



Н·Д·ТИТОВ

ТЕХНОЛОГИЯ
ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Н. Д. ТИТОВ

621.74
Т.45

ТЕХНОЛОГИЯ
ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Москва 1968

Технология литейного производства. Титов Н. Д.
«Машиностроение», 1968, 388 стр.

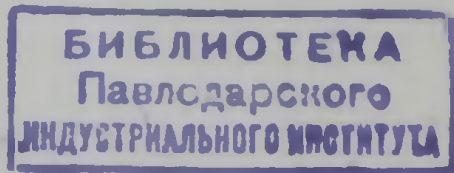
В книге изложены процессы приготовления формовочных материалов, производства моделей и литейных форм, плавки, заливки, выбивки, очистки и способы предупреждения брака литья. Приведены основы проектирования технологических процессов получения отливок из серого и ковкого чугуна, стали и цветных сплавов.

Рассмотрены специальные виды литья: под давлением, центробежное, кокильное, оболочковое и по выплавляемым моделям.

Дан расчет литниковых систем для отливок из серого чугуна.

Книга предназначена для мастеров и высококвалифицированных рабочих, занятых в литейном производстве, а также может быть полезна учащимся машиностроительных техникумов и профессионально-технических училищ. Табл. 46. Илл. 281. Библ. 9 назв.

308089



Рецензенты: Оргтехническая предметная комиссия Ленинградского машиностроительного техникума (инж. *Н. М. ГУДКОВ*)
и инж. *Н. И. КОРОЛЕВ*

Редактор канд. техн. наук доц. *Ю. А. СТЕПАНОВ*

ВВЕДЕНИЕ

Партией и Правительством поставлены грандиозные задачи по созданию материально-технической базы коммунизма. Особенно большое внимание обращено на развитие машиностроения, определяющего прогресс в экономике страны. Большие задачи стоят и перед литейным производством. Значение литейного производства в народном хозяйстве чрезвычайно велико: почти все машины и приборы имеют литые детали: станины металлорежущих станков и прокатных станов, детали двигателей автомобилей и самолетов, пишущих машин и счетно-решающих устройств, лопасти гигантских гидротурбин — все это отливки. Нет такой отрасли машиностроения, приборостроения, строительства, где не применялись бы отливки.

Литье является одним из старейших способов, которым еще в древности пользовались для производства металлических изделий — вначале из меди и бронзы, затем из чугуна, а позже из стали и других сплавов.

Первым литейным заводом в России по производству бронзовых отливок был пушечно-литейный завод (Пушечная изба), построенный в Москве в 1479 г.

В России были изготовлены самые крупные в мире отливки, такие, как «Царь-колокол» (Иваном Моториным), «Царь-пушка» (Андреем Чоховым), замечательные произведения искусства: памятник Минину и Пожарскому, «Медный всадник» и т. д. Первые чугунные отливки изготовлялись на металлургических заводах непосредственно из жидкого металла, выплавленного в доменных печах. Позже на машиностроительных заводах стали строить самостоятельные чугунолитейные цехи, где в специальных печах переплавляли чушковый доменный чугун с металлическим ломом. Цех такого типа впервые был построен в 1774 г. на Гусевском заводе, где были установлены опрокидывающиеся шахтные печи — прототип современных вагранок. В 1868 г. на Мальцевских заводах впервые были получены стальные фасонные отливки.

После Великой Октябрьской революции начался рост промышленности и соответственно литейного производства. За годы Советской власти построено много крупных литейных цехов и заво-

дов, оснащенных современным оборудованием, освоены новейшие способы производства отливок.

СССР занимает по выпуску отливок одно из ведущих мест в мире.

Бурный рост народного хозяйства поставил перед литейным производством задачу: удовлетворить потребности различных отраслей промышленности в отливках при постоянном росте их выпуска.

В зависимости от металлов, из которых изготавливают отливки, различают отливки из черных металлов и сплавов (стали, серого и ковкого чугуна), а также отливки из цветных металлов и сплавов (медных, алюминиевых, магниевых).

Основным способом изготовления отливок до настоящего времени остается литье в песчаные формы, в которых получают около 80% отливок от общего количества. Однако точность и чистота поверхности отливок, полученных в песчаных формах, во многих случаях не удовлетворяют требованиям современного машиностроения. В связи с этим в последнее время бурно развиваются специальные способы литья: в металлические формы (кокили), под давлением, по выплавляемым моделям, центробежное, в оболочковые формы, позволяющие получить отливки повышенной точности, с чистой поверхностью и минимальным объемом механической обработки.

По сравнению с другими способами изготовления заготовок для деталей машин (прокатка, ковка, сварка) литейное производство обладает значительными преимуществами. Литьем можно изготовлять заготовки любой конфигурации с минимальными припусками на механическую обработку, хорошими механическими свойствами. Технологический процесс изготовления отливки механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок по сравнению с поковками, сварными конструкциями, деталями из проката. Механизация и автоматизация производства отливок позволяет не только повысить качество, снизить стоимость, поднять производительность, но и, что не менее важно, улучшить санитарно-гигиенические условия работы, облегчить труд литейщиков. Дальнейшее совершенствование технологии, механизация и автоматизация изготовления отливок, повышение качества отливок осуществляются на базе научных исследований. Достижения современной науки во многих случаях позволяют коренным образом изменить технологический процесс, резко увеличить производительность труда, создать новые высокопроизводительные литейные машины и автоматы.

Основными процессами литейного производства являются плавка металла, изготовление форм, заливка металла и охлаждение, выбивка, очистка, обрубка отливок, термическая обработка и контроль качества отливок. Трудоемкость этих процессов распределяется приблизительно следующим образом: изготовление форм — 60%; плавка и заливка металла — 10%, обработка (выбивка, обрубка, термическая обработка) отливок — 30%.

Часть первая

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Отливка получается в результате заполнения полости л и т е й н о й ф о р м ы расплавленным жидким металлом. После заливки жидкий металл охлаждается в форме и затвердевает. Для извлечения охлажденной отливки формы разрушают. Эти формы называют разовыми. Их изготавливают обычно из формовочных смесей, основными составляющими которых являются кварцевый песок и огнеупорная глина.

Рассмотрим последовательность технологического процесса изготовления отливки, например чугунной втулки 1 (рис. 1). По чертежу втулки изготавливают деревянную модель 2.

Модель — приспособление для получения в литейной форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки. Модели делают из дерева, металла, гипса, пластмасс и других материалов.

Модель втулки состоит из двух половин, которые взаимно центрируются с помощью шипов и гнезд.

Внутренняя полость втулки 1 оформляется стержнем 3. Стержень изготавливают из стержневой смеси, уплотняемой в ящике 4. После извлечения стержня из ящика его подвергают сушке в сушильной печи. При сборке литейной формы сухой стержень устанавливается так называемыми с т е р ж н е в ы м и з н а к а м и в соответствующие гнезда формы, полученные с помощью з н а к о в ы х ч а с т е й 5 модели. Длина стержня больше длины полости отливки на величину знаков. Стержень является частью литейной формы.

