вводят 6,3—10% уротропина, который в данном случае является катализатором. Для оболочкового литья выпускается связующее ПК-104. Это порошкообразная смесь феноло-формальдегидной смолы марки 104 с 8% уротропина.

Формовочная смесь, состоящая из кварцевого песка и связующего ПК-104, отверждается при 300°С в течение 1—2 мин. Для контроля подвижности связующего в расплавленном состоянии используют прибор, показанный на рис. 40. Он представляет собой пресс-форму, состоящую из двух стальных полуформ, двух элект-

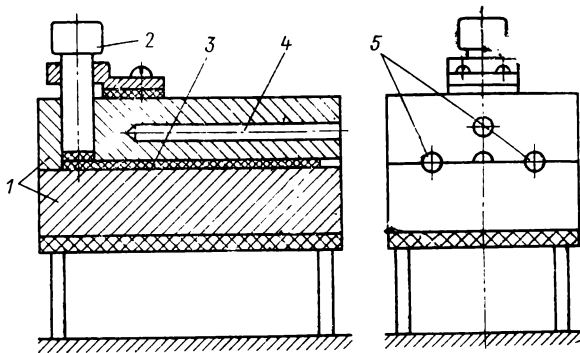


Рис. 40. Прибор для контроля подвижности связующего ПК-104:

1 — пресс-форма; 2 — пуансон; 3 — связующее; 4 — отверстие для термометра; 5 — нагреватель

ронагревательных элементов, пуансона массой 260 г, направляющего устройства для пуансона и средств регулирования температуры нагрева полуформ. Температура полуформ контролируется термометром с ценой деления 1°. Его устанавливают в отверстие верхней полуформы.

Взвешивают 3 г связующего, предварительно высушенного и выдержанного в эксикаторе. Пуансон извлекают из полуформы, пресс-форму нагревают. При 140°С через воронку засыпают связующее и без усилия опускают холодный пуансон. Расплавленное связующее течет по каналу. По длине смоляного прутка оценивают подвижность связующего. Нормальная подвижность 40—90 мм.

Для определения степени измельчения связующего ПК-104 взвешивают 40 г связующего, просеивают через сито 01. Остаток переносят на гладкую бумагу и взвешивают. Степень измельчения

$$I = \frac{R_1}{R} 100\%,$$

где R_1 — масса остатка на сите после просева; R — масса навески связующего.

Вязкость жидких связующих контролируют вискозиметром ВЗ-4.

Степень кислотности определяют при синтезе связующего, а также при подборе катализатора и его количества, необходимого для отверждения смолы. Распространен метод Михаэлиса, основанный на изменении окраски бумажных индикаторов в зависимости от водородного показателя раствора.

Для определения скорости отверждения 0,5—2,0 г связующего (или связующего, смешанного с катализатором) наносят на нагретую до 150°С металлическую поверхность электрической плитки. Временем отверждения считают время, необходимое для превращения смолы в твердое состояние.

Перед приготовлением стержневых смесей контролируют температуру песков, она должна быть не выше 30°С. Образцы из песчано-смоляных смесей в упрочненном состоянии испытывают на прочность при изгибе, газопроницаемость, газотворную способность, сыпучесть, выбиваемость. Кроме того, контролируют живучесть, прочность, скорость отверждения, гигроскопичность связующих.

В процессе изготовления форм контролируют температуру печи, оснастки, стабильность режимов, точность оснастки, т. е. износ подвижных частей и рабочих поверхностей, оформляющих полуформу.

Бракованные формы получают при склеивании покоробленных оболочек, так как могут образовываться трещины. Коробление оболочковых форм может произойти из-за усадки смолы при ее отверждении, разности температур верхнего и нижнего слоев смеси. Газовые раковины, в отливках образуются в процессе заливки формы. Пригар может появиться в нижней части высоких отливок и в случае применения крупнозернистых песков.

КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ ПО ПЕНОПОЛИСТИРОЛОВЫМ МОДЕЛЯМ

Особенность технологического процесса изготовления отливок по пенополистироловым моделям состоит в том, что модель после формовки не извлекают, она испаряется под действием теплоты расплавленного металла. Пенополистирол размягчается при $80-82^{\circ}\text{C}$, плавится при 164°C , при 310°C испаряется, при 570°C горит.

Такие модельные комплекты используют при изготовлении крупногабаритных отливок из чугуна и стали в единичном производстве (рис. 41), отливок повышенной точности в формах с сыпучим (сухим) огнеупорным наполнителем в серийном производстве. При производстве стальных отливок из пенополистирола делают модели закрытых прибылей, питающих массивные места отливок. Для изготовления моделей используют блочный пенополистирол (плиты) ПСБ-Л. Его плотность $0,016-0,03\text{ г/см}^3$. Размер плит: толщина $25-100\text{ мм}$, длина $500-1500\text{ мм}$, ширина $400-700\text{ мм}$. Предел прочности при статическом изгибе не менее $9,8 \times 10^4\text{ Н/м}^2$.

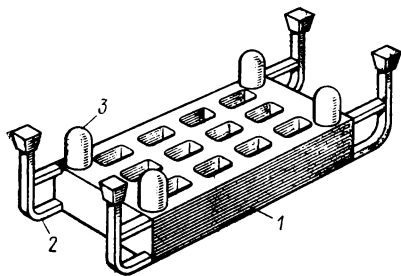


Рис. 41. Модельный комплект из пенополистирола для получения отливки штампа:

1 — модель; 2 — стояк; 3 — прибыль

Литейные модели из плит пенополистирола изготавливают обработкой резанием: фрезерованием, строганием, шлифованием, точением при больших скоростях резания ($500-5000\text{ м/мин}$). При обработке может быть использовано обычное деревообрабатывающее оборудование. Разметку плит пенополистирола проводят измерительным и разметочным инструментом.

При формовке небольшие, но длинные модели располагают в форме вертикально, крупные — горизонтально. Прибыли и выпоры выполняют закрытыми, чтобы уменьшить выброс газов и сажи в атмосферу цеха.

При изготовлении отливок применяют нижнюю литниковую систему, вместо стояков используют керамические трубки. Скрепляют части крупных моделей шипами, шпильками или склеивают. В качестве клея применяют $20-40\%$ -ный раствор поливинилбутираля в этиловом спирте, либо поливинилацетатную эмульсию. В последнем случае склеенные поверхности выдерживают 3 ч под небольшой нагрузкой при $20-25^{\circ}\text{C}$. Галтели крупных моделей вклеивают или крепят шпильками. Модель делают без формовочных уклонов.

Мелкие модели прибылей изготавливают в специальных пресс-формах. В качестве материала модели используют гранулы полистирола, вспениваемые при тепловой обработке. Тепловую обработку гранул проводят в ваннах с кипящей водой или в автоклаве

при давлении пара 1,2 атм и температуре 120° С. Сначала гранулы подвспенивают, затем охлажденные и высушенные гранулы помещают в пресс-форму и производят окончательное вспенивание. Время окончательного вспенивания горячей водой 15—20 мин, при вспенивании паром по методу теплового удара оно уменьшается до 2—2,5 мин.

Модели из пенополистирола — разовые. В случае брака отливки требуется изготовить новую модель, поэтому необходимо контролировать все операции изготовления моделей и отливок.

Контролируют качество модели, т. е. определяют качество поверхности и окраски, точность размеров и прочность после склейки. Измеряют плотность, кроющую способность противопожарных красок, изготовленных в каждом замесе. Проверяют каждую партию смол и кислот, поступивших в цех, технологические свойства формовочных смесей (не менее 2 раз в смену). Так же контролируют качество уплотнения облицовочной смеси. В каждой форме проверяют правильность устройства литниковой системы, вентиляционных каналов, прибылей. При заливке измеряют температуру расплава. Каждую отливку подвергают контролю.

Основные дефекты отливок: газовые подкорковые раковины, раковины от коксового остатка, поверхностное науглероживание отливок.

КОНТРОЛЬ СБОРКИ ФОРМ

Сборка форм в единичном производстве, где еще значительная часть операций выполняется вручную, продолжает оставаться трудоемкой операцией. Она требует высокой квалификации сборщиков. В серийном производстве она механизирована, в массовом автоматизирована, что позволяет получать продукцию более высокого качества.

Документацией при проведении контроля сборки служит чертеж отливки с нанесенными на него указаниями по технологии изготовления, технологические инструкции по сборке форм. Работники ОТК периодически контролируют технологические процессы сборки форм по разработанным графикам. Ответственные операции контролируют постоянно. При сборке может произойти перекос полуформ, обвал смеси. Неправильный порядок установки стержней также приводит к браку.

Перед сборкой контролируют качество полуформ. Проверяют плоскости, кромки, плоскости разъема формы, четкость конфигурации выступов, бобышек, поднутрений, галтелей. Непрокрашенные или залитые краской места не допускаются. Мелкие формы контролируют выборочно, крупные и средние подлежат 100%-ному контролю.

Контролируют глубину подсушки полуформ. Не допускаются к сборке полуформы с остаточной влажностью более 0,5%. Такие полуформы направляют на повторную сушку. Пересушенные по-

луформы с осыпающейся поверхностью не используют. Контроль ведут влагомерами.

Не допускаются к сборке полуформы без вентиляционных каналов с большими трещинами, разрушенными отдельными частями, с недостаточной плотностью смеси. Небольшие трещины и подрывы заделывают соответствующей формовочной смесью, окрашивают противопопригарной краской. Более крупные трещины расширяют ланцетом, смазывают клеем на основе жидкого стекла, исправляют облицовочной смесью.

Мелкие дефекты полуформ из ХТС, сухих полуформ исправляют смесями на жидком стекле с предварительной их обмазкой клеем. Затем эти места обдувают углекислым газом или сушат газовой горелкой, красят противопопригарной краской.

Перед сборкой форм контролируют внешний вид доставленных стержней, их температуру. Она должна быть не выше 100° С. Сборщик форм должен контролировать качество стержней постоянно, мастер — 2—3 раза в смену. Остаточную влажность стержней контролируют так же, как и форм, если продолжительность хранения превышает 48 ч. Пыль с поверхностей удаляют сжатым воздухом. Неокрашенные поверхности подкрашивают и просушивают газовой горелкой. Вентиляционные каналы и подъемы, забитые смесью, расчищают.

Ремонт стержней ведут аналогично ремонту форм. Стержни со значительными повреждениями, искажениями конфигурации, с некачественно изготовленными подъемами, а также пересушенные стержни с осыпающейся смесью к сборке не допускаются.

Стержни устанавливают в форму в последовательности, определенной технологом. На чертеже отливки их нумеруют. Первым устанавливают стержень 1, затем стержень 2 и т. д. Нарушение последовательности сборки стержней приводит к браку отливок. Установка стержней с помощью подъемных механизмов должна проводиться со скоростью не более 2 м/мин. Не должно быть перекосов, угловых и линейных смещений. Стержни должны быть надежно закреплены в форме знаками и фиксаторами на знаках, жеребейками, металлическими гвоздями. Знаки и фиксаторы применяют практически для любых стержней в единичном, серийном, массовом производстве.

Жеребейки используют, в основном, в единичном и мелкосерийном производстве. Для отливок, подвергающихся гидроиспытаниям, они должны быть покрыты оловянно-свинцовым сплавом. Жеребейки должны быть жесткими и прочными.

При сборке форм контролируют точность установки стержней относительно поверхности, которая является базовой при разметке для обработки отливок резанием. В единичном производстве положение стержней в форме проверяют штангенциркулями, линейками, складными метрами, рулетками. В серийном и массовом производстве контроль выполняют шаблонами. Их изготавливают с учетом усадки сплава, припусков на обработку отливки резанием, уклонов и т. п.

В массовом производстве отливок со сложными внутренними полостями, когда в форму необходимо устанавливать большое число стержней, находит применение способ предварительной сборки стержней. Их устанавливают в специальном кондукторе, закрепляют пневматическими зажимами. Собранный таким образом комплект стержней по направляющим штырям устанавливают в форму. В полости формы стержни фиксируются уже своими знаками, пневматические зажимы освобождаются и кондуктор снимают с опоки.

После установки стержней визуально контролируют заделку доступных стыков между ними и формой. Необходимо проверять качество заделки мест расположения подъемов стержней. Все места заделок подсушивают. В крупных стержнях подъемы заклеивают сухим стержнем.

С целью предотвращения вытекания металла по плоскости разъема прокладывают асбестобитумный шнур или глиняные валики по периметру формы, вокруг вентиляционных каналов, по знакам стержней или выполняют подрезку формы по периметру (глубина 15—20 мм). Выполнение этой операции контролируют мастер и технолог сборочного участка.

Перед заливкой формы скрепляют. Способ скрепления зависит от размера опок; скрепляют скобами, болтовыми стяжками или накладывают груз на верхнюю полуформу. В массовом производстве накладывают груз на верхнюю полуформу с помощью специального контейнера.

Масса груза для форм без стержней

$$P_{\text{гр}} = k_{\text{зап}} [H_{\text{в.ф}} (F_{\text{отл}} + F_{\text{лит}}) \gamma_{\text{м}} - g],$$

со стержнями

$$P_{\text{гр.ст}} = k_{\text{зап}} [H_{\text{в.ф}} (F_{\text{отл}} + F_{\text{лит}}) \gamma_{\text{м}} + (\gamma_{\text{м}} - \gamma_{\text{ст}}) V_{\text{ст}} - g],$$

где $k_{\text{зап}} = 2 \div 4$ — коэффициент запаса, учитывающий гидравлический удар; $H_{\text{в.ф}}$ — высота верхней полуформы; $F_{\text{отл}}$ — площадь горизонтальной проекции отливки на плоскость разъема; $F_{\text{лит}}$ — площадь литниковой системы в разъеме формы; $\gamma_{\text{м}}$ и $\gamma_{\text{ст}}$ — плотность металла и стержней; $V_{\text{ст}}$ — объем стержня без знака; g — масса верхней полуформы.

Крупные формы необходимо нагружать грузом очень большой массы. Под действием такого груза форма может быть разрушена. Поэтому ее нагружают так называемым «ложным грузом», который опирается не на форму, а на стальные балки, расположенные вне формы.

Собранные сухие формы и формы химического твердения можно хранить не более 7—8 ч, подсушенные не более 3 ч, сырые не более 1 ч.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о классификации стержней.
2. Как контролируют стержневые ящики?

3. Расскажите о контроле стержней при изготовлении.
4. Назовите основные операции контроля готовых стержней.
5. Перечислите основные дефекты литейных форм, образующиеся при ручной и машинной формовке.
6. Расскажите о проведении контроля литейной формы в процессе ее изготовления.
7. Как проверяют правильность выполнения литниковой системы в форме?
8. Перечислите основные контрольные операции при изготовлении форм из холоднотвердеющих и пластичных самотвердеющих смесей.
9. Расскажите о контроле изготовления оболочковых форм и форм, изготовленных по пенополистироловым моделям.
10. Перечислите контрольные операции при сборке литейных форм.
11. Как рассчитать массу груза для литейной формы?

Глава 6

КОНТРОЛЬ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ТРЕБОВАНИЯ К ШИХТОВЫМ МАТЕРИАЛАМ

Шихтовыми материалами в литейном производстве называют металлы, сплавы, лигатуры, раскислители, шлакообразующие добавки, используемые при получении расплавов. Составными частями шихты являются: первичные металлы и сплавы, получаемые с металлургических заводов, вторичные металлы и отходы (лом черных и цветных металлов), ферросплавы и лигатуры, получаемые с металлургических заводов, возврат собственного литейного производства (литники, прибыли, бракованные отливки), отходы обработки резанием — стружка, бракованные детали. При выплавке любых литейных сплавов необходимо использовать шихту известного происхождения. Она должна содержать лишь допустимое количество вредных примесей и окислов (например, ржавчины), неметаллические включения должны отсутствовать. Флюсы не должны содержать влагу и иметь минимальное количество примесей.

Первичные металлы и сплавы. К ним относят поставляемые в соответствии с ГОСТами и ТУ доменный чугун (литейный, переделный, специальный), ферросплавы, металлы (медь, алюминий, магний, цинк, никель и др.), металлический марганец, кристаллический кремний, а также первичные сплавы алюминия и магния, поставляемые металлургическими заводами.

Вторичные черные металлы и отходы поставляют в соответствии с ГОСТ 2787—75. Они включают нелегированный и легированный стальной лом, низколегированную и высоколегированную сталь, чугунный лом, брикеты из стальной или чугунной стружки и в зависимости от химического состава, назначения, качества и размеров кусков разделяются на 3 вида (стальной лом, чугунный лом, доменный присад). 2 категории (А — нелегированные, Б — легированные отходы), 53 группы (7 групп для нелегиро-

ванных и 46 для легированных отходов) и 3 класса (I, II, III) по состоянию поставки, чистоте и габаритным размерам.

В свою очередь лом подразделяют на оборотный и привозной. Оборотный состоит из отходов производства данного завода, т. е. литников, прибылей, бракованных отливок, скрапа и т. п. Привозной лом поступает с заготовительных баз. Это многосортный по химическому составу материал. Контролем химического состава лома устанавливают наличие примесей.

Лучший лом I класса для мартеновских печей имеет размеры до $1200 \times 500 \times 500$ мм, для электросталеплавильных печей — $600 \times 350 \times 250$ мм и отличается небольшим количеством примесей. Лом II класса — это мелкий легковесный, засоренный примесями до 2—3% от его массы. Стальной и чугунный лом, отходы для вагранок должны иметь размеры до $300 \times 200 \times 150$ мм, массу не более 40 кг. Масса горячепрессованных брикетов для вагранок также не должна превышать 40 кг. Металлолом и стружка не должны быть проржавленными, допускается только налет ржавчины на поверхности.

Ферросплавы и лигатуры. Ферросплавы — сплавы железа с различными элементами, например, хромом, марганцем. Их применяют при выплавке специальных сталей и чугунов. Основное назначение ферросплавов — легирование стали и чугуна, доведение химического состава до заданного. Ферросплавы используют также для раскисления стали и чугуна. Основное требование к ним — соответствие химического состава заданному, минимальное количество влаги.

При выплавке цветных сплавов используют лигатуры — сплавы легкоплавких элементов с тугоплавкими. Лигатуры применяют для введения в сплав элементов более тугоплавких, чем основной металл. Они должны содержать максимально возможное количество тугоплавких элементов, быть однородными по химическому составу. В изломе чушки лигатур должны быть мелкозернистыми, без ликваций, шлаковых включений.

Возврат собственного литейного производства переплавляют только после очистки от пригара (песка). Мелкие и сильно загрязненные отходы переплавляют, рафинируют, затем получают слитки и после химического анализа используют в качестве шихты. Отходы обработки отливок резанием (стружку) перед плавкой брикетируют.

Флюсы — минеральные вещества, добавляемые в шихту для понижения температуры плавления шлака, удаления золы из топлива в виде шлака, изменения вязкости и жидкотекучести шлака, защиты сплава от окисления, а также для удаления из расплава вредных примесей. Плотность флюсов должна быть ниже плотности сплава, температура плавления ниже температуры плавления сплава, для которого они предназначены. Легкоплавкие флюсы могут быть использованы также для рафинирования (очистки) расплава от окислов и газов, тугоплавкие применяют при плавке лигатур. Применяют основные, кислые и нейтральные флю-

сы. Основными содержат CaO , MgO , кислые — кремнезем SiO_2 , нейтральные — кислые и основные окислы одновременно, но в разных соотношениях.

При плавке чугуна в вагранке используют известняк, плавиковый шпат. В основном процессе мартеновской плавки стали, при плавке стали в дуговых печах применяют основные флюсы, известь, (известняк), в кислом мартеновском процессе — кислые (кварцевый песок). При плавке стали используют также и нейтральные флюсы (бой шамотного кирпича, глину и др.). С целью уменьшения вязкости шлаков вводят плавиковый шпат или флюорит, которые снижают температуру плавления флюса. При плавке цветных металлов используют покровные или защитные флюсы (буру, криолит).

Флюсы, поступающие на плавку, контролируют, подвергая химическому анализу. Шлаки — продукт сплавления флюсов и примесей — контролируют на жидкотекучесть, кислотность, проверяют структуру в изломе.

Рафинирующие средства и модификаторы. С целью очищения алюминиевых сплавов от неметаллических включений и предупреждения образования в отливках газовой пористости их подвергают рафинированию. Для рафинирования применяют хлор и газообразный азот в баллонах. Рафинирующим средством служит хлор, азот необходим для продувки магистрали и удаления из нее хлора.

Применяют также твердые вещества: хлористый цинк ZnCl_2 , хлористый марганец MnCl_2 , а также гексахлорэтан C_2Cl_6 , легко разлагающиеся при нагреве, реагирующие с алюминием с выделением газообразного AlCl_3 . Для измельчения структуры и повышения механических свойств отливок сплавы модифицируют солями щелочных металлов. В качестве модификаторов используют двойные соли (например, смесь 67% NaF и 33% NaCl), тройные соли (смесь 25% KF , 62,5% NaCl и 12,5% KCl). При плавке магниевых сплавов в качестве модификатора используют мел CaCO_3 , магнезит MgCO_3 , углекислый газ CO_2 , гексахлорэтан, а при их разливе — припылы: дисперсную серу (серный цвет), смесь серы и борной кислоты.

ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ

Основные документы, определяющие качество основных и вспомогательных материалов, поступающих на завод, — сертификат и паспорт. Без них использование материалов не допускается.

Материалы, имеющие сертификат, проверяют выборочно по усмотрению ОТК или полностью (100%) в лабораториях завода. Если в нем проставлены не все данные, требующиеся для использования материала в производстве, например, не отмечено содержание углерода, то проверяют те характеристики, которых нет в сертификате. Материалы, имеющие ограниченный срок хранения, под-

взвешивают в контрольному анализу и испытанию по истечении срока хранения, указанного в ТУ или ГОСТе.

Химические реактивы (химикаты), электроды и другие материалы подвергают первоначально контролю на соответствие сертификату, ГОСТу или ТУ. Контролируют также тару, упаковку, маркировку, условия и сроки хранения.

В табл. 8 приведены примерные нормы контроля шихтовых и вспомогательных материалов.

Таблица 8

Примерные нормы контроля шихтовых и вспомогательных материалов

Материал	Масса партии, т	Число контролируемых проб от партии	Контролируемая партия
Ферромарганец доменный	62	6	Каждая
Марганец металлический	0,1	6	Каждая третья
Медь фосфористая	0,05	5	Каждая третья
Литейный и передельный чугун	62	6	Каждая
Стальной и чугунный лом	20	5	Каждая десятая
Цинк	20	1 от каждой 50-й чушки	Каждая
Огнеупорный кирпич	62	1	Каждая третья

Правила приема и контроля шихтовых материалов, поступающих на склад завода. Контролер обязан внимательно проверить наличие и состояние всех сопроводительных документов, полученных вместе с грузом. Прием и контроль материалов производится в следующей последовательности. Все материалы, поступившие на завод, проверяют руководители групп входного контроля (ГВК). При отсутствии некоторых сопроводительных документов к моменту прибытия материалов их принимает ГВК, откладывает на специальной площадке до получения документов и составляет акт. При разгрузке и укладке в штабеля металлических чушек контролируют наличие бирок, клейм, маркировки, отсутствие поверхностных дефектов (визуально), размеры. После осмотра и регистрации ГВК дает заключение. На данную партию вешают бирку, где указывается марка металла, номер сертификата, дата приемки и ставится штамп ОТК. Приемка оформляется на обратной стороне сертификата.

Отбор проб металлов производят работники складов по требованию и под контролем работников ОТК в соответствии с ГОСТом или ТУ и действующими на заводе инструкциями, доставляют пробы в центральную лабораторию работники ОТК. С целью проверки правильности хранения на складах, площадках и транспортировки материалов работники ОТК проводят периодически инспекторский контроль.

Отбор проб стального и чугунного лома, чистых металлов и сплавов, ферросплавов, чушковых чугунов, известняка, железной

руды, плавикового шпата, огнеупоров и т. п. производят путем об-резки газопламенными горелками или отбивкой. Сыпучие материа-лы отбирают пробоотборниками, позволяющими усреднять состав.

Партия, проба которой отобрана, остается на складе, площад-ке ожидания до получения результатов лабораторных исследова-ний (партия условно маркируется, вешается бирка, указывающая, что от данной партии отобрана проба). Отобранные пробы реги-стрируются в специальном журнале. Одновременно с заполнением бланк-заказа, в котором указывается материал, номер плавки, по каким ГОСТам или ТУ производилась поставка и какие параметры необходимо проверить, контролер записывает исходные данные о принимаемой продукции в журнале приемки. Если в ТУ требуется только испытание твердости металла, то оно выполняется контро-лером ОТК. При выдаче металла со склада контролер приклады-вает к накладной выписку из сертификата, подписывает ее и ста-вит штамп.

Результаты исследований проб и образцов для ГВК поступают на бланках установленной формы. Металл, имеющий отклонение по химическому составу в пределах ГОСТа, используется в произ-водстве по разрешению начальника ОТК литейного цеха или ме-таллургического производства. На основании результатов осмотра, контрольных испытаний и лабораторных исследований руководи-тель ГВК делает заключение о соответствии и несоответствии пар-тии продукции ГОСТу или ТУ, подтверждая это своей подписью. О результатах приемки контролер сообщает работникам склада. Акты приемки, накладные и сертификаты хранятся на складах. Забракованные материалы обязательно маркируют масляной крас-кой красного цвета надписью «брак», изолируют от годных и со-ставляют акт. Составление акта на забракованную продукцию и взыскание с поставщика убытков производится в порядке, преду-смотренном действующими инструкциями, утвержденными Госу-дарственным арбитражем.

КОНТРОЛЬ ХРАНЕНИЯ, ПОДГОТОВКИ И ЗАГРУЗКИ В ПЛАВИЛЬНЫЕ ПЕЧИ

Хранение. На шихтовом дворе ведется контроль складирования и хранения металлического лома по сортам (согласно принятой классификации). Металлы, флюсы, раскислители хранятся строго по маркам. В литейном цехе лом должен находиться в бункерах или коробах, стружка — в коробках или брикетах. На бункерах нужно писать номер группы и наименование лома, номер группы стружки. Лом, содержащий легированные отходы, хранится от-дельно и применяется при выплавке легированных сталей.

При использовании вторичных цветных сплавов без предвари-тельной переплавки их разделяют по сортам и хранят отдельно. Отходы производства отливок из алюминиевых сплавов надо хра-нить на шихтовом дворе литейного цеха не только по сортам, но и

по назначению (для крупных слитков и для мелких отдельно), так как количество примесей в них по ГОСТам различно.

Подготовка. Крупный чугунный лом измельчают копром, крупный стальной лом разрезают кислородно-ацетиленовой горелкой или электрической дугой. Стальная и чугунная стружка должна составлять не более 10% от массы завалки. Целесообразно предварительно ее брикетировать холодным или горячим прессованием, так как объем уменьшается в 2—5 раз, и в таком виде стружку можно использовать до 25% от массы завалки. Собственный возврат для очистки от формовочной смеси необходимо обрабатывать в галтовочных барабанах непрерывного действия или дробеструйных камерах. Крупный возврат измельчают копром. Размеры кусков лома и других материалов должны быть меньше $1/3$ внутреннего диаметра вагранки, иначе ее производительность снизится или возникнет опасность зависания шихты.

Загрузка. При загрузке печей шихтовые материалы помещают в бадью с открывающимся дном и взвешивают на весовой тележке. Масса завалки фиксируется электронным прибором или контролером, который следит за правильностью дозирования компонентов шихты. Взвешивают также и неметаллические материалы: известь, графит, ферросплавы и др. Для удобства взвешивающее устройство оборудуют дистанционным управлением. Сведения об общей массе загруженной в печь шихты и массе очередной завалки передают в кабину крановщика и на электронное табло, установленное около печей. Для каждой марки сплава рассчитывают соответствующий состав шихты.

Топливо. При получении сплавов используют твердое (кокс), жидкое (мазут, смесь угольной пыли с мазутом и др.) и газообразное топливо (природный газ). Твердое применяют в основном при плавке чугуна в вагранках. Кокс должен содержать мало серы, быть минимальной ($\leq 10\%$) зольности и влажности ($\leq 4\%$). Размер кусков должен быть 50—100 мм, пористость — $\leq 30\%$, число трещин — минимально. В коксе содержание летучих компонентов не должно превышать 1,2%, а в антраците (естественном угле) — 5%. Реакционная способность — способность топлива восстанавливать углекислый газ CO_2 до окиси углерода CO — должна быть не более 25% (измерения проводят при 900°C). Реакционную способность топлива рассчитывают.

В жидком топливе контролируют содержание сернистых соединений, измеряют его теплотворную способность. Для газообразного топлива определяют, в основном, теплотворную способность. Важным показателем качества кокса является его прочность, определяемая по «барабанной пробе». Навеску кокса массой 410 кг помещают в цилиндрический барабан диаметром 2 м и длиной 0,8 м из стальных прутьев с зазором между ними 25 мм и вращают в течение 15 мин с частотой 10 об/мин. Кокс разрушается, мелкие куски высыпаются из барабана, остаток кокса в барабане взвешивают. Он является «барабанной пробой», масса которой должна быть не менее 300—325 кг.

1. Расскажите о требованиях к шихтовым материалам.
2. Какие флюсы, лигатуры, рафинирующие средства и модификаторы применяют при получении сплавов?
3. Расскажите о входном контроле шихтовых материалов.
4. Каким образом контролируют хранение, подготовку и загрузку шихтовых материалов?
5. Какие виды топлива используют при плавке сплавов? Какому контролю подвергают топливо?

Глава 7

КОНТРОЛЬ ПЛАВКИ СПЛАВОВ И ЗАЛИВКИ ФОРМ

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ПЛАВКИ

Контроль плавки чугуна. Чугун выплавляют в вагранках и электрических печах. Вагранка — распространенный плавильный агрегат для получения литейного чугуна. Он представляет собой шахтную печь, топливом для которой служит только кокс или кокс и газ. При плавке в нее загружают доменный чугун, металлический лом, отходы собственного литейного производства, флюсы, легирующие добавки. Плавку контролируют с целью получения чугуна требуемой температуры и заданного химического состава. Диаграммы регистрирующих приборов с результатами контроля хранятся в цехе в течение 3 месяцев.

Перед загрузкой металл, топливо, флюсы взвешивают на стационарных, циферблатных крановых весах и весовых тележках. В цехах массового производства взвешивание составляющих шихты выполняется автоматически. Расход воздуха или кислорода определяют с помощью приборов — расходомеров.

Контроль уровня шихты в вагранке ведут электроконтактными указателями уровня (груз от завалочного окна опускают до уровня шихты), реже — приборами, в которых применены радиоактивные изотопы.

Температуру отходящих (колошниковых) газов контролируют термоэлектрическими пирометрами (термопарами). Она не превышает обычно 400° С, поэтому целесообразно применять термопары с градуировкой ХК (хромель — копель), ХА (хромель — алюмель). Температуру жидкого чугуна определяют оптическими или радиационными пирометрами.

При плавке чугуна в вагранке из примесей шихтовых материалов, топлива, а также флюсами, футеровкой печей образуются шлаки, обычно 5—10% от массы выплавляемого чугуна. Контролируют вязкость, кислотность, химический состав этих шлаков, вязкость определяют по вискозиметру. Диаметр канала вискозиметра для контроля основного шлака — 6,4 мм, кислого — 9 мм. Длина

канала, заполненного шлаком, служит мерой его вязкости. Допускаемая вязкость ваграночных шлаков 10—20 П при 1400°С и 5—10 П при 1500°С. Вязкость и температуру ваграночных шлаков определяют по тройным диаграммам (для SiO₂, CaO и Al₂O₃). Суммарное содержание этих окислов в шлаке составляет около 90%.

При плавке чугуна в вагранке желательно иметь шлак с пониженной вязкостью, так как в этом случае удаляется сера, уменьшается угар чугуна. Однако шлаки, имеющие очень низкую вязкость, также нежелательны, потому что вместе с чугуном они легко могут попасть в полость литейной формы. Снизить вязкость можно, добавляя в шихту окись кальция CaO, плавиковый шпат CaF₂, поваренную соль NaCl.

Кислотность шлаков — отношение массы кислых окислов к массе основных

$$K = \frac{\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%TiO_2 + \%P_2O_5}{\%CaO + \%MgO + \%MnO + \%Fe_2O_3}.$$

Кислотность ваграночных шлаков в вагранках с шамотной футеровкой 1,2—1,9. Кислотность определяют также по электропроводности шлака.

Плавка чугуна в электрических печах предпочтительнее плавки в вагранках по следующим причинам: отсутствует загрязнение расплава вредными примесями (серой, фосфором) и науглероживание чугуна, удобно управлять режимами работы печи, более высокая производительность печей, меньшие по объему выбросы в окружающую среду, возможность значительного перегрева металла перед заливкой.

С целью оперативного и правильного управления электрической печью предусмотрено несколько режимов мощности. Во время плавки контролируют напряжение и силу тока. Потребляемую мощность регистрирует самопишущий прибор. Расход электроэнергии фиксируют с помощью счетчиков. Самопишущий прибор и счетчик располагают на пульте управления печью.

Температуру расплава определяют платино-платинородиевой (ПП) или вольфрамо-молибденовой (W—Mo) термopарами погружения.

На рис. 42 показан примерный график ведения плавки чугуна в электродуговой печи. Видно, что потребляемая мощность в начале плавки наибольшая, а по ходу плавки постепенно уменьшается. Температура жидкого чугуна может достигать 1520—1580°С. Первую пробу металла отбирают при 1470—1480°С. Заливку пробы ведут в водоохлаждаемый кокиль, чтобы получить полностью отбеленный образец. В лаборатории шлифуют одну плоскость пробы и передают ее на химический анализ.

Контроль плавки стали. Сталь выплавляют в мартеновских, электропечах, конверторах. При выплавке стали в мартеновских печах контролируют расход топлива (мазута), воздуха или кис-

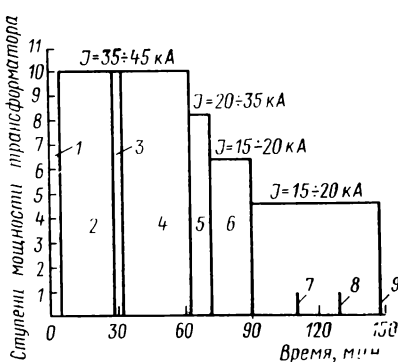


Рис. 42. График плавки чугуна в электродуговой печи:

1 — загрузка первой бадьи (5 т); 2 — плавка первой бадьи; 3 — загрузка второй бадьи (5 т); 4 — совместная плавка первой и второй бадьей; 5 и 6 — понижение мощности; 7 — отбор пробы на химический анализ; 8 — корректирование химического состава; 9 — выпуск металла

лорода. Коэффициент полезного действия печи зависит от полноты сгорания топлива. С целью контроля полноты сгорания топлива определяют состав отходящих из печи газов.

Во время плавки проверяют температуру поступающих в печь газов из рекуператоров, температуру воздуха и отходящих газов. Химический состав стали определяют в экспресс-лаборатории. Контроль раскисленности стали проводят с помощью специальной пробы. Температуру жидкой стали измеряют оптическим пирометром, радиационным пирометром или вольфрамо-молибденовой термопарой погружения, защищенной кварцевым колпачком.

Для определения жидкотекучести шлака его заливают в вис-

козиметр. Диаметр канала вискозиметра для основного шлака 8 мм, для кислого — 10 мм. Химический состав шлака проверяют спектро스코пом или основометром. Принцип работы этого прибора состоит в измерении электропроводности водной вытяжки шлака. Пробу шлака после охлаждения измельчают, взбалтывают в дистиллированной воде. Затем суспензию фильтруют и оставшийся раствор подвергают контролю на электропроводность.

Контроль плавки стали в электропечах. Сталь предпочтительнее выплавлять в электропечах (дуговых и индукционных), так как в этом случае можно получать более раскисленный металл с низким содержанием серы, с минимальными потерями легирующих элементов.

В электропечи сталь можно быстро нагреть до высоких температур и создать или восстановительную, или окислительную атмосферу. Температуру стали контролируют пирометрами или вольфрамо-молибденовыми термопарами с защитными кварцевыми колпачками, химический состав проверяют в экспресс-лаборатории. Контролируют также химический состав и вязкость шлаков, степень раскисления стали.

Потребляемую электрическую мощность печи и ток регистрируют самопишущие приборы.

Контроль плавки медных сплавов. Медные сплавы плавят в тигельных печах, работающих на твердом и жидком топливе, в пламенных отражательных печах. Наиболее широко используют дуговые и индукционные электрические печи. В электропечах плавка проходит за более короткое время, поэтому изменение химического состава сплава меньше. При плавке медных сплавов контролируют

расход топлива, температуру металла. Температуру расплава измеряют и перед разливкой его в формы. Для контроля температуры используют термопары, защищенные чехлами из жаростойких сплавов. Чехлы термопар, постоянно находящихся в расплаве, окрашивают огнеупорными красками.

При плавке медные сплавы склонны к поглощению и растворению газов. Кислород воздуха окисляет медь, образуя закись меди Cu_2O , которая, в свою очередь, растворяется в металле и может вступать в химическое взаимодействие с другими компонентами расплава. Отдельные компоненты сплава могут испаряться, поэтому их содержание будет уменьшаться. В связи с этим плавку медных сплавов необходимо вести с большой скоростью и применять защитные флюсы.

Перед окончанием плавки берут пробу на химический анализ, определяют раскисленность металла по излому образца. Поверхность излома хорошо раскисленного сплава характеризуется однородностью структуры. Она должна быть мелкозернистой и чистой. При усадке пробы появляется концентрированная раковина. Кроме этого контролируют насыщенность медных сплавов газами.

Контроль плавки алюминиевых сплавов. Плавку алюминиевых сплавов осуществляют, в основном, в электрических тигельных, отражательных и индукционных печах. Пламенные печи на жидком топливе применяют редко из-за большой склонности сплавов к насыщению газами, особенно при температуре выше 800°C . Алюминий взаимодействует и с водой (влагой), которая может находиться в шихте, с выделением водорода. Последний растворяется в сплаве. Взаимодействие алюминия с газами CO , CO_2 , SO_2 приводит к образованию твердых продуктов Al_4C , Al_2S , которые могут остаться в сплаве. Эти примеси значительно ухудшают его свойства.

При плавке температуру контролируют термопарами погружения. На спай термопары для кратковременного погружения наносят огнеупорные покрытия. Если термопара предназначена для непрерывного измерения, спай помещают внутрь защитного чехла из жаростойкого сплава. Химический состав сплава контролируют с помощью спектрального анализа. Спектр сравнивают со спектром, полученным от эталона. Структуру контролируют по излому пробы.

Насыщенность металла газами контролируют по технологическим пробам, заливаемым в графитовый тигель или песчаную форму. При этом визуально наблюдают процесс газовыделения. Затем пробу разрезают, шлифуют и сравнивают с эталоном, оценивая степень насыщенности газами по пятибальной шкале. Используют также вакуумные пробы. Сплав заливают в тигель, графитовый или керамический, который устанавливают в вакуумную камеру. Затвердевание сплава происходит при пониженном давлении. Охлажденную пробу после разрезают и оценивают насыщенность газами, сравнивая ее с эталоном. Насыщенность определяют и по микрошлифам, изготовленным из технологических проб.

Контроль температуры сплавов ведут в процессе плавки и при заливке. Контроль температуры в ходе плавки необходим для качественного приготовления расплава за минимальное время. Чрезмерно высокая температура в печи способствует угару металлов из сплава, преждевременному выходу печи из строя. Температура заливки — один из основных параметров, определяющих качество отливок (структуру, усадочные дефекты, пригар и т. п.).

Для контроля температуры применяют оптические пирометры, термопары (термоэлементы), радиационные пирометры.

Оптический пирометр с исчезающей нитью (рис. 43) состоит из телескопа, показывающего прибора, источника питания. Изображение струи или поверхности металла проецируется объективом в плоскости нити накаливания электрической лампы. Наблюдение ведут через окуляр и красный светофильтр. Нить лампы видна на фоне источника излучения (струи металла). Реостатом устанавливают ток в нити лампы, при котором яркость нити равна яркости источника излучения.

Термопары погружения (рис. 44). Принцип работы таких термопар заключается в следующем. Одни концы кусков проволок определенной длины, например 1 м, из двух различных металлов сваривают, образуется спай. Два свободных конца подключают к милливольтметру. При нагреве спае на свободных концах термопары возникает термоэлектродвижущая сила (ТЭДС), которая измеряется милливольтметром. Величина ТЭДС зависит от физических свойств материалов электродов и от разницы температур между спаем и свободными концами. Если разницы температур нет, ТЭДС равна нулю. Термопары изготавливают из более тугоплавких металлов, чем контролируемые сплавы.

Примеры измерений температуры термопарами приведены в табл. 9.