Литейная форма для втулки делается из двух половин (верхней 6 и нижней 7). Полуформы изготавливают из формовочной смеси, уплотняемой в чугунных или стальных рамках 8, которые называются о п о к а м и.

Изготовление л и т е й н о й ф о р м ы в т у л к и. На подопочный щиток 9 устанавливают половину модели, по которой необходимо получить отпечаток в нижней полуформе, а также опоку 8 (рис. 1, а). Поверхность модели 2 и щитка 9 посыпают сухим разделительным песком, после чего в опоку

насыпают формовочную смесь и уплотняют ее. Излишек формовочной смеси счищают с поверхности уплотненной полуформы, опоку переворачивают на 180° и устанавливают на подпочный

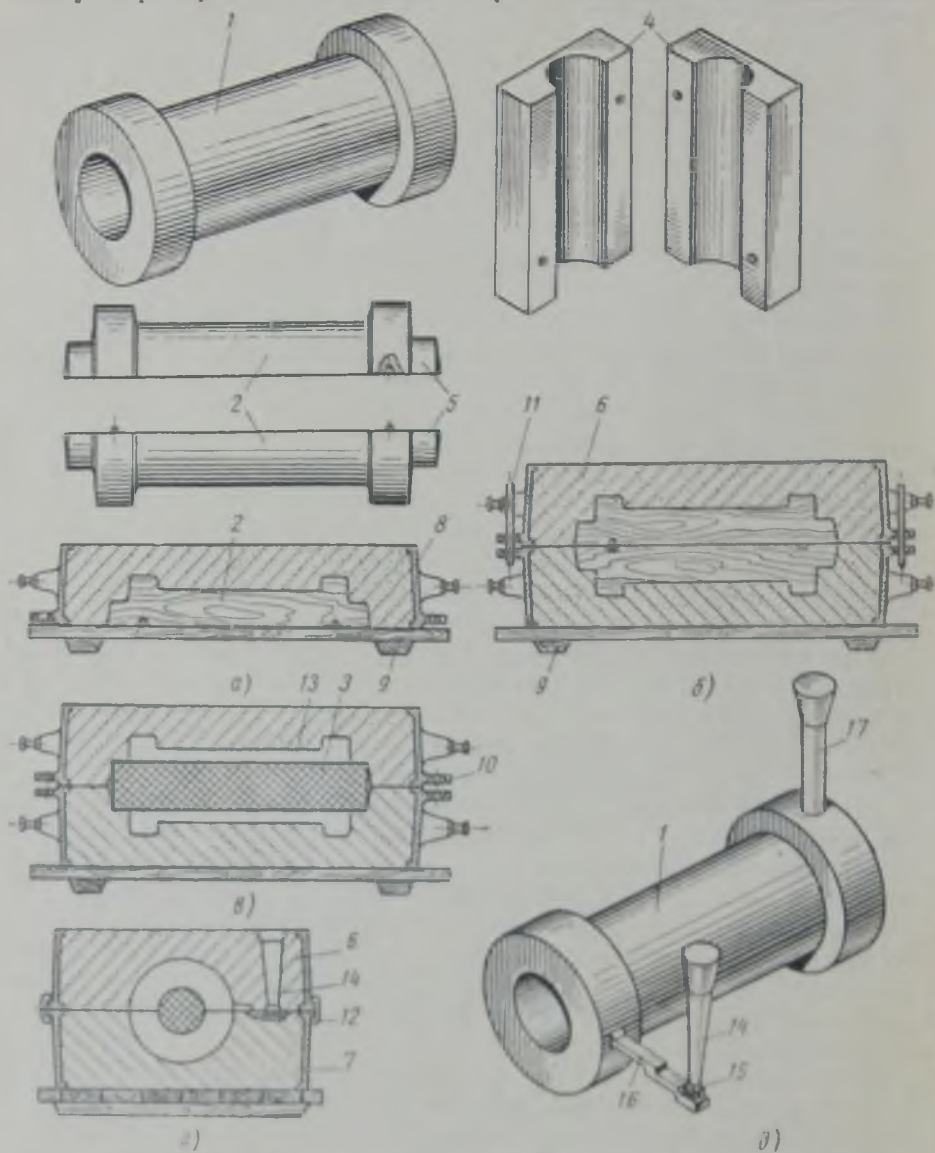


Рис. 1. Изготовление чугунной отливки втулки

щиток 9. Затем на нижнюю половину модели устанавливают верхнюю половину модели, на нижнюю опоку верхнюю (рис. 1, б). Вновь посыпают поверхность модели разделительным песком,

ставят модели литниковой системы и засыпают формовочную смесь в опоку и уплотняют ее.

После этого снимают верхнюю полуформу, извлекают половинки моделей, устанавливают стержень (рис. 1, в) и собирают форму. Для точной сборки формы опоки имеют специальные втулки 10, в которые входят центрирующие штыри 11. При заполнении формы жидким металлом он давит на стенки формы, в результате чего верхняя опока может подняться и тогда по плоскости разъема образуется зазор, через который металл может вытекать. Для предупреждения этого верхнюю полуформу крепят к нижней скобами 12, а иногда ставят на верхнюю опоку груз (рис. 1, г).

Жидкий металл при заливке поступает в полость 13 (форма по литниковым каналам. Система каналов, подводящих металл в форму, называется литниковой. Литниковая система состоит из стояка 14 (вертикального канала), шлакоуловителя 15 и питателя 16, через который металл поступает в полость формы. К литниковой системе относится также выпор 17 (рис. 1, д). Выпор служит для выхода из формы воздуха и газов, а также для контроля заполнения формы металлом.

Технологический процесс изготовления отливки в разовых формах наиболее широко распространен в литейном производстве. Рассмотренный выше пример показывает, что изготовление отливок складывается из различных технологических операций (рис. 2). Технологический процесс изготовления отливки начинается с подготовки модельно-опочной оснастки, изготовления и доводки моделей, модельных плит, подмодельных плит и щитков, стержневых ящиков, сушильных плит, шаблонов для проверки размеров стержней, кондукторов и шаблонов для контроля правильности установки стержней в форме, опок, штырей и т. д.

Не менее важным звеном технологической цепи является подготовка материалов для изготовления литейной формы. Формовочными материалами называют материалы, применяемые для изготовления разовых или полупостоянных форм. Это — пески, связующие материалы (крепители и специальные добавки). Формовочные и стержневые смеси приготавливаются в специальных смесеприготовительных машинах.

Процесс изготовления литейных форм называется формовкой. В литейном производстве применяется ручная и машинная формовка. Ручная формовка используется в индивидуальном и мелкосерийном производстве. Формы в этом случае изготавливаются в основном по деревянным моделям. В поточно-массовом и серийном производстве формы изготавливаются на формовочных машинах по металлическим моделям.