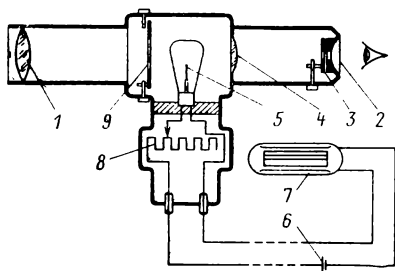


Рис. 43. Оптический (фотометрический) пирометр с исчезающей нитью:

1 — объектив; 2 — окуляр; 3 — красное стекло; 4 — линза; 5 — нить лампы накаливания; 6 — источник питания; 7 — гальванометр; 8 — реостат; 9 — дымчатое стекло

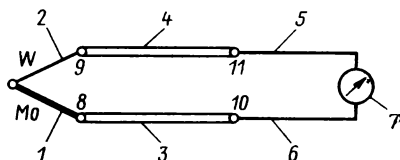


Рис. 44. Термопара погружения:

1, 2 — термоэлектроды; 3, 4 — компенсационные провода; 5, 6 — медные соединительные провода; 7 — гальванометр; 8—11 — соединительные контакты.

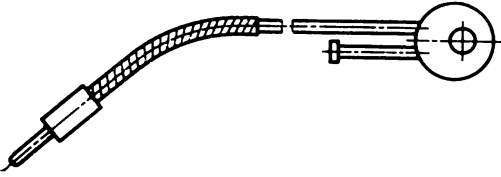


Рис. 45. Вольфрамо-молибденовая термопара

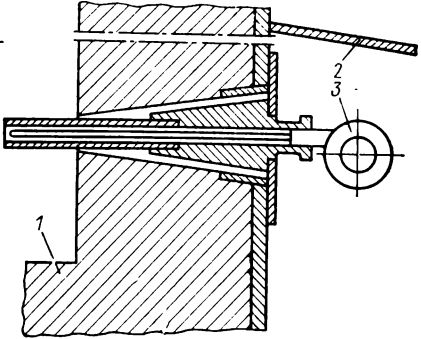


Рис. 46. Ковшовая термопара:
1 — ковш; 2 — экран; 3 — термопара

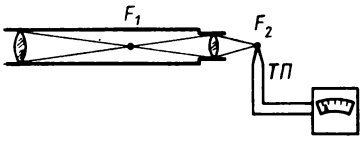


Рис. 47. Контроль температуры радиационным пирометром

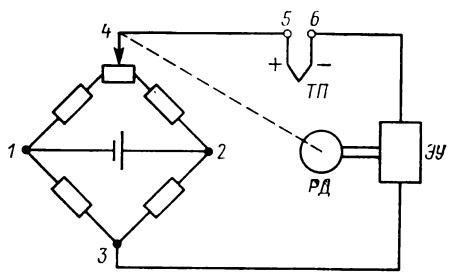


Рис. 48. Мостовая схема прибора мод. КСП-4

В плавильном отделении, где температура воздуха может повышаться, температура свободных концов термопар также может повышаться. Это приводит к неточности измерений. Поэтому необходимо вводить поправку к показаниям приборов по соответствующим таблицам или охлаждать свободные концы до определенной температуры, например 20° С.

Для устранения погрешностей, вызванных нагревом свободных концов термопары, последнюю подключают к регистрирующему прибору с помощью компенсационных проводов. Эти провода изготавливают или из того же материала, что и термоэлектроды, или из материалов, имеющих при 0—100° С одинаковую с термоэлектродами ТЭДС.

Таблица 9

Максимальная температура расплава, измеряемая термопарами

Материал термоэлектродов	Максимальная измеряемая температура расплава, °С	
	При длительном измерении	При кратковременном измерении
Платина, платинородий	1350	1600
Вольфрам, молибден	1650	1850
Хромель, алюмель	1000	1300
Хромель, копель	600	800

Компенсационные провода для платино-платинородиевой термопары изготавливают из меди и их сплава, содержащего 99,4% меди и 0,6% никеля.

Для вольфрамо-молибденовой термопары (рис. 45) можно использовать компенсационные провода из тех же материалов. Погрешность измерения температуры в этом случае не превышает 7° С. Рабочий спай термопары защищен кварцевым наконечником от воздействия шлака и жидкого металла. Длина наконечника 60—70 мм, внутренний диаметр 2—6 мм, толщина стенки до 1,5 мм. Кварцевые наконечники с толщиной стенки 1 мм выдерживают до 8 погружений в сталь через слой кислого шлака с охлаждением до 20° С. Число погружений такой термопары в сталь с основным шлаком сокращается до 1—3 из-за химического взаимодействия между кварцем и основным шлаком.

Ковшовая термопара (рис. 46) предназначена для непрерывного контроля температуры стали в ковше, например, при производстве отливок из высоколегированных сталей. Кварцевый наконечник термопары выполняют из трубки с внешним диаметром 16 мм и внутренним 6 мм. Термопару соединяют с прибором кабелем в резиновом шланге.

Таблица 10

Продолжительность прогрева термопары

Толщина стенки наконечника, мм	Длительность прогрева, с, при диаметре наконечника, мм		
	3	4	5
0,2—0,4	—	4—5	—
0,4—0,6	6—9	7—10	9—11
0,7—0,9	10—14	11—1	12—16
1,0—1,2	—	16—21	18—20

Чтобы правильно измерить температуру стали в ковше термопарой погружения, спай опускают на глубину не менее 300 мм от слоя шлака. Продолжительность прогрева термопары приведена в табл. 10.

Радиационный пирометр (рис. 47). Этот прибор предназначен для измерения температуры от 900 до 1800° С. Принцип работы прибора состоит в следующем. Лучистая энергия, испускаемая расплавленным металлом, собирается оптической системой телескопа и направляется в его фокус. В фокусе располагают спай термопары или — для повышения чувствительности — батарею термопар, включенных последовательно. ТЭДС термопары регистрируется милливольтметром. Пирометр укрепляют на кронштейне, наводя, например, на желоб вагранки, по которому течет расплавленный чугун. Расстояние от жидкого металла до пирометра должно быть не менее 600 мм. Телескоп со стороны объектива имеет полый кожух, через который продувают сжатый воздух для охлаждения прибора.

Измерение ТЭДС, запись и регулирование температуры ведется с помощью автоматических потенциометров типа КСП-4 (рис. 48).

В основу работы такого прибора положен компенсационный метод измерений. В плечах моста расположены сопротивления. Код-

ной диагонали моста (1—2) подключен источник питания *Б*, к другой (3—4) — термопара *ТП*. Если значение ТЭДС термопары меньше значения ТЭДС источника питания, в мосту появляется рассогласование, которое усиливается электронным усилителем *ЭУ* и подается на реверсивный электродвигатель *РД* реохорда прибора. Сопротивление реохорда устанавливается таким образом, чтобы мост был уравновешен. При этом по шкале прибора регистрируют температуру, соответствующую равновесному состоянию моста. Сопротивление калибруют непосредственно в единицах напряжения. Положение контакта 4 на реохорде указывает величину измеряемого напряжения, генерируемого термопарой.

Потенциометры работают в комплекте с одной или несколькими термопарами или с телескопом радиационного пирометра. Существуют приборы для регистрации температуры, измеряемой одной или несколькими термопарами. В последнем случае термопары должны иметь одинаковую градуировку, например, хромель-алюмель. Показания приборов отсчитывают с помощью указателя на шкале и записывают на диаграммной ленте.

В приборах, регистрирующих ТЭДС одной термопары, запись значений температуры ведется чернилами или пастой. В приборах, к которым подключены несколько термопар, регистрация температуры ведется печатающим устройством. Это устройство печатает на бумажной ленте точки и их порядковые номера (от 1 до 12) различным цветом.

Приборами, предназначенными для работы с термопарами ХК, измеряют температуру от 0 до 800° С, с термопарами ХА — от 0 до 1300° С, с термопарами ПП — от 0 до 1600° С. Приборами, работающими в комплекте с радиационным пирометром, можно измерять температуру от 400 до 2000° С.

ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Литейные сплавы должны заполнять полость литейной формы, а после затвердевания и охлаждения обеспечивать требуемые механические, физические и химические свойства отливки. Эти требования могут быть выполнены в том случае, если литейные сплавы обладают необходимыми литейными свойствами. К таким свойствам обычно относят: жидкотекучесть, усадку, склонность к ликвации, склонность к образованию горячих и холодных трещин, склонность к поглощению газов и образованию газовой пористости.

Жидкотекучесть — способность расплавленного металла заполнять полость литейной формы и воспроизводить контуры отливки. Для оценки жидкотекучести сплавов используют технологические пробы. Эти пробы представляют собой тонкие прутки, прямые и спиральные пластины. Жидкотекучесть оценивают по длине прутка. Жидкотекучесть чугуна определяют по спиральной пробе с трапециевидным сечением площадью 0,56 см². При недостаточной жидкотекучести расплава могут быть получены дефектные отливки.

Усадка — свойство металлов и сплавов уменьшать объем при затвердевании и охлаждении. Усадка выражается в процентах от исходного объема (размера) отливки. Полная усадка $\varepsilon_{об.п} = \varepsilon_{об.ж} + \varepsilon_{об.з} + \varepsilon_{об.т}$, где $\varepsilon_{об.ж}$, $\varepsilon_{об.з}$, $\varepsilon_{об.т}$ — соответственно усадка в жидком состоянии, в процессе затвердевания и в твердом состоянии (при охлаждении). Прежде чем начнется объемная (линейная) усадка, в стали и чугунах происходит предусадочное расширение. На величину усадки существенно влияет сопротивление формы или стержня. При наличии такого сопротивления усадка уменьшается. Из-за усадки в отливках могут возникать остаточные внутренние напряжения, усадочная пористость, раковины.

Ликвация — неоднородность химического состава сплава в различных местах отливки (зональная ликвация) или внутри зерен сплава (внутрикристаллическая ликвация). Ликвация возникает при затвердевании отливки, что приводит к получению различных механических свойств в разных частях отливки. Возникновение ликвации обусловлено химическим составом сплава и условиями охлаждения.

Склонность к образованию трещин. Если внутренние напряжения больше предела прочности, в отливке возникают трещины. В зависимости от температуры, при которой они возникают, их разделяют на горячие и холодные.

Основная причина, вызывающая возникновение горячих трещин, — затрудненная усадка сплава при кристаллизации. Холодные трещины в отливке появляются в результате действия внутренних напряжений при неравномерном охлаждении отдельных частей отливки, а также из-за торможения усадки сплава при температуре, более низкой, чем температура кристаллизации.

Склонность к поглощению газов. В литейных сплавах растворяются водород, азот, кислород, закись углерода и другие газы. Химический анализ твердых металлов показывает, что основную часть всех газов по объему (до 90%) составляет водород. Растворимость газов в металле зависит от температуры. При нагреве сплава до температуры плавления поглощение газов незначительное. Резкое увеличение поглощения газов происходит при температуре плавления, затем количество поглощаемых газов продолжает увеличиваться вплоть до температуры кипения сплава. При кипении сплава поглощение уменьшается. В процессе охлаждения металла основная часть газов выделяется, что объясняет трудность получения отливок без газовых раковин.

Предупредить образование газовых дефектов в отливке можно, уменьшая время плавки, используя плавку с небольшим перегревом и плавку в вакууме, применяя защитные флюсы, и другими способами.

К литейным свойствам сплавов относят также герметичность — свойство сплава не пропускать газы и жидкости через стенки отливки под избыточным давлением.

Технологические пробы применяют для контроля процесса

плавки. Они позволяют одновременно воздействовать на ход плавки и выплавлять металл требуемого качества.

Пробы для определения раскисленности или насыщенности газами стали (рис. 49, а) отбирают после ее раскисления или доводки по химическому составу. Раскисление проводят с целью восста-

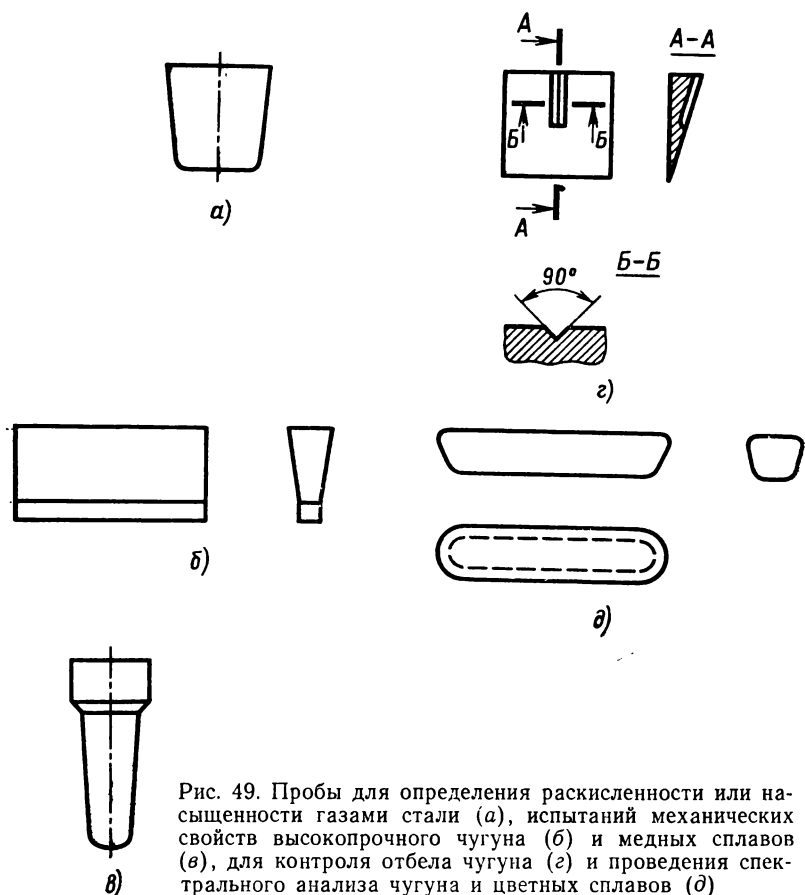


Рис. 49. Пробы для определения раскисленности или насыщенности газами стали (а), испытаний механических свойств высокопрочного чугуна (б) и медных сплавов (в), для контроля отбела чугуна (г) и проведения спектрального анализа чугуна и цветных сплавов (д)

новления, главным образом, закиси железа FeO . Пробу металла берут из печи подогретой ложкой и заливают в чугунный стаканчик. Если металл при затвердевании искрит и увеличивается в объеме, то он недостаточно раскислен, содержит большое количество окислов. Рост объема пробы объясняется реакцией $\text{C} + \text{FeO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$. В этом случае необходимо провести дополнительное раскисление стали. Спокойное затвердевание металла в стаканчике без искрения с образованием усадочной раковины свидетельствует о нормальной раскисленности стали и готовности ее к выпуску из печи.

Образцы для испытаний механических свойств высокопрочного чугуна (рис. 49, б) отливают в виде брусков клиновидной формы в сухую или сырую песчаную форму. Образцы для испытаний механических свойств медных сплавов заливают в кокиль (рис. 49, в).

Пробу на отбел чугуна берут при экспресс-анализе (рис. 49, г). По ней определяют склонность серого, высокопрочного или ковкого чугуна к образованию отбела в отливках.

Пробу отливают перед разливкой чугуна из ковша в литейные формы. Ее заливают в сухую песчаную форму, выдерживают, извлекают из формы, охлаждают до потемнения в струе сжатого воздуха, затем в воде и разбивают по риску на боковой поверхности. Величину отбела измеряют в поперечном сечении пробы линейкой или штангенциркулем.

Для экспресс-анализа отбирают несколько проб.

Первую пробу от плавки отбирают после расплавления всей загруженной в печь шихты и тщательного перемешивания расплавленного металла, последующие — после окислительного периода, введения легирующих элементов или корректировки сплава до заданного состава.

Для определения содержания углерода, фосфора, серы и других элементов химическим методом отбирают пробы от плавки стали и чугуна. Пробу охлаждают, мелко дробят в ступке, просеивают и передают в пакете в лабораторию. Масса раздробленной пробы после просеивания должна составлять 10—15 г. Перед очередным дроблением ступку тщательно очищают от остатков предыдущей пробы.

Пробы для определения содержания Mn, Si, Cr, Ni и других легирующих элементов в чугуне и цветных сплавах отливают в виде брусков в медной изложнице (рис. 49, д). Они должны быть однородными по всему объему, без литейных дефектов, особенно в нижней части, без газовых, шлаковых и усадочных раковин, сплавов, трещин заусенцев. Затем их подвергают спектральному анализу. Пробы, направленные в лабораторию, должны сопровождаться запиской, в которой указывают номера печи, плавки и пробы, элементы, которые должны быть определены, фамилию и инициалы плавильщика.

Для определения среднего химического состава плавки всех видов сплавов отбирают две пробы. Одну направляют в экспресс-лабораторию цеха, вторую оставляют на плавильном участке для повторного анализа. Пробы отбирают после разливки примерно половины металла плавки и заливают в медные изложницы, как указано выше, одновременно с заливкой образцов для механических испытаний. Для полного контроля химического состава серого чугуна и чугуна с шаровидным графитом требуются пробы без отбела, поэтому их заливают в песчаную форму, а не в изложницу.

Для полного контроля химического состава ковкого и высоколегированного чугунов, которые затвердевают отбеленными даже

при заливке в песчаную форму, отбирают пробы, как указано выше, и в раздробленном виде передают в лабораторию.

Для контроля свойств стали вырезают образцы из проб, залитых в отдельную форму, из каждого ковша или плавки. При выборочном контроле пробы вырезают непосредственно из отливки. Свойства отдельных проб аналогичны свойствам отливки, если толщина стенки отливки не превышает 100 мм. Иначе необходимо готовить образцы для механических испытаний из прилитых проб.

Прилитые пробы имеют форму брусков. Для отливок с толщиной стенки до 300 мм проба имеет следующие размеры: длина 300 мм, высота 65 мм, ширина у основания 40 мм, для отливок с толщиной стенки более 300 мм — $300 \times 100 \times 85$ мм. Эти пробы приливаются чаще всего по 2 шт. к отливке. Место их расположения устанавливает технолог (или конструктор по согласованию с технологом). Пробы подвергают термообработке в прилитом виде вместе с отливкой.

Качество металла в производственных условиях оценивают по излому пробы. Ее отливают в виде бруска, соединенного с телом отливки.

ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ЗАЛИВКЕ

Для получения качественной отливки необходимо подготовить разливочный ковш. Непросушенная футеровка ковша или неправильно выбранный состав смеси для футеровки могут влиять на получение бракованных отливок. Так, наличие влаги в ковше может привести к образованию газовых раковин в отливке или же к выбросу жидкого металла из ковша. Ковши должны поэтому прогреваться до $600\text{--}900^\circ\text{C}$. Разрушение, отслоение футеровки приводит к образованию песочных раковин в отливке.

Заливщик должен следить за временем заливки форм, вести заливку непрерывной струей. Высота струи должна соответствовать указанной в технологической инструкции, так как при изменении высоты струи меняются условия течения сплава в форме. Очень важно заливать форму металлом определенной температуры, указанной в инструкции. Заливка холодным расплавом приводит к недоливам и другим дефектам, а чрезмерно горячим — к образованию пригара, усадочных раковин и других дефектов. При изготовлении отливок на автоматических линиях нужно следить за своевременностью заливки. При больших задержках форма теряет влагу, смесь осыпается, в отливке может образоваться засор. Крупные сухие формы, наоборот, насыщаются влагой. С целью предотвращения попадания шлака в форму расплав очищают от шлака непосредственно перед заливкой, сгущают шлак в ковше, используют ковши с перегородкой или стопорные ковши. При открытой почвенной формовке поверхность формы должна быть расположена строго горизонтально, иначе расплав может перелиться на плац. При отсутствии груза на форме и неточной сборке расплав может вытечь по разъему, что приведет к неисправимому браку отливок.

При ручной и механизированной заливке наблюдают за уровнем металла в воронке или чаше. Заливку заканчивают как только заполняются выпоры. Для этой же цели применяют фотоэлементы, направленные на выпор. Как только в выпоре появляется горячий расплав, излучение попадает в фотоэлемент, в котором возникает ток. Ток после преобразования и усиления передается в исполнительный механизм, заливка прекращается. При автоматической заливке своевременное окончание заливки гарантируется точным дозированием расплава на одну форму.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о контроле плавки чугуна в вагранке.
2. Как проверяют свойства ваграночных шлаков?
3. Как контролируют процесс плавки чугуна в электропечах?
4. Что контролируют при плавке стали в мартеновских печах, в электропечах?
5. Как осуществляется контроль плавки медных и алюминиевых сплавов?
6. Расскажите о контроле температуры оптическими пирометрами, термомпарами, радиационными пирометрами.
7. Назовите известные Вам термопары, в каких пределах можно измерять температуру этими термопарами.
8. Какие литейные свойства характеризуют сплавы?
9. Что такое технологические пробы? С какой целью их изготавливают?
10. Перечислите дефекты отливок, образующиеся при заливке.

Глава 8

КОНТРОЛЬ ВЫБИВКИ, ОБРУБКИ, ОЧИСТКИ И ТЕРМООБРАБОТКИ ОТЛИВОК

Выбивка. При заливке отливок из форм основным контролируемым параметром является температура отливки. Она зависит от состава сплава, конфигурации отливки и толщины ее стенок. Выбивка при высокой температуре, близкой к температуре плавления, нежелательна из-за низкой прочности металла в этих условиях. При низких температурах в отливках могут появиться внутренние напряжения, вызванные сопротивлением стержней и формы усадке отливки. Отливки сложной конфигурации выбивают из форм при 200—300° С, простой конфигурации — при более высоких температурах. Поскольку измерение температуры отливок в производственных условиях осуществлять сложно, то в технологической карте указывают продолжительность выдержки отливки в форме до выбивки. Контролер обязан точно контролировать продолжительность выдержки отливки в форме. Для выбивки стержней из крупных и средних отливок используют гидравлические камеры. Стержни разрушаются струей воды под давлением до 200 кгс/см².

Обрубка. После выбивки необходимо удалить литники, прибы-

ли, технологические напуски и устранить возможные дефекты: заливов по разьему формы, заливов в местах установки стержней.

Для стальных отливок эта операция выполняется газопламенной резкой, для отливок из чугуна — отбивкой или воздушно-дуговой резкой, для отливок из цветных сплавов — на фрезерных станках или ленточными пилами.

Зачистка заливов, питателей производится шлифовальными кругами с электроприводом, пневматическим или электрическим ручным шлифовальным инструментом.

Очистка. Очистка поверхности отливок из чугуна, стали от пригара, окалины производится в основном в дробеметных установках: барабанах, камерах. Скорость вылета дроби до 80 м/с. Очистку отливок можно производить также и в гидроспектоочистных установках. Для мелких отливок применяют галтовочные барабаны, очистка в которых осуществляется за счет взаимного трения деталей и трения деталей о звездочки из белого чугуна.

Многие отливки, особенно в условиях массового производства обрабатываются резанием в специальных приспособлениях для их базирования и закрепления. Остатки заливов, прибылей, выпоров после обрубки и заточки могут мешать точному базированию и закреплению заготовок, что может привести к браку при обработке резанием. Обрубленные и очищенные отливки контролируют при помощи калибров (скоб и шаблонов).

Дефекты, возникновение которых связано с некачественной работой выбивщика, например трещины, могут образовываться при ранней выбивке отливок из форм, особенно в тех случаях, когда имеются резкие переходы толщин стенок. Коробление может иметь место при неправильной укладке отливок после выбивки. Механические повреждения могут произойти из-за небрежного отношения к отливке (при ударах). При отбивке литников, выпоров могут образовываться забоины, вмятины, сколы. В случае ранней выбивки форм металл может вытекать из них. Это ведет к неисправимому браку. При неправильной укладке отливок в очистные барабаны и нарушении загрузки отливок по группам могут возникнуть механические повреждения. В проходной дробеметной камере неправильно подвешенные отливки не очищаются полностью, требуется дополнительная очистка.

На каждую группу (в серийном производстве) или тип отливок (в массовом производстве) составляют операционную технологическую карту обработки в термообрубном цехе. Здесь же должен быть чертеж отливки с технологическими указаниями. Контролер оценивает состояние поверхности отливки, качество обрубки, наличие поверхностных дефектов, невыбитых стержней и каркасов. Контролеры-разметчики осуществляют выборочный контроль одной или нескольких отливок из группы, размечают их и тем самым контролируют правильность геометрической формы. Приемка производится по данным полной разметки выборочных отливок, а также выборочным или 100%-ным контролем некоторых размеров отливок.

Термообработка. Целью термообработки отливок является получение необходимых физико-механических свойств, снятие литейных напряжений. Отливки подвергают следующим видам термической обработки: отжигу, нормализации, закалке, отпуску, изотермической и химико-термической обработке. Отливки из черных сплавов подвергают химико-термической обработке — насыщению поверхности легирующими элементами (азотирование, алитирование и др.).

Наиболее важными контролируемыми параметрами, характеризующими качество термической обработки, являются механические свойства и структура металла. В процессе термической обработки контролируют температуру, время, состав газовой атмосферы в печи, скорость нагрева и охлаждения отливок, состав солей в ваннах при химико-термической обработке.

Для измерения температуры в термических печах и нагревательных установках применяют термометры, термопары, оптические и радиационные пирометры, фотопирометры. Контроль за составом защитной атмосферы как в самой печи, так и на выходе из нее осуществляют газоанализаторами.

Качество проведенной химико-термической обработки и поверхностной закалки проверяют на образцах, изготовленных из того же материала, что и отливки, и прошедших ту же химико-термическую обработку. В процессе термической обработки может происходить коробление отливок. Коробление литых деталей определяют на контрольных чугунных плитах разметкой.

Термообработка отливок из чугуна. Графитизирующий отжиг чугуна применяют для разложения карбидов металлов и выделения свободного углерода. Его проводят при $930\text{--}960^\circ\text{C}$, а продолжительность назначают в зависимости от толщины стенки отливки из условия, что 25 мм отжигаются за 1 ч. После такого отжига снижается твердость, повышается пластичность, улучшается обрабатываемость чугунов всех типов.

Нормализацию проводят для получения отливок с перлитной структурой, повышения прочности, износостойкости. Нормализацию проводят при $850\text{--}950^\circ\text{C}$, затем охлаждают отливки на воздухе. Режим термообработки зависит от толщины стенки отливки и химического состава сплава.

Закалку и отпуск проводят с целью достижения максимальных механических свойств. Температура нагрева отливок $850\text{--}930^\circ\text{C}$, время выдержки зависит от толщины стенок отливки, структуры чугуна и равна 0,5—2 ч. После выдержки отливку помещают в масло. Закалка в воде может привести к возникновению трещин. Закаленный чугун обладает высокой твердостью, но низкой прочностью и пластичностью. Поэтому его подвергают отпуску при температуре 200°C (низкий отпуск), $250\text{--}500^\circ\text{C}$ (средний отпуск) и $600\text{--}700^\circ\text{C}$ (высокий отпуск). Наилучшие механические свойства получают при среднем отпуске.

Высокопрочный чугун имеет шаровидные включения графита. Такого вида графит получают после обработки жидкого чугуна

магний или специальными модификаторами, содержащими, кроме магния, редкоземельные элементы. Применяют различные виды термообработки высокопрочного чугуна с шаровидным графитом: графитизирующий отжиг, нормализацию, закалку, отпуск.

Ковкий чугун получают отжигом из белого чугуна. В белом чугуне углерод находится в химически связанном состоянии (в виде цементита Fe_3C). При отжиге происходит разложение Fe_3C с вы-

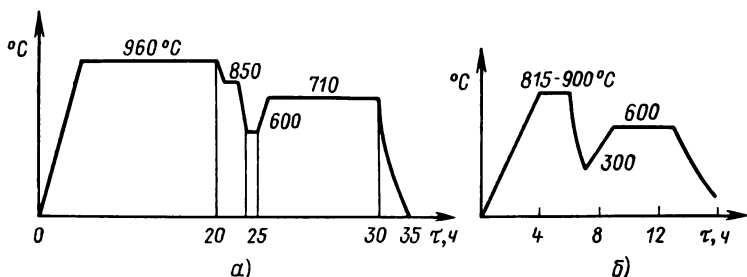


Рис. 50. Режимы термообработки отливок из чугуна

делением углерода. На рис. 50, а приведен режим отжига белого чугуна на ферритный ковкий чугун. На рис. 50, б — режим отжига на перлитный ковкий чугун. При отжиге должна быть нейтральная атмосфера.

Термообработка отливок из стали. Стальные отливки подвергают отжигу или закалке с отпуском, нормализации, химико-термической обработке. Отжигом достигается снижение твердости, улучшение обрабатываемости резанием, снятие внутренних напряжений, выравнивание структуры, повышение пластичности сталей.

В результате *закалки* отливки приобретают высокую твердость, улучшаются специальные физические свойства (например, магнитные, износостойкость).

После *высокого отпуска* (нагрев свыше 500°C) получают значительную вязкость стали при одновременном повышении предела прочности при растяжении и предела текучести. Средний отпуск проводят при $300\text{—}500^\circ\text{C}$. При низком отпуске (температура не выше 300°C) уменьшаются внутренние напряжения, сохраняется высокая твердость, понижается вязкость.

Нормализацию применяют для получения более однородной мелкозернистой структуры отливок из углеродистой и легированной стали с небольшим содержанием углерода.

В результате химико-термической обработки повышается твердость, износостойкость, улучшаются антикоррозионные свойства. Для такой обработки применяют метан CH_4 , аммиак NH_3 , расплавы солей, например Na_2CO_3 , NaCl , NaCN , расплав алюминия и т. д.

Углеродистые и легированные стали подвергают поверхностной закалке. При этом сердцевина деталей имеет более высокую вязкость, а поверхность — высокую твердость и прочность. Это важно для нормальной работы инструментов (например, напильников), прокатных валков и др.

Термообработка отливок из алюминиевых сплавов. *Низкотемпературный отпуск*, называемый иначе искусственное старение, применяется для улучшения обрабатываемости резанием, повышения прочности.

Отжиг снимает внутренние напряжения, проводится при 280—300° С в течение длительного времени.

Закалка повышает прочность и коррозионную стойкость отливок. Нагрев до нужной температуры ведут медленно, затем отливки долго выдерживают при температуре закалки и резко охлаждают.

Закалка с последующим искусственным старением позволяет получать отливки наиболее высокой прочности.

Закалка с последующим отпуском понижает прочность, но повышает пластичность отливок по сравнению с теми, которые подвергаются только искусственному старению.

Термообработка отливок из медных сплавов. Большинство медных сплавов не подвергают закалке и старению. Наиболее широко применяют отжиг латуней и бронз, в результате чего существенно повышается их пластичность. Медь подвергают отжигу при 500—700° С, латуни и бронзы при 600—700° С, медно-никелевые сплавы при 700—850° С. Закалке и отпуску подвергают только бериллиевые, хромовые, никель-алюминиевые и алюминиевые бронзы.

Термообработка отливок из магниевых сплавов. *Отжиг* применяют для снятия внутренних напряжений в отливках.

Закалка используется для улучшения механических свойств и увеличения пластичности. Охлаждение отливок можно проводить на воздухе или в горячей воде.

Закалка с последующим старением проводится для повышения твердости и упругих свойств. Пластические свойства сплавов при этом понижаются.

После термической обработки можно обнаружить несоответствие структуры и свойств заданным, коробление отливок, трещины, пережог.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите контрольные операции при выбивке, обрубке, очистке отливок.
2. Перечислите дефекты, возникающие при выбивке, обрубке, очистке отливок.
3. Назовите виды термической обработки отливок из чугуна, стали, алюминиевых, медных, магниевых сплавов.
4. Назовите контролируемые параметры термической обработки отливок.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

ВИДЫ ДЕФЕКТОВ ОТЛИВОК

Процессы изготовления отливок характеризуются разнообразием операций, используемых материалов, сложностью явлений, происходящих при изготовлении форм и на границе расплавленный металл — форма. Правильный учет всех этих явлений и определение их влияния на качество отливок в отдельных случаях затруднен из-за того, что различные факторы могут действовать одновременно. Поэтому не всегда еще удастся получать отливки без дефектов. По данным различных предприятий брак отливок, например, на автоматических литейных линиях составляет от 1 до 6%. Значительная доля брака возникает, в частности, из-за некачественного выполнения операций при изготовлении литейных форм. Встречаются следующие дефекты отливок.

Пригар — слой на поверхности отливки, состоящий из оплавленных частиц формовочных материалов, связанных расплавом, окислами и продуктами взаимодействия металла и формовочной смеси. Пригар образуется вследствие проникновения в поры формы расплава под действием капиллярного давления, давления металла на стенки форм, а также из-за окисления отдельных элементов, физико-химического взаимодействия металла и окислов с формовочными материалами. Образованию пригара способствует чрезмерно высокая температура металла, низкая термохимическая устойчивость (огнеупорность) компонентов формовочной смеси. Применение материалов, не смачиваемых расплавом, уменьшает пригар. Использование крупнозернистой огнеупорной основы смеси приводит к увеличению размера пор и проникновению расплава в стенку формы. Химическое взаимодействие может продолжаться и при охлаждении отливки до 600—800° С. Применение высокоогнеупорных формовочных материалов (хромомagneзита, хромистого железняка) уменьшает пригар на стальных отливках. Пригар чугунных отливок существенно уменьшается при введении в смесь углеродных добавок и использовании облицовочных смесей с повышенной охлаждающей (теплоаккумулирующей) способностью, противопригарных покрытий (например, цирконовых), литейных красок, пасты и др.

Ужимины — утолщения на поверхности отливки, под которыми находятся полости, заполненные формовочным материалом. Причина их образования состоит в следующем. При заливке поверхностные слои формы быстро высыхают, а влага переходит в глубинные слои формы, конденсируется и разупрочняет тонкий слой формовочной смеси, поэтому может произойти отделение корочки смеси и в образовавшуюся трещину проникает металл. На образование ужимин влияет и тепловое расширение кварца. Отслоение сме-

ли зависит от конфигурации формы. Наиболее вероятно появление ужимин на плоских поверхностях. Опасность их образования увеличивается с повышением плотности формы (например, при пресовании высоким давлением). Неравномерность уплотнения крупных форм также вызывает появление таких дефектов. При литье в сухие формы они образуются реже.

Ужимины образуются также при отслоении краски от формы. Возникновение ужимин предотвращают нанесением параллельных рисок на поверхности, склонной к отслоению (так называемая температурная или противоужимная сетка ребер). Риски на поверхность крупных форм наносят вручную, а мелких — формируют непосредственно по модели. С увеличением продолжительности заливки шаг сетки уменьшают.

Другой путь устранения ужимин — увеличение прочности смеси в зоне конденсации влаги введением добавок, например, кальцинированной соды, древесной или злаковой муки, сульфитной барды, торфа. Они уменьшают температурные напряжения в смеси, но одновременно могут разупрочнять ее. В смесь вводят волокнистые добавки, препятствующие образованию трещин, расслоений в форме: асбест, торфяную крошку. В массовом производстве ужимины устраняют, уменьшая продолжительность заливки формы.

Устранению этих дефектов способствует применение смесей на основе циркона, оливина с пониженной влажностью, хорошей газопроницаемостью, низким коэффициентом температурного расширения.

Газовые раковины — полости в отливке, которые образуются при выделении из металла растворенных в нем газов или при внедрении газов в жидкий металл из формы и стержней; поверхность таких раковин гладкая. Основная причина возникновения раковин от растворенных газов — резкое уменьшение растворимости газов в период затвердевания отливки. В большей степени расплав обогащается водородом. Если сталь плохо раскислена, то в ней может происходить реакция $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$. Закись углерода практически нерастворима в металле. Поэтому при затвердевании плохо раскисленной стали, содержащей FeO, происходит вспучивание из-за увеличения объема металла.

В чугунах содержится большое количество кремния, марганца, углерода — элементов, которые являются раскислителями. Закиси железа FeO в нем значительно меньше, чем в стали, поэтому опасность образования таких газовых раковин меньше.

Другая причина образования газовых пузырей — поток паров и газов, выходящих из пор формовочного материала, если влажность его чрезмерно высока. Выталкивающая сила отрывает пузырь от формы, а в этом месте растет новый. В отливке происходит вскип. Сильный вскип сопровождается внешним эффектом — выбросом металла из чаши и выпора. При медленном затвердевании металла пузырь увеличивается в объеме, захватывая другие пузыри или поглощая растворенные в металле газы. Пузыри

газов могут также механически захватываться расплавом, движущимся через литниковую систему или при падении струи металла с большой высоты. Может иметь место подсос газов в острых углах, поворотах каналов литниковой системы в местах пережимов струи металла.

На образование раковин влияют также газы, адсорбированные на поверхности холодильников, жеребеек, шпилек, ржавчина на их поверхности, повышенная влажность деревянных колышков, асбестовых прокладок. Прокладочная глина в крупных формах содержит до 30% влаги, которая также может служить источником возникновения газовых дефектов в отливках.

Ситовидная пористость — вытянутые или округленные раковины с гладкими стенками, расположенные под литейной коркой, перпендикулярно к поверхности отливки. Диаметр пор обычно 2—3 мм. Механизм образования ситовидной пористости заключается в следующем. В сталь для фасонных отливок вводят сильные раскислители — элементы Si, Al. При переливах стали происходит ее окисление, образование пузырей окиси углерода CO. Остальные растворенные газы стремятся проникнуть в пузырь CO. Продолговатая форма пузырей и их ориентация объясняется сжатием газа столбчатыми кристаллами. По мере продвижения фронта кристаллизации сплава поступление газов в пузыри затрудняется, и рост их заканчивается одновременно. Такие пузыри имеют приблизительно одинаковую длину.

В отливках из чугуна размер пор составляет 1,5—3 мм. В полости некоторых раковин располагается графит, иногда «корольки» — частицы металла шаровидной формы. При повышении температуры заливки возможность образования ситовидной пористости уменьшается.

Основной способ предотвращения образования ситовидной пористости — раскисление металла, применение сухих шихтовых материалов без ржавчины. Желоб для выпуска металла из печи и литейный ковш должны быть сухими. При изготовлении стержней в горячих ящиках в смесь, содержащую связующие искусственные смолы, вводят Fe_2O_3 . Ситовидная пористость образуется реже при использовании связующих, не содержащих азота.

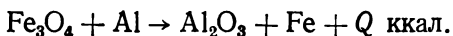
Газовая пористость характерна для отливок из алюминиевых сплавов. Причинами ее возникновения могут служить: загрязненная шихта, повышенная влажность формы, наличие в форме органических примесей, некачественное рафинирование и модифицирование расплава, неправильное устройство вентиляционной системы в форме, низкая газопроницаемость формовочной смеси.

В зависимости от химического состава существуют сплавы с широким и узким интервалами затвердевания. Для первых характерным является образование усадочной пористости, а для вторых — образование усадочных раковин.

Усадочная пористость — мелкие полости между кристаллами сплава, расположенные по всему объему отливки или в середине стенок.

Усадочные раковины — крупные открытые или закрытые полости в отливке, имеющие шероховатую поверхность. Усадочные раковины образуются в массивных местах, которые затвердевают в последнюю очередь. Причиной их образования служит уменьшение объема при затвердевании, т. е. усадка.

Для предотвращения образования усадочных раковин необходимо создавать направленное затвердевание отливки, применять прибыли, внутренние и внешние холодильники. Для повышения эффективности действия питающих прибылей в них создают избыточное газовое давление. В полость формы, где располагается прибыль, устанавливают патрон с углекислым кальцием CaCO_3 . Последний при нагреве разлагается: $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. Образовавшийся углекислый газ давит на расплав, который питает отливку. С этой же целью используют формовочные смеси, содержащие окалину Fe_3O_4 и алюминиевую пудру. Эту смесь в виде стержневой вставки при формовке располагают вокруг прибыли. Под действием теплоты расплава в смеси происходит химическая реакция



Она сопровождается выделением значительного количества теплоты, поэтому увеличивается время затвердевания металла в прибыли. Чем дольше металл в прибыли остается жидким, тем лучше ее питающее действие.

Неметаллические включения. Источником неметаллических включений в отливках служат шлаки, футеровка плавильных печей, ковшей, окислы, образующиеся при переливе металла. Неметаллические включения образуются при заливке, если стенки формы размываются металлом или возникают ужимины, обвал формы и т. п.