Стержни получают с помощью стержневых ящиков или шаблонов. Готовые стержни подвергаются сушке в специальных сушилах с целью увеличения газопроницаемости, общей и поверхностной прочности, а также уменьшения газотворной способности.

Стержни перед их установкой в форму окрашивают краской, состоящей из огнеупорных материалов: графита, цирконового песка.

После отделки полужорм их собирают. Перед сборкой сырые формы припыливают и окрашивают для получения чистой поверхности отливки. Сырые формы припыливают графитом, тальком,

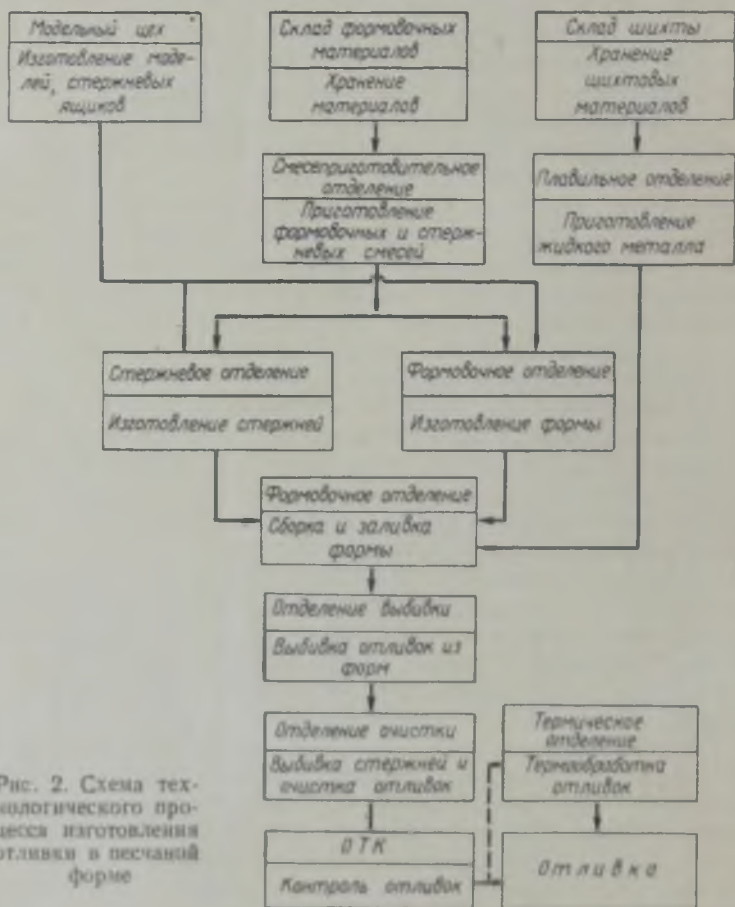


Рис. 2. Схема технологического процесса изготовления отливки в песчаной форме

древесным углем и др. При формовке по-сухому поверхность формы окрашивают краской и сушат. Если отливка имеет полость, то в форму перед сборкой устанавливают стержень. Затем форму собирают и скрепляют опоки болтами или скобами.

Не менее важное звено технологического процесса изготовления отливки — плавка металла. Плавильными печами называют агрегаты, предназначенные для расплавления и перегрева черных и цветных металлов и сплавов. Для плавки чугуна обычно применяются вагранки, пламенные и элек-

трические печи; для стали — мартеновские печи, конверторы, электропечи; цветных металлов — пламенные печи и электропечи. В качестве шихтовых материалов используют литейные и переделные чугуны, стальной лом, брикетированную стружку, чугунный и стальной лом, ферросплавы, топливо и флюсы. При плавке чугуна основным топливом является кокс, а стали и цветных сплавов — мазут, газ и электричество. Кроме того, при плавке чугуна и стали используют флюсы: известняк и плавиковый шпат.

Флюсы применяются для того, чтобы снизить температуру плавления шлака и ошлаковать при плавке примеси металла и футеровку печи. Жидкий металл хорошо заполняет литейную форму, если он перегрет в плавильной печи.

Расплавленный металл подается к формам в ковшах. Металл, залитый в форму, затвердевает, затем охлаждается уже в твердом состоянии.

После охлаждения отливки выбивают из форм. Выбивка отливок производится только после остывания их до определенной температуры, так как при высоких температурах сплавы недостаточно прочны и отливка может разрушиться. Выбивка отливок из опок осуществляется на выбивных установках или вручную.

Отливки имеют обычно много приливов (литников, выпоров, заусенцев, заливок металла и т. д.). Кроме того, поверхность отливок загрязнена пригоревшей к ней формовочной смесью. Поэтому отливки подвергаются обрубке и очистке. Отливки очищаются в дробеструйных и дробеметных установках, гидравлических, пескогидравлических и очистных барабанах.

Затем производят контроль отливок: проверяют размеры отливок, герметичность, наличие внутренних и внешних дефектов (усадочных раковин, газовых раковин, трещин и др.), механические свойства и структуру металла. Отливки, имеющие дефекты (шлаковые включения, местные песочные, усадочные и газовые раковины, а иногда трещины), исправляют различными способами: газовой и электрической заваркой, пропиткой различными смолами, замазками и др.

Принятые ОТК (отдел технического контроля) или мастером литейного цеха отливки отправляются на склад готовых изделий, а оттуда поступают на механическую обработку. Некоторые отливки перед отправкой их в механический цех окрашивают для того, чтобы предотвратить коррозию.

При механической обработке заготовкам придается окончательная геометрическая форма, требуемая точность и чистота поверхности, предусмотренные чертежами и техническими условиями на готовую деталь. Это наиболее трудоемкий процесс в машиностроительном производстве, так как затраты на механическую обработку составляют 40—60% всех затрат на изготов-

ление машины. Поэтому необходимо стремиться изготавливать такие отливки, которые бы были без припусков или имели минимальные припуски на механическую обработку.

Изложенный выше краткий обзор технологического процесса изготовления отливок далеко не исчерпывает всей сложной, разнообразной и вместе с тем чрезвычайно интересной технологии литейного производства.

ГЛАВА II

МОДЕЛЬНАЯ ОСНАСТКА

§ 1. МАТЕРИАЛЫ

Модели, шаблоны, модельные плиты, стержневые ящики, сушильные плиты, модели опок, кондукторы и другую модельную оснастку изготавливают в модельном цехе. После выполнения заказа на отливку модели хранятся на складе в течение определенного срока в зависимости от повторяемости заказа и ценности моделей.

Модели и стержневые ящики для ручной формовки обычно изготавливают из дерева, реже цемента, гипса, пластмассы, а для машинной формовки — из металла. Деревянные модели, изготовленные из качественного дерева, обладают хорошей прочностью и имеют достаточный срок службы. К недостаткам древесины следует отнести большую гигроскопичность, коробление, неоднородное строение, низкую износостойкость. Эти недостатки могут быть частично устранены соответствующей обработкой дерева при изготовлении моделей.

Сушка древесины. Для предохранения деревянных моделей и стержневых ящиков от коробления их изготавливают из высушенного лесоматериала, кроме того, рабочую поверхность покрывают нитроэмалью и иногда лаком.

Древесину заготавливают обычно зимой. Деревья спиливают и бревна укладывают в штабели для естественной сушки на воздухе. После этого их распиливают на доски толщиной от 16 до 100 мм, шириной, превышающей двойную толщину, и на бруски стандартных размеров толщиной 100—240 мм и шириной не более двойной толщины.

Согласно техническим условиям для моделей нельзя использовать древесину, имеющую пороки в виде сучков, ухудшающих обрабатываемость дерева и его механические свойства, гнили, трещины, косослоя. При применении древесины с такими пороками снижается качество поверхности модели, увеличиваются отходы и коробление моделей.

Пиломатериалы (доски или брусья) для удаления излишней влаги подвергаются сушке сначала естественной, затем искусственной в специальных сушилах.

При естественной сушке используется движение окружающего воздуха, омывающего поверхность пиломатериала. Пиломатериалы укладываются в штабеля под специальными навесами, имеющими крышу и открытые боковые стороны (без стен), на заранее подготовленные деревянные или бетонные фундаменты высотой не менее 70—100 см. Процесс сушки древесины длится для мягких пород дерева до 2 лет, для твердых — до 4 лет и более.

Преимущество естественной сушки в том, что нет надобности производить затраты на специальное оборудование, а недостаток — длительность процесса сушки и возможное загнивание материала.

Наиболее распространенным способом сушки дерева является искусственная сушка подогретым воздухом в специальных сушилах. Преимущества этого способа в том, что сокращается время сушки, влажность древесины доводится до требуемого предела согласно техническим условиям и качество древесины повышается.

К недостаткам этого способа следует отнести значительные затраты на специальное оборудование, а также большой расход пара, который составляет 3 кг/ч на сушку 1 м³ древесины.

Для сушки применяют камерные сушила: паровые, газовые и электрические. Наиболее распространены воздушно-паровые сушила; в них воздух нагревается перегретым паром при помощи паровых труб, калориферов или батарей. Эта конструкция сушильных камер безопасна в пожарном отношении, кроме того, обеспечивает необходимую температуру и влажность воздуха в сушильной камере, удобна и надежна в эксплуатации.

Воздушно-паровые сушила бывают периодического и непрерывного действия (туннельные). Сушила обоих типов имеют естественную или принудительную циркуляцию воздуха. Сушку древесины целесообразно производить в сушилах периодического действия. Продолжительность цикла сушки материала зависит от породы дерева, его толщины и влажности. Чтобы предохранить пиломатериалы от коробления в процессе сушки, их предварительно пропаривают. Для этого в камеру подается влажный пар. Пропаривание производится до трех раз. Мягкие породы древесины сушат при 40—75° С, твердые — при 35—55° С.

Для предохранения структуры поверхностных слоев древесины от изменений, увеличивающих твердость и ухудшающих обрабатываемость дерева, температура сушки не должна превышать 80° С. Продолжительность сушки в камерных сушилах для мягких пород древесины составляет 5—8 дней, для твердых — 8—16 дней.

В последнее время нашли применение электрические сушила с использованием токов высокой частоты. Продолжительность сушки в них составляет всего несколько часов; при этом материал высушивается равномерно, не имеет трещин и коробления.

Влажность материала, употребляемого для изготовления моделей, не должна превышать 8—12%. В процессе сушки древесины происходит ее усушка. Древесина усыхает неравномерно: в продольном направлении 0,1—0,3%, в радиальном 3—8% и в направлении касательной к годичным слоям 5—12%.

Породы дерева, применяемые в модельном производстве. В зависимости от назначения и срока службы модели изготавливаются из различных пород дерева: липы, ольхи, сосны, ели, березы, клена, ореха, бука, груши, дуба и др.

Липа — очень мягкое дерево, легко обрабатывается, обладает низкой прочностью и большой гигроскопичностью, кроме того, имеет большую усадку, применяется для изготовления мелких и средних моделей.

Ольха — сравнительно мягкое дерево чисто обрабатывается, имеет небольшую усушку и коробление, применяется для изготовления промоделей (модель для изготовления модели), мелких и средних моделей, стержневых ящиков, а также моделей с тонким телом и ребрами.

Сосна обладает небольшой усушкой, небольшим короблением, хорошо обрабатывается, применяется для изготовления средних и крупных моделей любой сложности, а также стержневых ящиков, шаблонов, кондукторов и т. д.

Ель обрабатывается очень трудно. Поверхность модели после обработки получается негладкой, особенно в торцовой части, и сильно коробится. Ель применяется для изготовления, главным образом, неответственных моделей, моделей для различных приспособлений, крупных моделей и стержневых ящиков.

Береза сильно коробится, дает большую усушку, гигроскопична и подвергается сравнительно быстрому гниению, она хорошо обрабатывается на токарном станке. Поверхность после обработки получается очень гладкой. Береза применяется для мелких изделий и частей моделей, имеющих форму тел вращения (стержневых знаков, бобышек, ободьев шкивов и др.). Береза частично применяется для облицовки средних и крупных моделей.

Клен имеет большую твердость, плотность, небольшую усушку и незначительное коробление, но трудно обрабатывается. Поверхность модели после механической обработки обычно получается чистой и гладкой. Клен применяется для изготовления мелких ответственных моделей в индивидуальном и серийном производстве, а также для облицовки ответственных частей крупных и средних моделей, для изготовления промоделей и модельных шаблонов.

Дуб имеет большую твердость и плотность, трудно обрабатывается, применяется для модельного и формовочного инструмента.

Фанера березовая, ольховая или буковая 1-го сорта применяется для изготовления плоских тонкостенных моделей, модельных плит, рамок, модельных щитков и других частей моделей.

Она хорошо обрабатывается, незначительно коробится, имеет чистую и гладкую поверхность.

Дельта-древесина — материал типа фанеры, изготавливаемый горячим прессованием березового шпона, пропитанного раствором синтетической смолы. Дельта-древесина изготавливается в виде листов толщиной 1—12 мм и плит толщиной 15—17 мм, после обработки имеет гладкую поверхность, незначительное коробление и небольшую гигроскопичность, применяется для тех же целей, что и фанера.

Деревянные модели и стержневые ящики делят по прочности на три класса:

По первому классу изготавливают ответственные модели и стержневые ящики с повышенной точностью, а также модели для серийного производства ручной и машинной формовки. Модели делают из ольхи, бука, клена, лиственницы и других твердых пород. Тонкие части моделей изготавливают из алюминия. Отъемные части в моделях для ручной формовки крепятся на металлических шипах (шпонах) ласточкиным хвостом. Поверхность модели тщательно отделывают и покрывают последовательно не менее 3 раз модельным лаком.