Шлаковые включения чаще всего имеют серый цвет различных оттенков. Они располагаются в верхних частях и на поверхности отливок. Шлаки задерживают при разливе металла. Для этого используют ковши специальной конструкции. Например, при заливке чугуна применяют чайниковые ковши, ковши с перегородкой. Сталь разливают стопорными ковшами, при этом металл вытекает через отверстие в дне ковша. В литейной форме шлак задерживают при помощи фильтров. Они выполняются в виде сеток из стеклоткани или тканей из кремнийорганических материалов, в виде шамотных вставок и песчаных стержней с отверстиями. Величина отверстий в таких фильтрах зависит от вязкости расплава: чем выше вязкость, тем больше должно быть отверстие. Применяют и так называемые шариковые фильтры, состоящие из слоя огнеупорных керамических шариков диаметром 5—6 мм. Возможные места установки фильтров в литейной форме показаны на рис. 51, а. Для улавливания в каналах литниковых систем шлаков, пены, песка применяют различные типы шлакоуловителей (рис. 51, б). В отливках встречаются открытые, закрытые, полностью или частично заполненные формовочной и стержневой сме-

сью полости. Такие полости образуются вследствие местного разрушения формы или стержня, в частности, при разрушении стенок каналов литниковой системы, если прочность формовочной смеси низкая. Это обычно имеет место в зоне поворота или пережима струи, в дросселях. Образованию такого дефекта способствует высокая температура заливки, увеличение продолжительности заливки и удары металла о стенки литниковых каналов. Песчаные

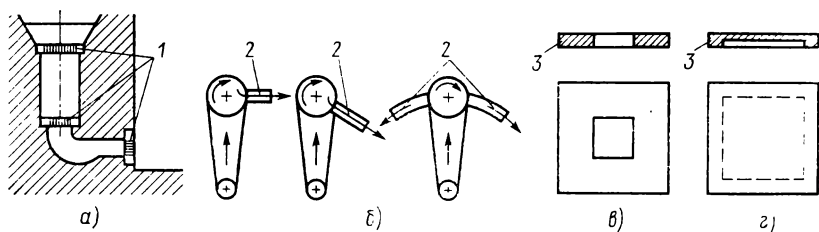


Рис. 51. Мероприятия по предупреждению дефектов отливок:

а — установка фильтров (1); б — выполнение шлакоуловителей (2); в — выполнение квадратного отверстия (3); г — создание ребра жесткости (4)

включения могут появляться в отливке при небрежном выполнении операций сборки формы, кусочки смеси попадают в полость формы и захватываются металлом при заливке.

Плены. При контакте расплавленного металла с кислородом, азотом воздуха образуются продукты взаимодействия: окислы, нитриды. Они, как правило, имеют более высокую температуру плавления, чем металл, поэтому находятся в металле или на его поверхности в виде твердых плен. Многие окислы, например, алюминия Al_2O_3 , хрома Cr_2O_3 , титана TiO_2 не растворяются в расплаве. При движении металла по каналам литниковой системы пленки могут попасть в металл. На отливке возникает шероховатая поверхность. Плены могут располагаться и внутри отливок, что нарушает ее сплошность, снижает прочность, герметичность. На процесс образования плен существенно влияет температура расплава и состав атмосферы в полости формы (окислительная или восстановительная).

Одним из способов устранения плен является создание в полости формы активной восстановительной атмосферы, предотвращающей окисление сплавов, введение микродобавок некоторых элементов. Для хромистых сталей такими добавками служит бор (0,03—0,06%). Резкому уменьшению процессов образования плен способствует применение вакуума при плавке и заливке сплавов.

Горячие трещины имеют окисленную поверхность, образуются чаще всего в местах перехода от толстого к тонкому сечению отливки, в углах отливки, в местах подвода металла, в местах затрудненной усадки; заметны при наружном осмотре.

Причинами образования горячих трещин являются: недостаточная податливость формы и стержней, неправильное расположение

каркасов в стержнях, высокая температура заливки. Образование таких дефектов можно предотвратить, конструируя отливки с равномерными сечениями стенок и плавными переходами, а также уменьшением торможения усадки отливки формой и стержнями.

Холодные трещины — результат действия напряжений при торможении усадки, которое возникает вследствие неравномерного охлаждения отдельных частей отливки. Они имеют слабоокисленную поверхность.

Причинами образования холодных трещин могут быть: низкая пластичность сплава, сильные и резкие удары по отливке при отделении питателей, при выбивке из формы и при выбивке стержней. Это важно иметь в виду при изготовлении отливок из алюминиево-магниевого сплава, хрупких в литом состоянии. Трещины выявляют внешним осмотром, рентгеновским, люминесцентным контролем, приемами цветной дефектоскопии.

Вследствие неравномерного охлаждения отливок в их стенках возникают внутренние напряжения. Их появление ведет к нарушению геометрической точности — **короблению**. Если величина остаточных напряжений превысит предел прочности сплава на растяжение, образуются трещины. Коробление отливок тем больше, чем неравномернее толщина стенок и чем выше скорость охлаждения. Для уменьшения коробления делают ребра жесткости, изменяют места подвода металла в форму, уменьшают скорость охлаждения отливок и т. п. На рис. 51, в показаны возможные изменения конструкции, способствующие устранению коробления плоских отливок. В центре плиты можно выполнить квадратное отверстие или уменьшить толщину плиты при одновременном создании ребер жесткости по ее краям (рис. 51, г).

Изменение конфигурации отливок — образование недоливов, заливов, перекосов, разностенности, спаев, распоров, коробления, механических повреждений, несоответствие размеров отливки чертежу.

Недоливы образуются в местах, наиболее удаленных от места подвода металла в полость формы, в тонких стенках отливки. Образование недолива происходит из-за недостаточной жидкотекучести сплава, неправильной конструкции литниковой системы, низкого статического напора металла и других причин.

Заливы — приливы на отливке, не предусмотренные чертежом. Чаще всего образуются по разъему формы, в знаковых частях стержней. Причины возникновения — неисправность модельной и опочной оснастки, небрежная сборка форм, недостаточное нагружение формы.

Перекосы и разностенность — сдвиг одной части отливки по отношению к другой, образуются из-за неправильного центрирования опок, слабого крепления стержней в полости формы, использования деформированных стержней.

Спаи — сквозные или поверхностные щели с округлыми краями в стенке отливки, образуются преждевременно затвердевшими

струями сплава. Причина образования — низкая температура металла, прерывание заливки металла, неправильная конструкция литниковой системы или неправильный выбор места подвода металла в полость формы, низкая газопроницаемость смеси. В последнем случае в полости формы может возникнуть противодействие, которое воспрепятствует заполнению формы расплавом.

Распоры — утолщения на отливке, иногда с шероховатой поверхностью, возникают при недостаточном уплотнении форм, высоком статическом напоре металла.

Несоответствие размеров и массы отливок имеют место при отклонении режимов формовки и заливки от заданных из-за износа модельной или опочной оснастки, нарушений правил обрубки отливок и т. п.

Механические повреждения отливки обычно получают при выбивке, транспортировании, отделении литников и прибылей, обрубке.

Отклонение химического состава сплава от заданного может произойти из-за неточного химического анализа шихтовых материалов, неправильного расчета шихты, нарушения режимов плавки.

Исправление дефектов. Трещины, усадочные дефекты отливок могут быть исправлены сваркой металлическими электродами. Дефекты стальных отливок исправляют электросваркой. Для заварки отливок из сталей 20 и 25 используют электроды Э42, для стали 35 и 55 — электроды Э50. Коррозионностойкую сталь сваривают электродами ЭА1, сталь 110Г13Л — электродами ЭНХ 20. Дефекты чугунных отливок устраняют электрической или газовой сваркой. Для этого используют чугунные электроды или стальные с графитизирующим покрытием, а отливку перед сваркой осторожно подогревают.

Поверхностные дефекты, не влияющие существенно на прочность отливок, работающих в водной, щелочной среде, слабых кислотах, эмульсиях, исправляют с помощью композиции на основе эпоксидных смол. В их состав кроме смолы входят отвердитель, пластификатор и наполнитель. Применяют волокнистые наполнители (металлическую стружку, стеклоткань), которые увеличивают прочность, и порошковые (алюминиевую пудру), повышающие вязкость композиции. Вязкие композиции используют для устранения дефектов на вертикальных стенках крупных отливок.

Отверждение смолы происходит при комнатной температуре или при нагреве, что увеличивает скорость отверждения. Перед заделкой дефектов с их поверхностей удаляют окислы (ржавчину) и пригар, обезжиривают ацетоном, бензином, растворителем. Места, где расположены мелкие трещины и раковины размером до 1 мм, предварительно подогревают. Это улучшает их заполняемость смолой.

Компоненты композиции токсичны, поэтому все работы с эпоксидными смолами необходимо проводить при наличии приточно-вытяжной вентиляции.

В процессе эксплуатации отливки воспринимают различные нагрузки: растягивающие, сжимающие, изгибающие; многие рабочие поверхности отливок работают на истирание, износ. Поэтому для установления соответствия механических свойств металла отливки требуемым проводят испытания металла отливок на растяжение, сжатие, изгиб, твердость и т. д. При приложении нагрузки металлы и сплавы, из которых изготавливают отливки, деформируются.

Деформация — изменение формы или размеров твердого тела в результате механического воздействия (нагрузки). Деформация увеличивается при возрастании внешней нагрузки, при превышении предела прочности. Процесс завершается разрушением материала. Различают упругую деформацию, исчезающую после удаления нагрузки, и пластическую, оставшуюся после удаления нагрузки. Деформация металла может быть выражена графически в виде зависимости $P - \epsilon$. Деформация при различных видах испытаний показана на рис. 52. Весь процесс деформации условно делят на три стадии (рис. 53):

1) упругих деформаций (участок AB), взаимосвязь между силой и деформацией линейна; 2) упругопластических деформаций (участок BB), взаимосвязь между силой и деформацией нелинейна; 3) стадию разрушения (точка B).

Различают хрупкое и пластичное состояние металлов. В хрупком состоянии металл разрушается без заметной пластической деформации (рис. 54), в пластичном состоянии разрушению предшествует значительная пластическая деформация.

Испытание на растяжение и сжатие. Для проведения испытаний на растяжение применяют специальные цилиндрические или плоские образцы (рис. 55). Они могут быть вырезаны из отливки или из специальных проб, отливаемых из металла той же плавки, что и отливка. В отдельных случаях при изготовлении крупных отливок на их поверхности делают специальные приливы, из которых затем вырезают образцы для механических испытаний. Из

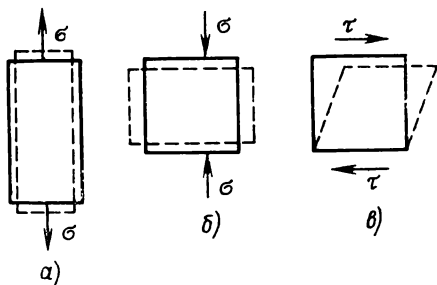


Рис. 52. Деформация металлических образцов при испытаниях на растяжение (а), сжатие (б), сдвиг (в)

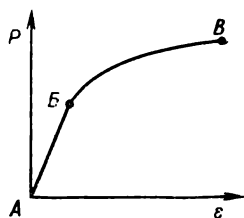


Рис. 53. Зависимость ϵ от P

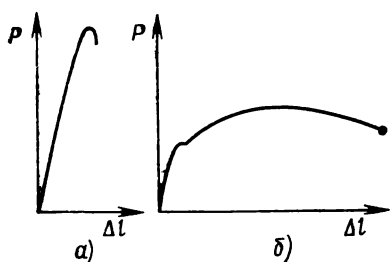


Рис. 54. Зависимость Δl от P для чугуна (а) и стали (б)

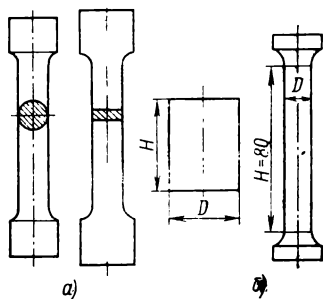


Рис. 55. Образцы для испытаний на растяжение (а) и сжатие (б)

упругопластичных металлов изготавливают образцы с головками, из очень пластичных — без головок, а захваты выполняют с насечкой. Из хрупких материалов (чугуна, закаленной стали) делают образцы с большим радиусом закругления у головки, чем, например, из незакаленной стали. Допустимые отклонения размеров рабочих частей образцов размером до 10 мм составляют не более 0,1 мм.

Испытание на сжатие проводят на цилиндрических образцах двух типов — коротких и «восьмикратного удлинения». Такие испытания проводят, в основном, для материалов с низким уровнем пластичности, например, чугуна. Отношение высоты к диаметру образца обычно 1 : 2. Хрупкие материалы при сжатии разрушаются срезом или скалыванием, пластичные — деформируются без разрушения. Для уменьшения трения по торцам образца при испытании на сжатие наносят разнообразные смазки.

Испытания образцов проводят на специальных машинах, обычно на механических или гидравлических прессах. Мощность этих машин может быть различна, в зависимости от прочности испытываемого материала, размеров образца.

Образец устанавливают головками в специальные приспособления так, чтобы не создавалось перекосов. Затем головки образца зажимают в приспособлении, устанавливают ограждение вокруг образца во избежание разлета его остатков при испытании. После этого включают машину и производят нагружение образца.

Диаграмму деформации при растяжении записывают с помощью диаграммного устройства на испытательной машине в координатах растягивающая сила P — удлинение образца ϵ . Эта диаграмма может быть перестроена с учетом уменьшения площади образца при растяжении в координатах σ — Δl .

При этом определяют предел прочности, соответствующий наибольшей растягивающей силе $P_{\max}$, $\sigma_b = P_{\max}/F_0$, где F_0 — площадь образца до испытания. Относительное удлинение образца $\epsilon = \Delta l/l_0$, где Δl — абсолютное удлинение образца; l_0 — длина образца до испытания.

Испытание на изгиб проводят по трехточечной или четырехточечной схеме, прикладывая к образцу, установленному на двух опорах, сосредоточенную в определенных местах нагрузку. При трехточечной схеме нагрузку прикладывают в месте, равноудаленном от опор. При четырехточечной нагрузку прикладывают в двух местах. Во втором случае результат испытания более надежен, но из-за усложнения схемы применяется реже. Образцы имеют прямоугольное сечение. Испытания на изгиб проводят обычно на машинах, используемых при испытаниях на разрыв и сжатие.

Чугунные образцы изготавливают диаметром 30 мм и длиной 650 мм или диаметром 30 мм и длиной 340 мм. Расстояние между опорами соответственно 600 и 300 мм. Широкое применение испытаний на изгиб обусловлено тем, что многие детали машин при работе испытывают изгибающие нагрузки.

Испытание на изгиб образцов из хрупких материалов сопровождается разрушением. Пластичные материалы при таком испытании деформируются, а не разрушаются.

Определение твердости. Твердость — сопротивление материала местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твердого тела — наконечника (индентора).

Индентор изготавливают из прочного и твердого материала, его деформацией можно пренебречь. Испытания на твердость менее сложны, чем другие виды механических испытаний. Контроль свойств можно вести в малых объемах материалов.

Применяют статические и динамические методы контроля твердости. Среди статических чаще используют методы Бринелля, Виккерса, Роквелла.

Метод Бринелля. Это испытание оценивает способность материала деформироваться только в пластической области, без разрушения образца (рис. 56, а). За меру твердости HB принимают отношение средней сжимающей нагрузки к площади F поверхности отпечатка диаметром d и глубиной t , который образуется при вдавливании силой P_1 шарика диаметром D :

$$HB = \frac{P_1}{F}, \text{ где } F = \frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi D}{2} \sqrt{D^2 - d^2}, \text{ или } F = \pi D t.$$

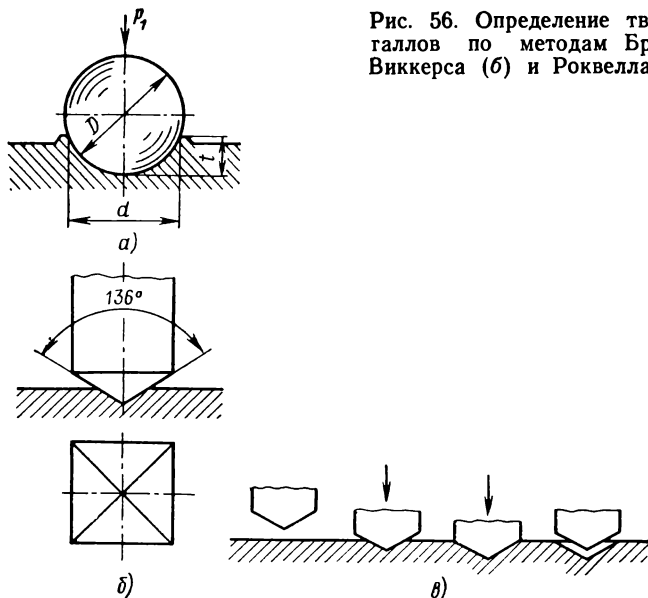
Диаметр отпечатка $0,2 < d < 0,6 D$. Время выдержки под нагрузкой строго ограничивают (10 или 60 с).

Для испытаний черных металлов твердостью 140—450 HB используют образцы толщиной 2—6 мм, шарики диаметрами 2,5 мм; 5; 10 мм, нагрузка 162,5—3000 кгс (1592,5—29 400 Н). Время выдержки под нагрузкой — 10 с.

Для испытаний цветных металлов твердостью 8—130 HB изготавливают образцы толщиной 3—9 мм. Диаметр шарика — 2,5; 5; 10 мм, нагрузка 15,6—3000 кгс (152,88—29 400 Н), время выдержки под нагрузкой 20 или 60 с.

По методу Виккерса твердость HV определяют вдавливанием алмазной четырехгранной пирамиды с двугранным углом,

Рис. 56. Определение твердости металлов по методам Бринелля (а), Виккерса (б) и Роквелла (в)



равным 136° при вершине (рис. 56, б). Это очень чувствительный метод испытания, пригодный для определения свойств металлов даже в тонких поверхностных слоях.

Величина нагрузки на индентор 1—50 кгс (9,8—490 Н), чем больше толщина образца, тем больше нагрузка. Размер отпечатка определяют измерительным микроскопом.

Метод Роквелла (с предварительным нагружением) применяют при контроле твердых (закаленных) металлов. Испытания ведут с помощью стального шарика или алмазного индентора с углом при вершине 120° . Сущность этого метода состоит в том, что сначала к индентору прикладывается предварительная нагрузка, равная 10 кгс, 98 Н, затем основная 90 или 140 кгс (882 или 1372 Н) (рис. 56, в). За единицу твердости принята величина, соответствующая осевому перемещению наконечника на 0,002 мм.

В тех случаях, когда необходимо оценить свойства металлов в очень малых объемах определяют микротвердость. Наконечник прибора (индентор) представляет собой алмазную четырехгранную пирамиду. Нагрузка на индентор 10—100 г, отпечаток получают размером 5—30 мкм. Образец, предназначенный для испытания, предварительно полируют и устанавливают в прибор типа ПМТ-2 или ПМТ-3, который представляет собой оптический микроскоп, оснащенный механизмом нагружения. На поверхности образца намечают место испытания, затем поворотом револьверной головки вместо объектива точно над тем же местом устанавливают индентор и проводят нагружение. На образец из стали нагрузка действует 30 с, из цветных металлов — 3 мин. Затем

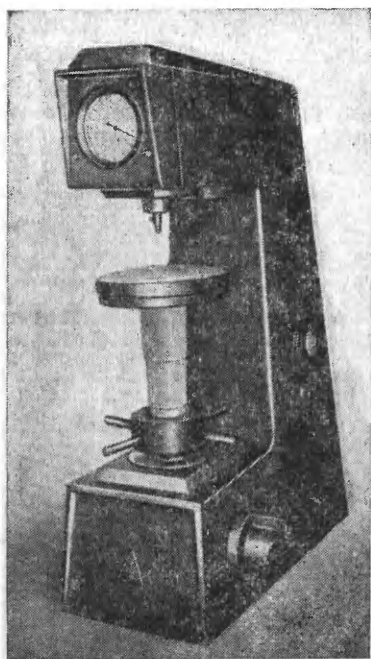


Рис. 57. Прибор для контроля микротвердости

нагрузку снимают, обратным ходом головки над местом испытания устанавливают объектив, рассматривая образец через окуляр, снабженный координатной масштабной сеткой, измеряют диагональ отпечатка. Внешний вид прибора показан на рис. 57.

Испытание на удар. При некоторых режимах термической обработки возникает склонность металлов хрупкому разрушению (отпускная хрупкость, хладноломкость). Эти виды хрупкости не всегда обнаруживаются при обычных видах испытания на сжатие, растяжение, но могут быть определены испытанием на удар. При ударе переход из пластического состояния в хрупкое происходит у многих сталей при комнатной температуре.

Наиболее распространенным испытанием является определение ударной вязкости — испытание образцов квадратного сечения с надрезом. Образец имеет размеры $10 \times 10 \times 55$ мм, расстояние между

опорами 40 мм (рис. 58, а). Надрез создает концентрацию напряжений. При испытании определяют работу A_k , затраченную на разрушение образца. Эту работу относят к площади поперечного сечения в месте надреза и получают ударную вязкость $a_k = A_k / F_k$.