По второму классу прочности изготавливают для мелкосерийного и сложного индивидуального литья модели из сосны, липы и других пород дерева 1- и 2-го сортов. Стержневые ящики делают разъемными. Тонкие модели изготавливают с подмодельными щитками. Поверхность модели тщательно отделывают и покрывают два раза модельным лаком.

По третьему классу прочности изготавливают модели для ручной формовки разовых отливок. Такой же прочности изготавливают скелетные модели и шаблоны. Модели делают из ели, сосны, липы и других пород дерева. Отдельные части модели соединяют клеем или гвоздями.

§ 2. ДЕРЕВЯННАЯ МОДЕЛЬНАЯ ОСНАСТКА

Деревянные модели и стержневые ящики изготавливают по рабочим чертежам детали, на которых технолог-литейщик делает соответствующие обозначения цветными карандашами в соответствии с нормами по оформлению чертежа отливки. Он отмечает места и размеры припусков на механическую обработку, контуры стержневых знаков модели, устанавливает их размеры, форму и нумерацию стержней. Поверхность разема формы на чертеже указывают стрелками с надписями «Верх» и «Низ». Чертеж детали, таким образом, превращается в технологический чертеж отливки.

На рис. 3 приведен пример нанесения технологических указаний для изготовления модельного комплекта по упрощенному способу на чертеж детали. В соответствии с технологическим чертежом отливки для изготовления модели модельщик вычер-

чивает модель на деревянном щитке, склеенном из досок, или на фанере, а иногда острой чертилкой на алюминиевом листе.

На чертеже модели рисуют отливку и ее сечения в натуральную величину по специальному усадочному метру (линейке) без указания размеров и пунктирных линий. Так же как и на технологическом чертеже отливки, модельщик вычерчивает припуски на механическую обработку, знаковые части стержня, формовочные уклоны, указывает положение поверхности разъема формы. По

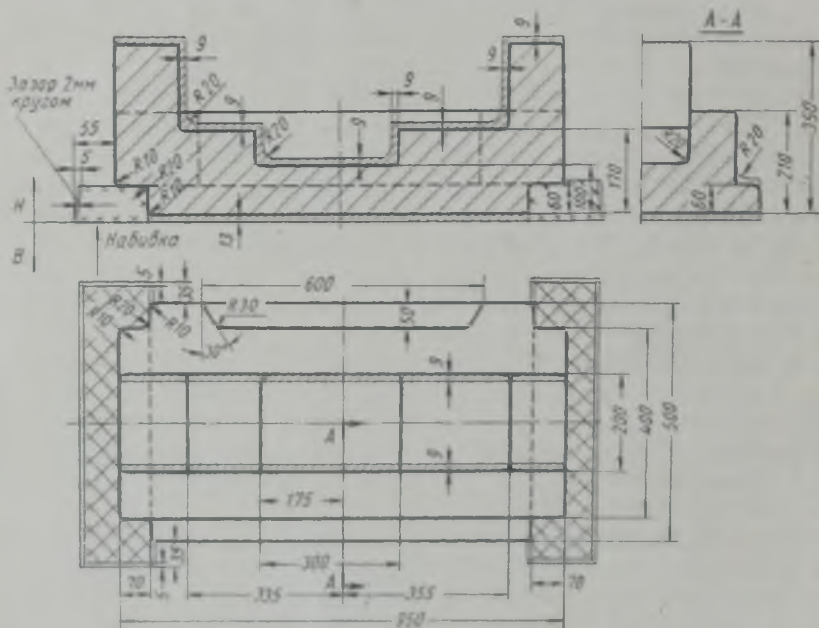


Рис. 3. Пример нанесения на чертеж детали технологических указаний для изготовления модели

чертежу модели определяют величину заготовки, размечают и изготавливают шаблоны, а также контролируют размеры моделей, стержневых ящиков в период их изготовления и при приемке ОТК цеха.

Кроме того, модельщик продумывает технологический процесс изготовления модели, намечает заготовки для частей модели и метод соединения их между собой. После изготовления чертежа модели модельщик приступает к изготовлению модельного комплекта.

Литейные уклоны в моделях и стержневых ящиках. Для извлечения модели из формы без повреждения последней вертикальные стенки модели делают с уклоном. Такие же уклоны делают на стенках стержневых ящиков. Уклоны бывают конструктивные и формовочные.

Конструктивными называются уклоны, предусмотренные при конструировании детали, облегчающие выемку модели из формы

и стержней из стержневых ящиков. При этом размеры отливок соответствуют указанным на чертеже.

Формовочными называются такие уклоны, которые указывает технолог-литейщик на рабочих чертежах деталей в тех случаях, когда конструктивные уклоны отсутствуют. Такие уклоны изменяют чертежные размеры отливки.

Существуют три способа выполнения формовочных уклонов на моделях (рис. 4). По первому способу (рис. 4, а) уклон дается сверх припуска на механическую обработку, например уклон на обрабатываемых вертикальных стенках отливки, перпендикулярных к плоскости разреза. Если вертикальная стенка не обрабатывается и толщина ее менее 8 мм, то уклон также выполняется по первому способу.

По второму способу (рис. 4, б) уклоны делаются на необрабатываемой вертикальной стенке толщиной 8—12 мм при одновременном увеличении и уменьшении толщины тела отливки.

По третьему способу (рис. 4, в) уклоны делаются на необрабатываемых вертикальных стенках с уменьшением толщины тела отливки, если ее высота до 100 мм, а толщина свыше 12 мм. При высоте необрабатываемой вертикальной стенки более 100 мм и толщине более 12 мм уклон делают в плюс—минус по второму способу (рис. 4, б).

В табл. 1 приведены значения минимальных формовочных уклонов при изготовлении моделей. На ребрах жесткости и других

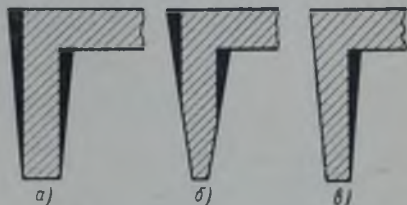


Рис. 4. Способы выполнения литейных уклонов на моделях

Минимальные формовочные
уклоны моделей по ГОСТу 3212—57

Таблица 1

Высота модели в мм	Металлических при машинной формовке		Деревянных при формовке			
			машинной		ручной	
	в мм	α	в мм	α	в мм	α
До 20	1,0	3°	1,0	3°	1,0	3°
21—50	1,0	1°15'	1,5	1°30'	1,5	1°30'
51—100	1,5	0°45'	2,0	1°15'	2,0	1°15'
101—200	2,0	0°30'	2,5	0°45'	2,5	0°45'
201—300	2,5	0°30'	3,0	0°30'	3,0	0°30'
301—500	3,0	0°30'	4,0	0°30'	4,0	0°30'
501—800	—	—	—	—	5,0	0°30'
801—1000	—	—	—	—	6,0	0°30'
1001—1200	—	—	—	—	7,0	0°30'
1201 и более	—	—	—	—	8,0	0°30'

несопрягаемых поверхностях уклоны на моделях делаются несколько большими, чем указано в табл. 1. Если обрабатываемая часть вертикальной стенки более 500 мм, то формовочный уклон делают по первому способу, а в нижней части стенки припуск на обработку уменьшают на 30%. Это объясняется тем, что при заливке металла в форму происходит деформация формы и стенки отливки утолщаются. Формовочный уклон на ребрах, перегородках толщиной 6—10 мм при большой их высоте принимают около 30'. Модели болванов делаются с большими уклонами, но не более двойной величины, указанной ГОСТом 3212—57.

Галтели. Галтелью называется скругление внутреннего угла модели с целью получения в отливке плавного перехода от одной ее поверхности к другой. Галтели облегчают извлечение модели

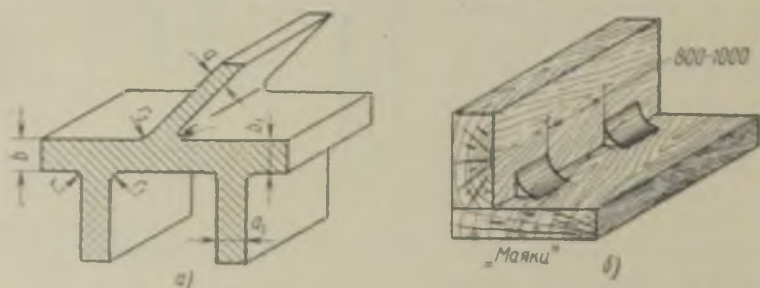


Рис. 5. Сопряжение стенок при помощи:
а — галтелей в отливках; б — маяков в крупных моделях

из формы, предотвращают появление трещин и усадочных раковин в отливке. Радиус галтели необходимо принимать от $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{3}$ средней арифметической толщины двух стенок, образующих угол модели. Например, при толщине одной стенки $a = 24$ мм и другой $b = 18$ мм

$$r = \frac{a+b}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{24+18}{2} \cdot \frac{1}{3} = 7 \text{ мм.}$$

На рис. 5, а показано сопряжение стенок отливки. На крупных моделях галтели радиусом более 15 мм допускается выполнять при помощи «маяков» (рис. 5, б), устанавливаемых на расстоянии 800—1000 мм друг от друга.

Припуски в литейных моделях на усадку сплавов. Усадкой называют уменьшение объема металла при его охлаждении. Изменение линейных размеров отливки, вызванное усадкой, называется *линейной усадкой*. Металл при охлаждении и затвердевании усаживается, поэтому модель должна быть больше отливки на величину усадки. Наибольшую усадку имеют отливки простой конфигурации, так как нет препятствий усадке. В отливках, имеющих стенки разной толщины, усадка получается неравномерной, вследствие неодновременного затвердевания и остывания. Более толстые части затвердевают позднее, чем тонкие. Отливки с боль-

шим числом стержней также не имеют равномерной усадки, так как стержни препятствуют ей. Величина линейной усадки ϵ_L определяется по формуле

$$\epsilon_L = \frac{L_{\text{мод}} - L_{\text{отл}}}{L_{\text{отл}}} 100\%, \quad (1)$$

где $L_{\text{мод}}$ — размер модели;
 $L_{\text{отл}}$ — размер отливки по чертежу.

Ниже приведены значения линейной усадки литейных сплавов.

Линейная усадка литейных сплавов в %

Чугун:		жароупорная (25% Cr и 2% Ni).	
серый	0,5—1,2		1,8—2,2
белый	1,5—2,0	Бронза:	
ковкий перлитный	1,2—2,0	оловянная	1,0—1,5
ковкий ферритный	1,0—1,2	алюминиевая	1,2—1,8
аустенитный немагнитный	1,3—2,0	латунь цинковая	1,0—1,5
чугаль (18—25% Al)	2,1—2,7	Сплавы:	
Сталь:		алюминиевые	1,0—2,0
углеродистая (0,14—0,75% C)	2,5—2,0	силумин (5—14% Si)	1,0—1,2
марганцовистая (10—14% Mn)	2,5—3,8	магниевые	0,8—1,6
		цинковые	1,0—1,5

Отливка соответствует размерам чертежа в тех случаях, когда при изготовлении модели правильно учитывается линейная усадка металла.

Для изготовления моделей применяют модельные усадочные метры (линейки), которые больше нормального метра на величину усадки соответствующего сплава.

Припуски на механическую обработку. Припуском на механическую обработку называется толщина слоя металла, которую удаляют с отливки в процессе ее механической обработки для достижения размеров и чистоты поверхности в соответствии с чертежом детали. Припуски на механическую обработку дают на все обрабатываемые поверхности отливки. Величина припуска на механическую обработку зависит от материала отливки, размера отливки, характера производства (массовое, серийное, индивидуальное), способа формовки, степени сложности отливки, положения обрабатываемой плоскости при формовке и заливке.

При ручной формовке припуски на механическую обработку всегда больше, чем при машинной формовке. Наибольшие припуски предусматриваются для поверхностей, которые расположены в верхней части отливки, так как они больше всего засорены неметаллическими включениями. В отливках из серого чугуна литьем получают отверстия при массовом производстве более 20 мм, при серийном — более 30 мм и при индивидуальном более 50 мм.

Припуски на механическую обработку отливок в мм

Сплав	Наибольший размер отливки в мм	Производство					
		массовое		серийное		индивидуальное	
		Отливки					
		простые	сложные	простые	сложные	простые	сложные
Чугун (ГОСТ 1855—55)	До 100	2	2	3	3	3	4
	101—200	2	3	3	4	4	5
	301—500	3	4	4	6	6	8
	800—1200	4	6	6	8	8	10
	1800—2600	6	8	8	10	10	12
	3801—5400	—	—	10	12	12	16
	5401 и выше	—	—	12	14	14	18
Сталь (ГОСТ 2009—55)	До 200	3	4	4	6	6	7
	201—300	3	4	4	7	7	9
	301—500	4	5	5	9	9	12
	801—1200	6	9	9	12	12	15
	1800—2600	9	12	12	15	15	18
	3801—5400	—	—	15	18	18	24
	Свыше 5400	—	—	18	24	24	30
Из цветных металлов	До 200	2	2	2	3	3	4
	201—300	2	2	2	4	4	5
	301—500	3	3	3	5	5	7
	801—1200	4	5	5	6	6	8
	1800—2600	5	6	6	8	8	10
	3801—5400	—	—	8	10	10	13
	Свыше 5400	—	—	9	12	12	16

Величина припуска на механическую обработку определяется соответствующими ГОСТами (табл. 2).