Испытания проводят на копре, снабженном бойком (рис. 58, б). Скорость бояка к моменту испытания 5—7 м/с. Наиболее широко распространены вертикальные копры. Схема к расчету копра показана на рис. 58, в. На оси копра имеется маятник. Перед испытанием его поднимают в крайнее верхнее положение. В верхнем положении он обладает потенциальной энергией $A_1 = Gh_1 = Gr(1 - \cos \alpha)$, где G — масса маятника; h_1 — высота маятника перед испытанием r — расстояние от центра тяжести маятника до оси вращения; α — угол подъема маятника перед испытанием. Образец устанавливают на опоры, отпускают защелку маятника. Маятник, опускаясь вниз, разрушает образец. Продвигаясь дальше после разрушения, он отклоняется на некоторый угол β . Кинетическая энергия маятника после разрушения образца $A_2 = Gh_2 = Gr(1 - \cos \beta)$, где h_2 — высота маятника после испытания; β — угол подъема маятника после испытания. Работа, затраченная маятником на разрушение, $A_1 - A_2 = Gr(\cos \beta - \cos \alpha)$. На маятниковых копрах могут быть установлены различные приспособления, по которым легко регистрировать работу, затраченную на разрушение.

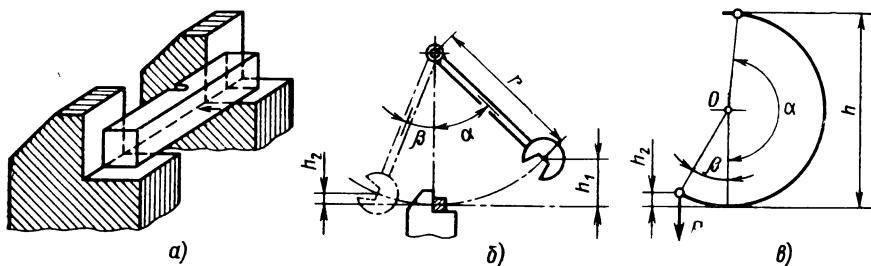


Рис. 58. Испытания на удар:

а — положение образца на опорах перед испытанием; *б* — схема испытания; *в* — к расчету копра

Испытания на кручение проводят для деталей, работающих на кручение, например, для валов редукторов.

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Механические испытания металлов и сплавов не могут дать полного представления о свойствах отливок. В то же время размер, форма, взаимное расположение кристаллов, наличие неметаллических включений оказывают большое влияние на их свойства. С целью изучения структуры металлов и сплавов применяют металлографический анализ, который позволяет исследовать их строение невооруженным глазом или под микроскопом. Основными методами металлографического анализа являются макроанализ и микроанализ.

Макроанализ — изучение строения металла наблюдением его поверхности невооруженным глазом или при небольших увеличениях (под лупой). Изучают строение поверхности излома металла, либо вырезают из отливки образец, шлифуют его грань и подвергают травлению специальными реактивами.

Макроанализ часто служит для нахождения отдельных участков образца с дефектами для последующего детального изучения при больших увеличениях. Макроанализ дает возможность определить большое число литейных дефектов в отливках: усадочные и газовые раковины, трещины, дендритное (грубое) строение и зону равноосных кристаллов в литом металле; химическую неоднородность (ликвацию) и др.

Для выявления дефектов, связанных, в основном, с несплошностью металла, подготавливают макрошлифы, вырезанные из отливки (темплеты), которые затем подвергают травлению. Для травления используют водные растворы кислот, поэтому работать необходимо при наличии вытяжной вентиляции и в резиновых перчатках. Шлифы брать пинцетом или щипцами. Шлифы подвергают глубокому или поверхностному травлению. Поверхностное травление позволяет выявить дендритное строение, зоны ликва-

ции, трещины в отливках. При глубоком травлении углеродистых и легированных сталей используют 50%-ный водный раствор соляной кислоты. Шлифы травят при 60—70°С в течение 15—35 мин. Коррозионностойкие стали травят смесью, состоящей из соляной кислоты HCl (1000 мл), азотной кислоты HNO₃ (100 мл) двуххромовокислого калия K₂Cr₂O₄ (250 мл) и воды (1000 мл). Температура травления 60—70°С продолжительность 30—40 мин.

Для определения ликвации углерода и фосфора используют реактив состоящий из 85 г хлористой меди CuCl₂ и 53 г хлористого аммония NH₄Cl (на 1000 мл воды). Принцип травления основан на химической реакции $2\text{Fe} + \text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl} + \text{Cu}$. Образовавшаяся медь оседает на поверхности шлифа. Участки, содержащие различное количество углерода и фосфора, травятся с различной скоростью. Обогащенные углеродом и фосфором участки окрашиваются в более темный цвет. Этот способ лучше применять для сталей с содержанием углерода до 0,6%.

Для выявления распределения серы фотобумагу при обычном дневном свете смачивают в 5%-ном водном растворе серной кислоты H₂SO₄, слегка промакивают фильтровальной бумагой. Заранее изготовленный макрошлиф укладывают на фотобумагу, которую прокатывают резиновым валиком для удаления пузырьков воздуха. Бумагу выдерживают на шлифе 2—3 мин. Сульфиды металлов FeS, MnS, расположенные в плоскости шлифа, реагируют с серной кислотой, оставшейся на фотобумаге, $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{FeSO}_4$; $\text{MnS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{FeSO}_4$. Сероводород H₂S взаимодействует с бромистым серебром фотоэмульсии: $\text{H}_2\text{S} + 2\text{AgBr} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2\text{HBr}$. Выделяется Ag₂S — сернистое серебро темного цвета. Оно указывает наличие сульфидов металлов именно в данном месте шлифа. Фотобумагу затем промывают в воде, фиксируют 20—30 мин в водном растворе гипосульфита, промывают в воде и высушивают.

Микроанализ — изучение внутреннего строения металлов по шлифам с помощью оптического или электронного микроскопа. В однофазных сплавах и чистых металлах определяют размеры зерен, их форму, ориентацию, дендритное строение, а также дефекты строения кристаллов. В многофазных сплавах выявляют число, форму, размеры включений отдельных фаз. Измерением площадей, занимаемых различными фазами, можно определить объемное или массовое процентное содержание каждой фазы (при известной плотности фаз).

Микроанализом можно установить состояние сплава, т. е. находится ли сплав в литом состоянии, или он подвергался пластической деформации, термообработке.

Поверхность, подлежащая изучению, должна быть отшлифована и отполирована для лучшего отражения световых лучей. Образцы для микроанализа размером 10×10×15 мм вырезают из различных частей отливки. В различных местах отливки толщина стенок может быть неоднородной, условия затвердевания и охлаждения различными. Поэтому структуры металла в толстой и тонкой стен-

как могут существенно отличаться. Иногда выбирают плоскость шлифа, параллельную направлению отвода теплоты Q , для того чтобы определить структуру поверхностных и глубинных слоев металла (рис. 59).

При изготовлении микрошлифов выполняют ряд операций. Образец вырезают из отливки (если ее размеры значительны) фрезерованием или на шлифовальных станках отрезными абразивными кругами с охлаждением. Поверхность образца шлифуют на станке вручную. Иногда его помещают в металлическую трубчатую оправку и заливают эпоксидными смолами, легкоплавкими сплавами (сплавом Вуда) или запрессовывают в термореактивные смолы или термопластики (полистирол, стиракрил). После этого образец в оправке подвергают дополнительному шлифованию на вращающихся дисках или вручную на абразивной бумаге. В последнем случае под бумагу подкладывают гладкое основание (стекло). Образец шлифуют абразивами, размеры зерен которых последовательно уменьшаются. При каждом уменьшении размеров зерен направление движения шлифа изменяют на 90° . Продукты шлифования (металл, зерна абразива) удаляют водой. Реже применяют сухое шлифование. Шлифы из очень мягких металлов шлифуют, срезая тонкие (1—20 мкм) слои металла специальными ножами. Поверхность шлифа полируют механическим, химико-механическим и электрохимическим способами.

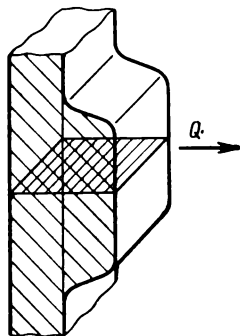


Рис. 59. Расположение плоскости шлифа при контроле микроструктуры отливки

При механическом полировании используют диски, вращающиеся со скоростью 400—1000 об/мин. На поверхность диска диаметром до 250 мм наклеивают или накладывают фетр, сукно и периодически или непрерывно при вращении наносят полирующую водную суспензию. В качестве абразива в суспензию вводят порошки окиси хрома Cr_2O_3 , окиси алюминия Al_2O_3 . Полировальный круг должен быть постоянно влажным, нажим образца на круг — небольшим. Полирование металлов с твердыми включениями или поверхностными покрытиями ведут алмазными абразивными материалами. Размер зерен абразивов ≈ 2 мкм.

Химико-механическое полирование проводят с помощью полировального круга, но вместе с водно-абразивной суспензией на круг наносят травящие металл химические реактивы, что ускоряет процесс полирования.

При электрохимическом полировании образцы помещают в электролитическую ванну и соединяют с ее положительным электродом. В качестве катода применяют пластину из коррозионно-стойкой стали. Образец устанавливают напротив катода. Этот способ позволяет ускоренно проводить процесс полирования, не создается наклепа на поверхности образцов, что важно при поли-

ровании металлов невысокой твердости. Исключается вероятность выкрашивания твердых и хрупких включений.

Основным инструментом для контроля структуры металла является металлографический микроскоп (рис. 60). Контроль ведут в отраженном свете.

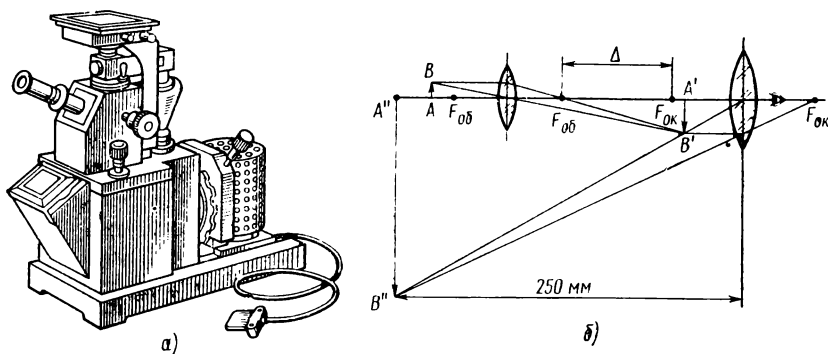


Рис. 60. Металлографический микроскоп МИМ-7 (а) и его оптическая схема (б)

Этот прибор состоит из двух оптических систем: объектива, направленного к объекту исследования, и окуляра, обращенного к глазу человека. Объектив дает действительное увеличенное промежуточное изображение объекта, которое затем увеличивается окуляром. Общее увеличение микроскопа равно произведению увеличения объектива и окуляра $V_{\text{общ}} = V_{\text{об}} V_{\text{ок}}$. Количественной мерой разрешающей способности является минимальное расстояние c между двумя точками, которые еще видны раздельно,

$$c = \frac{\lambda}{n_{\text{в}} \sin \delta} = \frac{\lambda}{A},$$

где λ — длина световой волны; $n_{\text{в}}$ — коэффициент преломления воздуха; δ — половина отверстиеного угла объектива; A — числовая апертура. Максимальное полезное увеличение оптических микроскопов достигает $1600\times$.

При изучении микроструктуры металла вначале рассматривают под микроскопом шлиф без травления. Это позволяет оценить качество приготовления шлифа (отсутствие рисок), а также выявить несплошности металла (поры и т. п.), проступающие в виде темных участков. При этом может быть обнаружено наличие неметаллических включений, окрашенных в темный цвет. Число неметаллических включений определяют сравнением поверхности шлифа со специальными шкалами. Такой контроль ведут обычно при увеличении $100\times$.

Затем шлиф подвергают травлению. С целью создания на нем рельефной поверхности смеси для травления составляют таким

образом, чтобы избирательно протравить металлические и неметаллические фазы, границы зерен. Шлиф с полированной поверхностью погружают в раствор кислот, выдерживают определенное время, необходимое для растворения металла на поверхности, промывают водой, высушивают. Иногда шлиф травят реактивами, образующими на его поверхности осадок — продукт химической реакции между реактивами и одной из фаз сплава. Толщина слоя осадка различна на разных участках шлифа, и из-за интерференции световых волн в этих слоях он окрашивается в различные цвета. Это позволяет различать фазы в сплаве.

Термическое травление ведут при нагреве образца в окислительной атмосфере. Окисленные тонкие слои металла вследствие интерференции окрашиваются. Цвет зависит от толщины слоя окислов. Катодное травление и осаждение магнитного порошка используют реже.

Для определения размеров зерен на фотографии микроструктуры очерчивают группы кристаллов по границам зерен, определяют специальным прибором (планиметром) очерченную площадь и подсчитывают число зерен на этой площади. Средняя площадь зерна

$$A_z = \frac{10^6 A_{\phi}}{k V_{\text{общ}}^2},$$

где A_{ϕ} — площадь зерен на фотографии; $V_{\text{общ}}$ — увеличение микроскопа; k — число подсчитанных зерен.

Если зерна металла имеют вытянутую форму, применяют метод секущих линий. На фотографии структуры проводят параллельные линии длиной L и подсчитывают число зерен, пересекаемых этими линиями. Средний диаметр зерна

$$D_z = \frac{10^3 L}{m V_{\text{общ}}},$$

где m — число зерен на этих линиях; $V_{\text{общ}}$ — увеличение микроскопа.

Для получения более полной информации о зерновом строении металла используют метод статистического анализа. Он позволяет определить средний размер зерен, рассеяние их размеров (дисперсию) и другие параметры.

Количественное соотношение различных фаз определяют измерением их площадей на фотографиях структур. Число точечных дефектов и неметаллических включений определяют подсчетом точек в поле зрения микроскопа или оценивают сравнением со специальными шкалами, используемыми в качестве эталонов. Эти методы трудоемки. В последнее время для таких исследований применяют телевизионные микроскопы, с помощью которых сравнивают яркость различных плоскостей шлифа, с эталоном яркости. Так судят о числе включений в металле.

К неразрушающим методам относят визуальный контроль, контроль точности отливок, шероховатости поверхности, магнитную дефектоскопию, рентгенодефектоскопию, гамма-дефектоскопию, ультразвуковой контроль, токовихревой контроль, капиллярную дефектоскопию, контроль герметичности и плотности отливок и др.

Визуально контролируют качество поверхности, наличие трещин, воспроизведение контура отливок и т. п. Визуальный контроль основан на различном отражении света от дефектной и качественной поверхности. Поверхность материала изучают невооруженным глазом или с помощью лупы. В последнем случае возможно обнаружить поверхностные дефекты размером до 0,01 мм.

Контроль точности отливок. Под точностью отливки понимают степень приближения истинных размеров отливки к размерам, указанным на чертеже. Размеры отливки могут отличаться от заданных чертежом из-за усадки сплава, неточности выполнения оформляющих элементов формы, износа штырей и модели, зазоров между разъемными частями формы, зазоров в подвижных стержнях металлической пресс-формы, коробления песчаных стержней при сушке и др. Способы литья в металлические формы обеспечивают более высокую точность изготовления отливок, по сравнению с литьем в песчаные формы.

Контроль шероховатости поверхности отливок. Шероховатость поверхности — совокупность микронеровностей, рассматриваемых в пределах базовой длины l . Результат контроля отображается на шкале прибора и графически на бумажной ленте. Оценивается среднее арифметическое отклонение размеров от осевой линии. Величина шероховатости измеряется в мкм. Среднее арифметическое отклонение профиля Ra — среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля y в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где y_i — расстояние между точкой профиля и средней линией, измеренное по нормали, проведенной к средней линии через эту точку. Например, для отливок, имеющих 7 класс шероховатости, величина Ra составляет от 1,25 до 0,63 мкм.

Отливки 1—5 класса шероховатости оценивают величиной Rz . Эта величина есть высота неровностей профиля по десяти точкам — сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших максимумов H_{imax} и пяти наибольших минимумов H_{imin} профиля в пределах базовой длины

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |H_{imax}| + \sum_{i=1}^5 |H_{imin}|}{5}.$$

Например, для отливки 3 класса шероховатости Rz от 80 до 40 мкм.

Контроль шероховатости поверхности осуществляют контактными и бесконтактными приборами. Принцип действия контактных приборов (профилографов) состоит в ощупывании контролируемой поверхности алмазной иглой с радиусом закругления 2 или 10 мкм. Перемещение иглы по неровностям поверхности детали регистрируется специальной индуктивной или электронной системой, сигналы датчиков усиливаются и передаются на записывающие устройства. В промышленности применяют профилометр-профилографы мод. 201 и 202, цеховые профилометры мод. 240, портативные профилометры мод. 253.

Бесконтактные приборы (профилометры) — оптико-механические устройства. Их работа основана на принципе светового сечения (приборы ПСС) и теневого сечения (приборы ПТС).

Приборы светового сечения рассмотрены в гл. 2. В приборах теневого сечения на расстоянии 0,1 мм от объекта (детали) помещают линейку со скошенной поверхностью, которая срезает часть пучка света. На поверхности детали будет видна тень, отбрасываемая линейкой. Верхний край тени отображает профиль поверхности детали. Этот профиль рассматривают в микроскоп.

Приборы светового сечения используют для контроля поверхности 4—9 класса шероховатости, приборы теневого сечения — для контроля поверхности 1—3 класса шероховатости.

Контроль шероховатости поверхности чугунных отливок для станкостроения ведут по стандартным комплектам рабочих образцов шероховатости. Рабочие образцы для отливок, обработанных литой и колотой дробью, имеют высоту неровностей 80, 160, 320 и 630 мкм, для отливок, обработанных в галтовочном барабане, — 90, 160, 250 и 500 мкм. Комплект рабочих образцов состоит из 4 прямоугольных пластин размером $45 \times 30 \times 7$ мм в деревянной оправе, они установлены в общем футляре. Это простое и достаточно объективное средство контроля шероховатости крупных отливок.

Оценку шероховатости поверхности можно осуществлять фильтрационными приборами. В основу работы заложен принцип измерения количества воздуха, прошедшего в единицу времени через зазор между резиновой прокладкой и поверхностью отливки. В приборе поддерживается постоянное давление, он должен работать при постоянной температуре воздуха. Такой способ является косвенным.

Магнитная дефектоскопия (рис. 61). Среди методов магнитной дефектоскопии широко распространен магнитопорошковый метод. С его помощью удается обнаружить трещины шириной от 0,001 мм и глубиной 0,01 мм у поверхности детали. Метод применяется и для обнаружения внутренних дефектов отливок, находящихся на глубине не более 2 мм от поверхности детали.

Для выявления дефекта используют ферромагнитный порошок. Напряженность магнитного поля в месте дефекта больше, здесь

происходит скопление порошка. Выявлению небольших по размерам дефектов способствует то, что площадь, обработанная порошком, значительно больше, чем сам дефект. При этом методе могут использоваться ферромагнитные частицы, рассеянные: 1) в воздухе; 2) в жидкостях (керосине, воде, минеральных маслах).

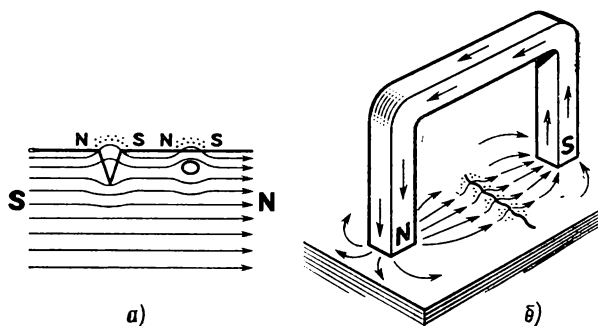


Рис. 61. Контроль трещин и неметаллических включений методом магнитной дефектоскопии в мелких (а) и крупных отливках (б)

Первый способ пригоден для обнаружения внутренних дефектов: второй — для контроля поверхностных дефектов. Контролю поддаются детали, изготовленные из ферромагнитного материала.

Основные операции контроля: очистка детали от загрязнений, обезжиривание, намагничивание детали, нанесение на поверхность порошка или суспензии, контроль, размагничивание детали.

Применяют 2 способа контроля: а) по остаточной намагниченности, когда деталь намагничивают, выносят из магнитного поля, затем наносят ферромагнитный материал; б) в приложенном магнитном поле — для так называемых магнитомягких материалов, которые характеризуются низким значением остаточной индукции. Первый способ предпочтительнее, так как можно устанавливать отливку в любом положении, загружать в ванну сразу несколько изделий, возможен полуавтоматический контроль, обеспечивается высокая производительность.