Стержневыми знаками называются выступающие части на моделях, образующие в форме углубления, в которые устанавливаются знаковые части стержня. По конструкции различают стержневые знаки вертикальные и горизонтальные. Стержневые знаки как вертикальные, так и горизонтальные могут иметь круглую, квадратную или другую форму. Они предназначены для обеспечения устойчивости стержня в форме, точной фиксации его положения, а также вывода газов, выделяющихся из стержня при заливке металла в форму. Знаки должны быть таких размеров, чтобы выдерживать нагрузку от веса (массы) стержня, давления жидкого металла на верхнюю форму и стержень, без их деформации, а также иметь такую конфигурацию, при которой не происходило бы каких-либо смещений стержня.

Устойчивое положение стержня достигается фиксаторами (рис. 6). На горизонтальных стержнях с двумя знаками фиксаторы делают на одном из знаков стержня.

В табл. 3 даны размеры вертикальных знаков, а в табл. 4 приведены размеры и уклоны горизонтальных знаков. Следует избе-

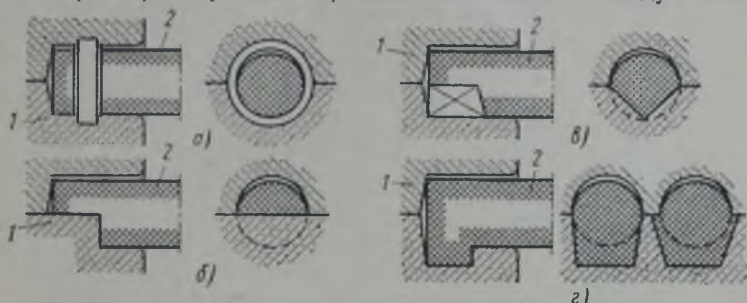


Рис. 6. Типы фиксаторов, предотвращающих:

а — осевое смещение; б, в — вращение; г — осевое смещение и вращение стержней; 1 — форма; 2 — стержень

гать консольных стержней, особенно стержней большого размера, так как трудно обеспечить устойчивость стержней. Длину стержневых знаков индивидуального и мелкосерийного производства выбирают на основе производственного опыта.

Таблица 3

Таблица 4

Высота вертикального знака в зависимости от наибольшего размера A (рис. 7, а)

Размеры и уклоны горизонтальных знаков (рис. 7, б)

A в мм	Высота знака в мм			Уклон α знака в град	
	короткого	среднего	длинного	нижнего	верхнего
До 10	10	15	20	5	5—7
12—18	15	20	25	5	5—7
19—30	20	25	30	5	5—7
31—50	25	30	40	5	5—7
51—80	30	40	50	7	7—10
81—120	40	50	60	7	7—10
121—180	50	60	70	7	7—10
181—250	60	70	80	7	7—15
251—350	70	80	90	10	10—15
351—500	90	100	120	10	10—15
751—1000	100	120	150	10	10—20
1001—2000	120	150	180	10	10—20

A в мм	Длина знака L в мм			Уклон α в град.
	короткого	нормального	длинного	
До 10	10	15	20	3
10—18	15	20	25	3
18—30	20	25	30	3
30—50	25	30	40	3—5
50—80	30	40	50	3—5
80—120	40	50	60	3—5
120—180	50	60	70	3—7
180—250	60	80	90	5—7
250—350	80	90	100	5—7
500—750	90	100	120	7—10
750—1000	100	150	150	7—10
1000—2000	120	150	180	7—10

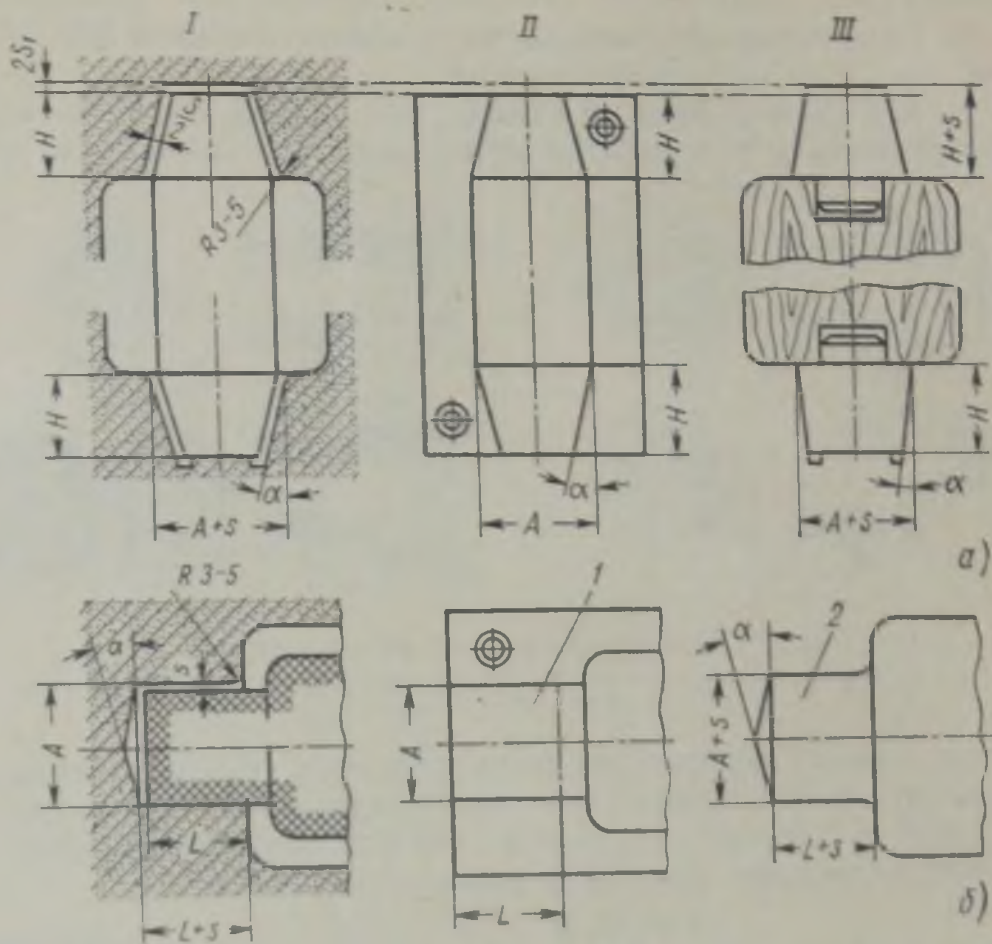


Рис. 7. Размер вертикальных (а) и горизонтальных (б) знаков:
 I — стержневого ящика; 2 — модели: I — форма; II — стержневой ящик;
 III — модель