Рентгенодефектоскопия. Поглощение энергии рентгеновских лучей существенно зависит от плотности металла и строения атомов облучаемого материала, т. е. от его порядкового номера в таблице Менделеева. Если, например, интенсивность лучей, прошедших через стенку отливки из сплава на основе железа, ослабевает быстрее, чем лучей, прошедших через стенку отливки из алюминия, то и отклонения в толщине стенки, и дефекты в ней обнаружить легче, чем в алюминии или магнии.

Степень поглощения рентгеновских лучей зависит от длины их волны. Чем меньше длина волны (жестче излучение), тем выше их проникающая способность. Рентгеновские лучи обладают свой-

ством воздействовать на фотопленку. Чем больше энергия лучей, прошедших через отливку, тем сильнее их воздействие. Пленку для повышения чувствительности покрывают эмульсией с обеих сторон, причем наносят ее более толстыми слоями, чем обычно. Фотопленку обрабатывают обычным способом: проявляют, промывают в воде и фиксируют.

Рентгенодефектоскопией находят газовые раковины, так как они меньше поглощают лучи, чем шлаковые и песочные. Ликвация сплава может четко выявляться только в том случае, если атомный номер ликвирующего элемента отличается от атомного номера основного металла. Отдельные мелкие поры практически не выявляются, но места их скопления (рыхлость) определяются успешно. Трещины и расслоения, расположенные перпендикулярно лучам, распознать трудно.

После обрубки и очистки отливки нумеруют в соответствии с технологической картой, размечают и просвечивают. Фотопленку помещают в пакет из светонепроницаемой бумаги, подкладывают свинцовый лист или лист резины, содержащей свинец, чтобы уменьшить фон излучения. В таком виде пленку укладывают под отливку или в полость отливки. Сверху направляют рентгеновские лучи (рис. 62). На контролируемых местах устанавливают свинцовые цифры (номер детали и номер участка или номер лаборатории). Для просвечивания отливок из магниевых сплавов применяют трубки с относительно невысоким напряжением (до 65 кВ), для алюминиевых отливок — до 120 кВ, а для стальных — до 400 кВ. Время просвечивания не должно превышать 10—12 мин, в противном случае пленка будет завуалирована рассеянным излучением, на фоне которого трудно определить наличие дефектов.

В промышленности используют стационарные рентгеновские аппараты РУП-60-20-1М, РУП-150-10, РУП-150-300-10, РУП-200-20-5, РУП-400-5-1 и переносные РУП-120-5-1 и РУП-200-5-1 (табл. 11).

Гамма-дефектоскопия. Метод основан на просвечивании отливок гамма-лучами. Источниками лучей в дефектоскопах являются

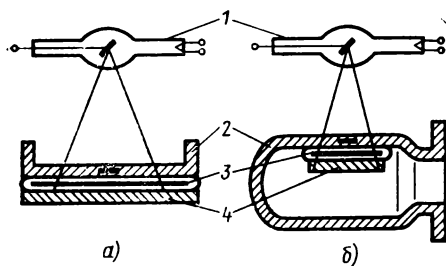


Рис. 62. Контроль плоской отливки (а) и отливки для работы под давлением (б) рентгеновскими лучами:

1 — рентгеновская трубка; 2 — отливка; 3 — фотопленка; 4 — защитный экран

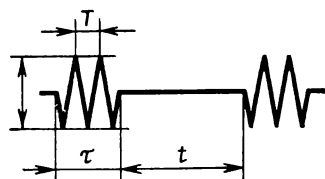


Рис. 63. Схема ультразвуковых импульсов

Технические характеристики рентгеновских аппаратов

Тип аппарата	Напряжение, кВ	Анодный ток, мА	Мощность, кВт	Основной компонент сплава	Наибольшая просвечиваемая толщина, мм
РУП-60-20-1М	10—60	20	2,5	Mg Al Ti Fe	90 70 10 4
РУП-150-10	35—150	10	2,5	Mg Al Ti Fe	200 140 45 18
РУП-150-300-10	35—150	10	5	Mg Al Ti Fe Cu	250 200 50 22 15
РУП-200-20-5	200	20	7	Ti Fe Cu	80 40 30
РУП-400-5-1	400	5	4	Fe Cu	75 58
РУП-120-5-1	120	5	2	Mg Al Ti Fe Cu	150 130 40 15 11
РУП-200-5-1	200	5	2,5	Mg Al Ti Fe Cu	240 200 65 30 20

искусственно полученные в ядерных реакторах радиоактивные изотопы кобальта, цезия и некоторых других элементов.

Для контроля деталей используют переносные, передвижные и стационарные дефектоскопы. При исследовании источник излучения размещают на определенном расстоянии от детали, с другой стороны детали устанавливают кассету с фотопленкой. Светочувствительный слой пленки реагирует на гамма-лучи, т. е. засвечивается в местах интенсивного облучения. Если в отливке есть, например, раковина, то гамма-лучи в этом месте будут поглощаться менее интенсивно, и поэтому после проявления на фото-

пленке образуется темное пятно. Этим методом можно обнаружить дефекты, размер которых составляет 0,5—1% от толщины стенки отливки. Поглощение гамма-лучей при прохождении через отливку зависит от химического состава сплава, плотности и толщины стенки.

Для определения глубины расположения дефекта в отливке делают два снимка, изменяя расположение ампулы с изотопом — источником излучения. Принцип работы передвижного гамма-дефектоскопа типа ГУП заключается в следующем. В дефектоскопе имеется массивный чугунный контейнер, в нем — свинцовый контейнер, в котором хранится ампула с изотопом. Когда необходимо выполнить контроль, ампула специальным тросовым механизмом перемещается в рабочий контейнер. Он выполнен также из чугуна, облицован изнутри свинцом. После окончания просвечивания ампулу с изотопом возвращают в контейнер. В качестве источника лучей в них использован изотоп кобальта ^{60}Co активностью 5 или 50 грамм-эквивалентов радия. Глубина просвечивания отливок из сплавов на основе железа — до 200 мм, на основе титана до 300 мм, на основе алюминия до 500 мм и магниевых сплавов до 400 мм.

Ультразвуковой контроль. Ультразвук — упругие волны с частотой от 20 кГц до 10 МГц, распространяющиеся в однородном твердом теле прямолинейно. Поверхность отливки является границей раздела двух тел с разными акустическими свойствами. Ультразвуковые волны отражаются от поверхностей, пустот в металлических деталях (трещин, различного рода раковин).

Существуют 5 методов ультразвуковой дефектоскопии. Наиболее широко применяют теневой, резонансный и импульсный (эхо-метод). Теневой метод применяют в тех случаях, когда имеется возможность доступа к отливке с двух сторон. Ультразвуковые колебания возникают с одной стороны изделия, а принимаются с другой. При прохождении через неоднородность в детали они ослабевают. Резонансный метод используют при контроле отливок небольшой толщины из материалов, обладающих высокими акустическими свойствами; удобен при одностороннем доступе к детали. При использовании импульсного метода в изделие посылают короткие импульсы длительностью τ (рис. 63). Эти импульсы следуют с определенным интервалом один за другим. Отраженный от дефекта луч воспринимается приемником ультразвуковых колебаний, измеряется время, через которое вернулся сигнал, и его интенсивность. Зная скорость распространения колебаний в материале, можно рассчитать место расположения дефекта в детали. Обычно импульсы посылают через определенное время t , $t=2-3\tau$. Это делают с целью предотвращения попадания отраженного луча в приемник в момент излучения энергии.

Импульсный метод наиболее широко распространен. Он используется для контроля изделий сложной формы и крупных отливок. Импульсный ультразвуковой дефектоскоп (рис. 64) работает по эхо-методу и имеет искательную головку — устройство,

непосредственно излучающее ультразвуковые колебания в деталь и принимающее отраженный импульс (рис. 65).

Ультразвуковым контролем контролируют слитки и фасонные отливки. Вследствие затухания ультразвуковых колебаний в крупнозернистой структуре стального слитка контроль ведут на низкой

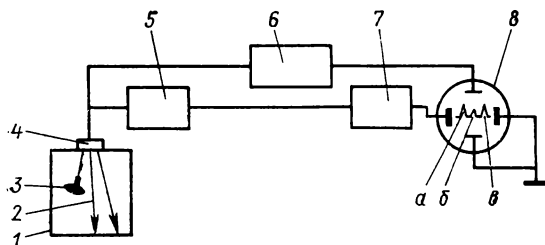


Рис. 64. Блок-схема импульсного ультразвукового дефектоскопа:

1 — контролируемая отливка; 2 — пучок ультразвуковых волн; 3 — дефект; 4 — искательная головка; 5 — генератор импульсов; 6 — задающий генератор; 7 — генератор развертки; 8 — электроннолучевая трубка; (а — начальный импульс); б — импульс от дефекта; в — донный импульс)

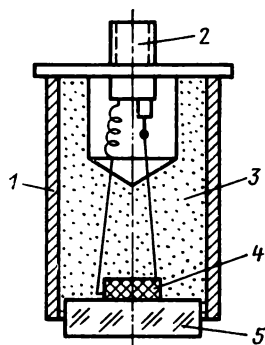


Рис. 65. Искательная головка ультразвукового дефектоскопа:

1 — корпус; 2 — контакт; 3 — демфер; 4 — пьезоэлемент; 5 — защитное донышко

частоте (0,25—1,0 МГц). Чувствительность контроля при этом снижается. Но тем не менее, трещины и другие дефекты слитков хорошо отражают ультразвуковые колебания. Слитки цветных сплавов контролируют, используя колебания более высокой частоты. В табл. 12 приведены режимы ультразвукового контроля слитков.

Таблица 12

Режимы ультразвукового контроля слитков

Материал	Частота колебаний, МГц	Толщина слитка, м	Материал	Частота колебаний, МГц	Толщина слитка, м
Сталь: углеродистая легированная	0,25—0,5 0025—0,5	1 0,3—0,4	Сплав: алюминиевый титановый магниевый	1—1,5 2,5 1,8	1 0,4—0,5 до 0,6

Ультразвуковому контролю подвергают также трубы, полученные центробежным литьем, а также литые и штампованные лопатки турбин. В последнем случае для большей надежности контроль ведут так называемыми поверхностными волнами.

В табл. 13 приведены технические характеристики некоторых ультразвуковых дефектоскопов.

Токовиhrевоу контролъ основан на возбуждении в изделии вихревых токов, величина которых зависит от наличия дефектов, структуры и свойств материала. Метод используется для выявления поверхностных дефектов и дефектов, расположенных близко к поверхности (до 4—5 мм). Этим методом контролируют также структуру, твердость металлов. Такой контроль производится.

Капиллярная дефектоскопия основана на явлениях смачивания и капиллярного поднятия, а также световом и цветовом контрастах веществ, используемых при проведении контроля. Различают цветной и люминесцентный методы дефектоскопии.

Дефекты на поверхности заполняют жидкостью (цветной, люминесцирующей, керосином). Контроль цветным методом проводится следующим образом. Поверхность отливки очищают обезжиривающими материалами (ацетоном, уайт-спиритом) и просушивают. Затем кистью или пульверизатором наносят краситель (красный), который состоит обычно из несколько компонентов. Отливку выдерживают 2—10 мин. Красную краску снимают ветошью, смоченной смесью керосина и трансформаторного масла, или удаляют специальными жидкостями. Потом тонким слоем наносят белую краску, высушивают ее и выявляют дефекты. Трещины проявляются в виде красных полос, пористость — в виде отдельных красных точек.

Этим же методом можно выявлять наличие сквозных трещин в отливках. Для этого красящее вещество наносят на внутреннюю поверхность отливки и контроль ведут по наружной поверхности. Цветную дефектоскопию необходимо проводить на участке, оборудованном вытяжной вентиляцией.

Люминесцентный метод (флюоресцентный) используется, если дефект отливки выходит на поверхность. Флюоресценция — способность некоторых веществ превращать невидимое излучение в излучение, воспринимаемое человеческим глазом. В дефектоскопии обычно используется ультрафиолетовое излучение.

Отливки очищают, обезжиривают и погружают на время до 20 мин в ванну с флюоресцирующей жидкостью. В ее состав входят: очищенная нефть, олеиновая кислота, триэтаноламин. Жидкость проникает в трещины. Излишек жидкости смывают с поверхности детали струей воды. На поверхность детали наносят сухой проявляющий порошок окиси магния (MgO) или углекислого магния ($MgCO_3$). Этот порошок хорошо вытягивает из трещины или поры жидкость приведенного выше состава. Освещение подготов-

Таблица 13

Технические характеристики ультразвуковых дефектоскопов

Тип аппарата	Диапазон частот, МГц	Максимальная глубина обнаружения дефекта, мм
УДМ-1М	0,8—5	2500
ДУК-13ИМ	1,8—2,5	600
Кварц-6	2,5—5	50

ленной таким образом детали ультрафиолетовым светом позволяют увидеть на месте дефекта ярко светящиеся полосы или пятна.

Минимальные размеры дефектов, обнаруживаемых капиллярной дефектоскопией, $1 \times 0,1 \times 10$ мкм (ширина, длина, глубина).

Чувствительность метода зависит от шероховатости поверхности детали. Наиболее высокая чувствительность достигается при шероховатости поверхности детали выше 5 класса.

Контроль герметичности применяют для отливок, работающих под избыточным давлением, например детали гидроаппаратуры. Лишь в ответственных случаях с целью определения предельного давления, которое выдерживает деталь, последнюю подвергают разрушению.

Герметичность — способность отливки выдерживать давление жидкости или газа без течи. Для контроля алюминиевых сплавов на герметичность применяют выточенный из литой заготовки стакан диаметром 50 мм с толщиной дна 4 мм. При увеличении давления жидкости или газа в дне стакана появляется течь. При пневмоиспытаниях стакан помещают в бак с водой и течь обнаруживают по появлению первых пузырьков. Мерой герметичности является минимальное давление, при котором возникает течь. Иногда используют стакан с переменной толщиной дна. Во время испытаний регистрируют давление, при котором течь появляется на стенке определенной толщины.

Испытание отливок на герметичность ведут под давлением (рис. 66). Опрессовку проводят водой или сжатым воздухом до заданного давления. Поверхность детали смачивают мыльной водой и плавно повышают давление. Если деталь негерметична, на ее поверхности появляются пузырьки пены. Герметичные отливки разрушаются под давлением жидкости или газа без течи.

Определение плотности отливок. Различают истинную, кажущуюся и относительную плотность. Истинная плотность является физической константой вещества. Ее определяют как отношение массы материала к его объему без пор и выражают в кг/м^3 . Кажущаяся плотность — отношение массы тела к его объему, включая поры; ее также выражают в кг/м^3 . Относительную плотность определяют как отношение кажущейся плотности к истинной; ее выражают в долях единицы или процентах. При определении плотности отливок чаще всего определяют кажущуюся плотность. Для этого необходимо определить объем отливки, включая объем всех ее пор, раковин. Затем отливку или образец, вырезанный из нее,

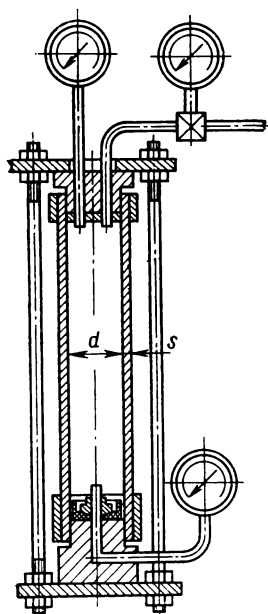


Рис. 66. Контроль герметичности цилиндрической отливки (1)

взвешивают на технических весах. Проводят не менее трех взвешиваний с точностью до 0,01 г. Затем отливку или образец взвешивают, предварительно поместив в сосуд с водой.

Кажущаяся плотность образца

$$\rho = \frac{m_1 \rho_{\text{в}}}{m_1 - m_2},$$

где m_1 — масса образца на воздухе; m_2 — масса образца в воде; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды.

КОНТРОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СПЛАВОВ

В литейном производстве химический состав сплавов определяют, в основном, методами химического анализа и спектральным анализом.

Химический анализ основан на растворении изучаемого сплава в соответствующих реактивах и последующем воздействии на раствор веществ, реагирующих с каким-либо компонентом сплава. Количественное содержание компонентов сплава, рассчитывают по расходу реагирующих или выпадающих в осадок веществ. Такой метод не всегда оказывается удобным и приемлемым из-за продолжительности его проведения. Применяемые в химическом анализе осаждение, фильтрация протекают в течение длительного периода и не позволяют точно определять содержание примесей в сплавах, что затрудняет оперативное управление процессом плавки и получение заданного химического состава. Тем не менее, такой анализ широко распространен в промышленности и используется при определении основных компонентов.

Принцип спектрального анализа состоит в измерении интенсивности излучения атомов, возбужденных действием высоких температур. С целью возбуждения атомов и получения спектров излучения обычно используют электрическую дугу или искровой разряд. Для анализа используют спектральные приборы, например, стилоскопы — приборы для качественного анализа химического состава сплавов визуальным наблюдением спектра излучения; спектрографы, отображающие спектр сплава на фотопластинке; квантометры — приборы, снабженные вычислительным устройством. После обработки результаты печатаются на бумажной ленте, затем поступают в плавильное отделение по телефону или пневмопочте. Квантометры целесообразно использовать при проведении однотипных анализов в массовом производстве. Такой метод контроля широко используется на передовых предприятиях нашей страны — Волжском автомобильном заводе им. 50-летия СССР и др.

Общее время, требуемое для проведения анализа химического состава одной пробы, включая ее обработку резанием, менее 8 мин.

Углеродный эквивалент определяют по кривой охлаждения чугуна образца, а для оперативного определения используют тер-

мографический метод, который основан на измерении температуры ликвидуса и солидуса на кривых охлаждения проб. Высокая скорость контроля обеспечивает возможность корректировки состава чугуна непосредственно перед разливкой его в формы. Применение этого метода предполагает предварительное использование эталонов для тарирования кривых охлаждения.

Марку стали определяют по искре. Если стальной образец ввести в контакт с вращающимся абразивным кругом, образуется пучок искр. Цвет и форма искр зависят от химического состава стали, поэтому приближенно можно определить ее марку. Нелегированная сталь с содержанием углерода менее 0,1% дает короткий темный пучок искр, становящихся более светлыми в зоне сгорания. С увеличением содержания углерода образуется более плотный и светлый пучок с большим числом звездочек, появление которых обусловлено сгоранием углерода. Сталь с содержанием углерода свыше 1% дает очень плотный пучок искр небольшой яркости с многочисленными звездочками.

Легированные стали в зависимости от химического состава дают искры разнообразного цвета и формы, с различным числом звездочек. Например, хромоникелевая конструкционная сталь дает желто-красные искры с яркими полосками в зоне сгорания; вольфрамовая — короткие красные искры, при этом лапки искр загораются вниз. С увеличением содержания вольфрама интенсивность искр ослабевает. Молибденовая сталь создает ярко-желтые искры в виде язычков.

Достоверные результаты контроль по искре может обеспечить только при наличии эталонов (образцов с известным химическим составом), в условиях одинаковой освещенности, при использовании абразивных кругов одинаковой плотности из одного и того же материала. Такой метод контроля может быть использован для качественного определения состава стали при разбраковке отходов: высечки, прутков, скрапа и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о дефектах отливок: пригаре, ужимах, газовых раковинах, пористости. Как их предупредить?
2. Какие виды усадочных дефектов Вам известны? Как их предупредить?
3. Что такое неметаллические включения в отливках? Расскажите о мерах по их предупреждению.
4. Расскажите, как образуются горячие и холодные трещины в отливках.
5. Как могут изменяться конфигурация, размеры, масса отливок?
6. Расскажите об устранении дефектов отливок сваркой, эпоксидными композициями.
7. Расскажите о методах испытаний образцов на растяжение, сжатие, изгиб.
8. Перечислите методы контроля твердости металлов. Коротко изложите их сущность.
9. Как измеряют микротвердость металлов?
10. Каким образом испытывают металлы на удар?
11. Расскажите о макроанализе металлов
12. Что такое микроанализ металлов? С какой целью и каким образом его проводят?

13. Расскажите об изготовлении шлифов для микроанализа.
14. Расскажите об устройстве оптического микроскопа.
15. Перечислите неразрушающие методы контроля, область их применения.
16. Что Вы знаете о методах контроля поверхностных дефектов отливок?
17. Изложите кратко сущность рентгенодефектоскопии и гамма-дефектоскопии отливок.
18. Какие методы ультразвукового контроля отливок Вам известны?
19. Расскажите о контроле герметичности отливок. Когда применяется этот метод?
20. Как выполняют химический анализ сплавов?
21. Как определяют марку стали по искре?

Глава 10

УЧЕТ И АНАЛИЗ БРАКА

ПРИЕМКА ОТЛИВОК. УЧЕТ ВИДОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ БРАКА

Заключительной операцией контроля отливок является приемка. При приемке качество готовых отливок оценивают по точности размеров, шероховатости, механическим свойствам (прочности, твердости), макро- и микроструктуре, специальным свойствам (магнитным свойствам, теплопроводности, электропроводности), химическим свойствам (коррозионной стойкости), специальным технологическим свойствам (жаропрочности, жаростойкости). Объем требований к качеству металла определяется стандартом или ТУ. Требования, не предусмотренные стандартом, вводятся в ТУ по согласованию с заказчиком. Отливки принимаются техническим контролером в соответствии с чертежом, литейной технологией, стандартом предприятия.

Механические свойства контролируют на выбранных деталях или по пробам. По результатам контроля делается заключение о качестве всей партии. Принятая годная продукция отправляется на склад с сопроводительным талоном качества. Брак классифицируют по видам.

Химический состав каждой плавки проверяют по свидетельствам ЦЗЛ и сравнивают со стандартом предприятия.

Размеры отливок проверяют в зависимости от их назначения, масштабов производства. Для этого размечают только первые отливки или несколько из партии, или все отливки. На принятую продукцию обязательно ставят клеймо ОТК.

Каждая партия отливок должна сопровождаться документом — актом, сертификатом.

К отливкам из чугуна предъявляют следующие требования. Их поверхность не должна иметь пригара, механических повреждений и дефектов, снижающих прочность и ухудшающих товарный вид. Площадь дефектов на необрабатываемых поверхностях (раковин, корольков, засоров) не должна быть больше установленной по

технической инструкции. Допускаются остатки металлизированного пригара в углах, карманах и других труднодоступных для очистки местах, если это не влияет на качество детали. На обрабатываемых поверхностях не допускаются дефекты, превышающие припуск на обработку резанием. Отклонение от заданной твердости, если оно не оговорено, при отсутствии отклонений во время механических испытаний не может служить причиной бракования отливок.

Для организации работ по устранению брака ОТК должно иметь систематизированные сведения о видах брака, причинах и виновниках. Брак оформляют соответствующими документами — извещениями о браке. Определяют процент брака по отдельным причинам (общий брак принимают за 100%).

В целях систематической работы по повышению качества отливок, снижению брака в цехе должна быть организована площадка брака. На этой площадке собирают все бракованные отливки, изготовленные в цехе за смену или сутки. Ежедневно в присутствии технического руководства цеха, начальников смен, участков, мастеров и представителей ОТК производится анализ брака.

Целями анализа брака являются: 1) своевременное и полное выявление всех случаев появления брака; 2) эффективная борьба с браком путем выявления бракованных деталей, а также операций, где процент брака значителен; 3) выявление конкретных виновников для принятия мер по усилению ответственности, материальному возмещению убытков за счет виновников; для укрепления дисциплины среди работающих; 4) получения информации о недостатках в работе производственных участков, машин, агрегатов для принятия соответствующих мер; 5) получение статистических материалов для составления месячных, годовых, квартальных отчетов по качеству продукции.

Брак может возникнуть по техническим или организационным причинам. Техническими причинами считают: наличие ошибок и неточностей в чертежах или ТУ, неправильно выбранный технологический процесс получения отливок, неправильная эксплуатация оборудования и т. п. К организационным причинам относятся: неправильный инструктаж, низкая квалификация рабочих, нарушение технологической дисциплины, сроков снабжения материалами и т. п.

Правильно и своевременно определить причину брака важно для устранения этой причины. Работа затрудняется при появлении одного вида брака по нескольким причинам. Замеченный на любой операции брак должен быть изолирован и рассортирован на исправимый и неисправимый. С целью уменьшения брака необходим более широкий контроль всех операций технологического цикла. Причины брака подразделяют на систематические и случайные. К систематическим относят износ и ослабление крепления оснастки и др. Они могут быть устранены профилактическими мероприятиями и периодическим контролем. К случайным — внезапные,

непредвиденные изменения температуры, влажности, ошибки измерений (выход из строя контрольных средств) и т. п.

На отливки, впервые изготавливаемые в цехе, оформляется акт проверки их качества.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Статистические методы контроля включают в себя статистическое регулирование технологических процессов и статистический приемочный контроль.

Статистическое регулирование основано на исследовании точности и стабильности технологических процессов. При этом изучают основные закономерности протекания технологических процессов, устанавливают причины получения некачественной продукции, связь между значениями параметров технологического процесса и качеством отливки. Например, связь между химическим составом, температурой металла и качеством заполнения формы или связь между газопроницаемостью и влажностью формовочной смеси и образованием газовых раковин в отливках. Это позволяет определить такие значения параметров технологии, при которых отливки не имеют дефектов, а также отклонения значений параметров, при которых брак неизбежен. Использование методов математической статистики позволяет предсказать вероятность появления отклонений параметров технологического процесса и появления брака. Заведомо осуществляя корректировку параметров технологического процесса, можно предотвратить появление брака.

Статистический приемочный контроль позволяет значительно сократить время на приемку продукции заданного качества. Такой контроль проводят при изготовлении отливок в массовом и крупносерийном производстве. Статистика помогает обнаружить источники и виды ошибок в производственном процессе.

Приемочный статистический контроль проводят различными способами.

1. Из партии выбирают k_1 изделий. Если среди них не более определенного числа дефектных отливок, то принимается вся партия.

2. Из партии выбирают k_1 изделий. Если все k_1 изделий годны, вся партия принимается. Если оказывается одно изделие бракованное, отбирают еще k_1 изделий. Если брака нет, вся партия принимается, если во второй выборке обнаруживается еще одно бракованное изделие, то вся партия бракуется.

3. Предположим, что годность изделия определяется размером x , который не должен превышать значения a . Из партии выбирают k_1 изделий, например 5 шт. Для них определяют среднее значение размера $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_5}{5}$. Партия принимается,

если $\bar{x} - a < 2,5 s$, где $s = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{x})^2}$ — дисперсия размера x .

Забракованные партии могут быть направлены на сплошной контроль с целью устранения дефектов или на переплавку как неисправимый брак. Объем выборки в случае трудоемкого контроля, а также при использовании разрушающих методов контроля стремятся принять минимальным. Но для повышения надежности объем выборки нужно увеличить. Если принятый объем выборки показывает высокое качество изделий, допускается использовать так называемые облегченные методы контроля с меньшим числом контролируемых отливок. По результатам выборочного контроля ведется анализ показателей качества, определяется комплекс мероприятий для повышения качества продукции.

Статистический анализ отдельных операций технологического процесса, состояния оборудования, качества отливок направлен на регулирование процесса в целом и на своевременное обнаружение начала нарушения процесса и ухудшения качества продукции.

Статистические методы контроля могут быть использованы в массовом производстве (реже в серийном и мелкосерийном). Для каждого типа производства размер партий отливок является определенным и зависит от типа производства, характеристики отливок и т. п.

Производственный персонал должен быть предварительно проинформирован о введении статистических методов, о их сущности, задачах, формах взаимоотношений между контролером и рабочим. Необходимо правильно разработать техническую документацию, т. е. выбрать объем выборки, периодичность проверки. Если процесс нестабилен, отливок контролируют больше.

При использовании диаграммного метода текущего контроля устанавливают объем выборки и контрольные границы для нее более узкие, чем для всей партии. Значения контролируемых характеристик, выходящие за эти границы, сигнализируют о вероятности изготовления в ближайшем времени некачественной продукции. Контролер обязан подать сигнал об этом нарушении и проверить всю партию изделий.

Необходимо систематически анализировать контрольные документы. Это дает возможность предупреждать брак и повышать качество продукции.

При обнаружении брака контролер обязан выписать извещение о браке, в котором цифрами указывается вид, причина, виновники брака, число забракованных деталей. Его подписывает старший контролер и производственный мастер. Брак из-за некачественных материалов должен быть заверен представителем бюро приемки, брак по вине цехов-поставщиков — контрольными мастерами и контролерами этих цехов.

Каждому контролеру выдается номерное клеймо, а каждому БЦК — клеймо определенной конфигурации. Детали клеймятся после проверки их контролерами и сортировки на годные и бракованные. Для клеймения последних существует единое для всех цехов клеймо «брак».

Место клеймения — участок отливки, который не подвергают в

дальнейшем обработке резанием и окраске. Это определенное для отливки место указывают на чертежах и в инструкциях. Бракованные отливки клеймят в нескольких местах.

Мелкие отливки в массовом производстве не клеймят. Их укладывают в тару, на которую крепят ярлык, где и ставит свое клеймо контролер БТК литейного цеха.

Все извещения о браке за сутки должны поступать к учетчику при БТК, проверяющему правильность их оформления. После этого извещение о браке передают в бухгалтерию для учета стоимости бракованных отливок. Отрывные талоны извещения о браке являются контрольными и передаются в БТК и в планово-диспетчерское бюро цеха. Одновременно учетчик должен записать число бракованных отливок и их шифры в учетную карту брака по каждому изделию. Это позволяет анализировать брак по каждому типу-размеру отливок за любой период.

Оперативный разбор причин брака и анализ проводят на ежедневных совещаниях у начальника цеха совместно с БТК и технологическим бюро цеха. При обсуждении ведется протокол, в который заносят предполагаемые технологические мероприятия по предупреждению брака. Эти же мероприятия могут быть записаны на обороте извещения о браке, который остается в БТК. Протокол подписывает начальник цеха или его заместитель. Подробный анализ проводят за декаду, месяц, квартал, год. Данные сравнивают с предыдущими периодами.

Потери от брака ежемесячно подсчитываются бухгалтерией, составляются и годовые сводки по литейным цехам. Учет и анализ брака позволяет оценить не только уровень культуры производства, но и качество, организацию работы БТК цеха.

Для регистрации режимов технологического процесса, проверки работы исполнителей и руководителей участка ведут журналы контроля технологического процесса. В них указывают массу отливок, размеры литниковой системы, тип формовочной смеси, тип холодильников, размеры прибылей, жеребеек, температуру заливки форм и другие необходимые параметры. На годную продукцию оформляют карту качества.

С целью выявления наиболее часто встречающихся дефектов систематически оформляют карту дефектов. На ней изображают несколько проекций отливки, и условно обозначают появляющиеся дефекты. Отливка может быть разделена на ряд пронумерованных зон, что облегчит обработку результатов контроля. Затем карты обрабатывают — рассчитывают процентное содержание каждого вида дефектов в партии за определенный период времени.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как проводят приемку отливок?
2. Расскажите о целесообразности технического анализа брака отливок.
3. Изложите сущность статистических методов контроля качества отливок.
4. Какие документы оформляют при обнаружении брака?

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ, ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ

ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

При поступлении на работу каждый выпускник технического училища проходит вводный инструктаж, на котором ему сообщают основные правила поведения на территории предприятия и цеха.

Современные машиностроительные заводы имеют много разнообразных подъемно-транспортных средств: автомашин, автокаров, железнодорожных поездов, подъемных средств, манипуляторов. В связи с этим на территории завода имеются специальные пешеходные дорожки. В литейных цехах также существуют проходы для людей, но иногда их совмещают с проездами, поэтому надо быть внимательным к предупредительным сигналам: звонкам, гудкам, надписям.

Опасно для жизни пролезать под стоящими железнодорожными составами как вне, так и внутри цеха, перебегать перед идущим транспортом. Особенно внимательным надо быть при выходе из ворот или дверей цеха. Запрещается переходить железнодорожные пути при закрытом переезде. Категорически запрещается находиться, проходить под поднятым грузом. Следует обойти место проведения погрузочно-разгрузочных работ, либо подождать их окончания.

Курение на территории завода и в цехах разрешается только в специально отведенных местах. Неосторожное обращение с огнем может привести к пожару.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Общими требованиями по охране труда рабочих в литейных цехах являются следующие:

1. Поддержание необходимых параметров воздушной среды в литейном цехе в заданных пределах. Параметрами воздушной среды являются температура, влажность, запыленность, загазованность, скорость движения потоков воздуха.

2. Подъем, перемещение и укладку груза имеют право производить только те рабочие, которые прошли специальную подготовку и имеют соответствующие удостоверения. Погрузочно-разгрузочные и транспортные работы отличаются трудоемкостью и повышенной опасностью для работающих. Скорость транспортных средств в литейном цехе 4—10 км/ч. Все подъемные механизмы и приспособления (краны, кран-балки, электротали, пневмо- и электроподъемники-манипуляторы, цепи, тросы, балансиры) долж-

ны эксплуатироваться при строгом соблюдении правил Госгортехнадзора.

При выполнении стропальных операций необходимо пользоваться только исправными приспособлениями. Пользоваться приспособлениями без документов, удостоверяющих сроки проверки, нельзя.

Перед подъемом груза рабочий должен убедиться, что поднимаемый груз никому не угрожает, затем отойти в сторону и подать сигнал крановщику о подъеме. При обнаружении неисправностей и при нарушении балансировки груз должен быть сразу опущен. Нужно следить, чтобы зацепочное устройство располагалось точно над поднимаемым грузом; нельзя допускать перемещение груза по полу цеха при косом натяжении троса.

Стропальщик и крановщик должны следить, чтобы груз при перемещении не находился над людьми.

3. Обеспечение допустимого уровня шума и вибрации. Шум — это беспорядочное сочетание звуков различного тона. Вибрация — колебания различных тел в широких пределах. Шум вредно влияет на слух, нервную систему человека. Многие операции в литейном цехе сопровождаются шумом. Например, в очистном отделении уровень шума достигает 118 дБ, что является порогом болевых ощущений.

В цехе целесообразно эксплуатировать транспорт на резиновых шинах. В качестве индивидуального средства борьбы с шумом рекомендуются протившумовые ушные вкладыши и наушники.

4. Обеспечение требуемой освещенности цеха и рабочего места. В каждом цехе имеется электрическое и естественное освещение, т. е. фонари в крышке окна или застекленные стены. Также предусмотрено освещение рабочего места и аварийное освещение. Все светильники необходимо периодически очищать от пыли: общецеховые 1 раз в неделю, на рабочем месте каждый день.

Оборудование литейного цеха, стены, металлоконструкции нужно окрашивать в светлые тона. Необходимо 2 раза в год контролировать освещенность рабочих мест.

МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Литейный цех характеризуется насыщенностью металлом и металлической пылью. В нем имеются участки с повышенной и высокой температурой, повышенной влажностью, поэтому во многих местах устроены металлические токопроводящие полы. Литейный цех относят к категории цехов с повышенной энергооснащенностью и повышенной опасностью поражения электротоком. Следствием действия электротока на организм человека являются удар и ожоги. Электрический удар сопровождается потерей сознания, появлением судорог, частичным или полным прекращением дыхательной и сердечной деятельности. Это может привести к смертельному исходу. Поэтому при поражении током необходимо сразу же начать делать пострадавшему искусственное дыхание и вы-

звать врача. Безопасным считается для человека переменный ток до 20 мА, постоянный ток — до 50 мА, но длительное его воздействие может оказаться опасным. Безопасное для человека напряжение — 12 В, в очень сухом воздухе — 40 В.

Действие переменного тока с разной частотой различно. Наиболее опасен ток промышленный (50 Гц) и повышенной частоты (до 500 Гц). Станины электродвигателей, механизмы машин, корпуса трансформаторов должны быть надежно заземлены. Включение электродвигателей штепсельными вилками разрешается только при мощности до 0,5 кВт. Электродвигатели большей мощности должны быть оборудованы пусковой аппаратурой.

Штепсельные соединения для напряжений 12 и 36 В по своему исполнению (форме, размерам, цвету) должны отличаться от штепсельных соединений для 110—220 В.

Все оголенные и изолированные части оборудования, находящиеся под напряжением выше 250 В, подлежат ограждению.

Напряжение 12 В допускается для переносного освещения, при выполнении работ в гидрокамерах, для питания нагревательных элементов кокилей и горячих ящиков, для освещения технологического оборудования при ремонте. Напряжение 36 В разрешается использовать в светильниках местного освещения, для ручного электрифицированного инструмента, освещения подвалов, туннелей, для электродвигателей переносных вентиляторов.

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Повреждения электропроводки, ламп, предохранителей ремонтировать рабочим запрещается. Запрещается загромождать проходы, проезды к противопожарному инвентарю, кранам, сигнальным постам.

Легковоспламеняющиеся жидкости нужно хранить в отдельном закрытом и вентилируемом помещении, строго по установленным правилам. Баллоны с кислородом должны находиться в стойках и шкафах. Нельзя хранить кислород рядом с плавильным и заливочным участками, рядом с промасленными отходами.

В каждом отделении должен быть кнопочный сигнал вызова пожарной охраны, оборудованы стенды с материалами и инвентарем для тушения пожара. В каждом цехе организуются добровольные пожарные дружины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о правилах поведения на предприятии.
2. Каковы общие правила соблюдения безопасности при выполнении работ в литейном цехе?
3. Расскажите о мерах по обеспечению электробезопасности в литейном цехе.
4. Изложите сведения о противопожарных мероприятиях в литейном цехе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берков В. И. Технические измерения. М., Высшая школа, 1977. 232 с.
2. Козловский Н. С., Виноградов А. Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. М., Машиностроение, 1979. 224 с.
3. Липницкий А. М., Морозов И. В. Справочник рабочего-литейщика. Л., Машиностроение, 1976. 344 с.
4. Сосненко М. Н., Святкин Б. К. Общая технология литейного производства. М., Высшая школа, 1975. 372 с.
5. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технология литейного производства. М., Машиностроение, 1978. 432 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Основные сведения о контроле качества отливок и стандартизации	7
Качество и стандартизация	7
Единая система конструкторской документации (ЕСКД), единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)	8
Роль стандартизации в повышении качества отливок	9
Технический контроль производства	10
Контрольные вопросы	12
Глава 2. Организация технического контроля	12
Объекты и виды технического контроля	12
Организация, задачи, структура БТК литейного цеха	14
Операционный контроль производства отливок	17
Организация рабочего места и труда контролера	18
Основные средства контроля	20
Контрольные вопросы	30
Глава 3. Контроль модельной оснастки	31
Общие сведения	31
Контроль исходных материалов и деревянных модельных комплектов	33
Контроль металлических и неметаллических модельных комплектов	36
Контрольные вопросы	40
Глава 4. Контроль формовочных материалов и смесей	41
Контроль формовочных материалов	41
Контроль формовочных и стержневых смесей	47
Контроль смесей химического упрочнения	49
Контроль вспомогательных материалов	51
Контрольные вопросы	54
Глава 5. Контроль песчаных форм и стержней	55
Контроль стержней при их производстве	55
Контроль изготовления песчаных форм	58
Контроль изготовления форм из холоднотвердеющих смесей	61
Контроль изготовления форм из пластичных самотвердеющих смесей	61
Контроль изготовления оболочковых форм	62
Контроль изготовления форм по пенополистироловым моделям	64
Контроль сборки форм	65
Контрольные вопросы	67
Глава 6. Контроль шихтовых материалов	68
Требования к шихтовым материалам	68
Входной контроль	70

Контроль хранения подготовки и загрузки в плавильные печи	72
Контрольные вопросы	74
Глава 7. Контроль плавки сплавов и заливки форм	74
Контроль процессов плавки	74
Контроль температуры сплавов	78
Литейные свойства сплавов	81
Дефекты отливок, образующиеся при заливке	85
Контрольные вопросы	86
Глава 8. Контроль выбивки, обрубки, очистки и термообработки отливок	86
Контрольные вопросы	90
Глава 9. Контроль качества отливок	91
Виды дефектов отливок	91
Методы механических испытаний металлов	98
Металлографический анализ металлов и сплавов	103
Неразрушающие методы контроля качества отливок	108
Контроль химического состава сплавов	117
Контрольные вопросы	118
Глава 10. Учет и анализ брака	119
Приемка отливок. Учет видов и классификация брака	119
Статистические методы контроля	121
Контрольные вопросы	123
Глава 11. Техника безопасности, электробезопасность, противопожарные мероприятия в литейном цехе	124
Правила поведения на предприятии	124
Техника безопасности	124
Меры по обеспечению электробезопасности	125
Противопожарные мероприятия	126
Контрольные вопросы	126
Список литературы	127

ИБ № 2277

Валерий Аверьянович РЫБКИН

КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ И РАБОТ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Редактор О. И. Скворцова
Художественный редактор Ю. Г. Ворончихин
Технический редактор Н. М. Михайлова
Корректор А. М. Усачева
Обложка художника Е. В. Бекетова

Сдано в набор 21.04.80. Подписано в печать 18.06.80. Т-08394. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 8.0.
Уч.-изд. л. 8.3. Тираж 12 000 экз. Заказ 1414. Цена 20 к.

Издательство «Машиностроение», 107076, Москва, Б-76, Строминский пер., 4.

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.