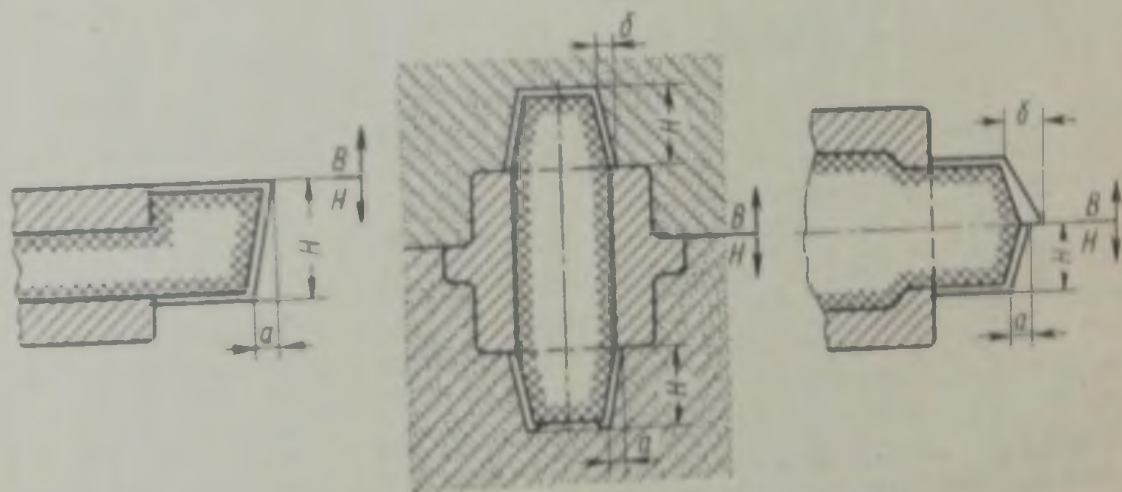


Рис. 8. Уклоны знаков моделей и стержней

В табл. 5 приведены значения уклонов знаковых частей моделей и стержневых знаков по данным завода «Станколит».

Зазоры между знаковыми поверхностями форм и стержней делают для правильной установки стержней в форму. При очень малых размерах зазоров или при их отсутствии в процессе сборки формы приходится опиливать знаки стержней и подгонять их так, чтобы они хорошо устанавливались в форме. Подпиловка стержней без контрольных средств (шаблонов, кондукторов и др.) не допускается, так как нарушаются размеры отливок, снижается производительность труда сборщика форм и т. д. Слишком большие зазоры также нарушают размеры отливок; в отливках образуются увеличенные заливы металла в местах сопряжения стержней и формы; кроме того, создаются условия для проникновения металла в газотводные каналы стержней, что приводит к образованию газовых раковин в отливках.

Величина зазоров между знаками стержня и форм ГОСТом не определяется, так как эти зазоры зависят от специфических условий производства и регламентируются заводскими нормальями.

Величина зазоров устанавливается меньшая для сырых и большая для сухих и подсушенных форм. Величина зазоров определяется опытным путем. Например, по данным Липецкого тракторного завода зазоры между формой и знаками стержней рекомендуется рассчитывать по формуле

$$s = \frac{d}{200},$$

где d — диаметр стержня в мм.

§ 3. ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

Для обработки дерева применяются циркулярные и ленточные пилы, станки: фуговальные, рейсмусовые, фрезерные, шлифовальные, шипорезные.

Циркулярный круглопильный станок (рис. 9) применяется для продольной и поперечной распиловки досок и брусков.

Ленточный станок применяется для прямолинейной и криволинейной распиловки досок. Пиломатериалы для распиловки подаются вручную под режущую кромку движущегося вертикально-замкнутого ленточного полотна. Для безопасной работы ленточное

Таблица 5

Значения уклонов модельных и стержневых знаков

Высота знака в мм	Нижних (рис. 8, а)		Верхних (рис. 8, б)	
	в град	на 10 мм в мм	в град	на 10 мм в мм
До 50	8	1,4	15	2,7
50—150	8	1,4	12	2,1
150—750	6	1,0	9	1,6
750 и выше	4	0,7	—	—

полотно вместе со шкивами ограждают кожухом из металлической сетки.

Фуговальный станок (рис. 10, а) применяется для обработки плоскостей брусков и досок. Станок состоит из станины и двух плит, на которых установлен вал с пластинчатыми ножами. Вал вращается от электродвигателя. Перемещением плиты стола с помощью винтов устанавливают определенную толщину (δ) срезаемой

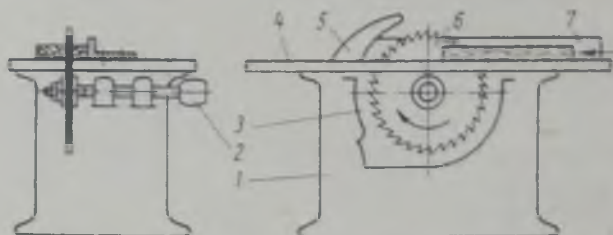


Рис. 9. Круглопильный станок, модель Ц-2-М:

- 1 — станина; 2 — шкив; 3 — защитный кожух с установкой для отсоса опилок; 4 — стол; 5 — расклинивающий нож; 6 — дисковая пила; 7 — направляющий угольник

стружки (рис. 10, б). Доски на фуговальный станок подаются вручную, с прижимом доски к плите.

Рейсмусовый строгальный станок применяется для строгания поверхности доски для выравнивания ее толщины. Обычно на рейсмусовых станках строгают доски, одна из сторон которых обработана на фуговальном станке. Рейсмусовый строгальный станок



Рис. 10. Фуговальный станок (а), модель СФ-6 и схема основного узла (б):

- 1, 2 — передняя и задняя плиты; 3 — ножевой вал; 4 — ножи

имеет стол, перемещающийся по вертикали для установления заданной толщины обрабатываемой доски (рис. 11), вал с ножами, вращающийся от электродвигателя. Доска к ножевому валу подается специальными валиками и роликами.

На фрезерных станках обрабатывают криволинейные поверхности деревянных заготовок, особенно при изготовлении стержневых ящиков, в которых имеется большое число криволинейных

плоскостей. Фрезерные станки бывают нескольких типов: вертикальные, горизонтальные и копировальные.

Шлифовальный станок применяется для шлифования лентой или шкуркой деревянных заготовок моделей и стержневых ящиков, закрепленных на станке. Шлифовальные станки бывают различных конструкций: ленточные, дисковые и комбинированные.

Станок (рис. 12) состоит из станины 1, на которой укреплены в кожухе 2 диск, бобина (цилиндр) и электродвигатель. Диск укрепляется на валу электродвигателя 3, а бобина — на шпинделе, имеющем, кроме вращательного движения, поступательное в вертикальной плоскости. Заготовку устанавливают на столе 4 и прижимают ее к поверхности шлифовального диска.

Токарный станок используется для изготовления частей моделей и стержневых ящиков, имеющих форму тел вращения. Заготовка, подлежащая обработке, укрепляется в центрах станка на планшайбе или в специальном патроне. При обработке заготовок диаметром 150—300 мм с расположением волокон древесины перпендикулярно оси вращения их закрепляют на планшайбе шурупами. Деревянные заготовки моделей шкивов, маховиков и других моделей диаметром 3000 мм и более обрабатываются на токарно-лобовых станках.

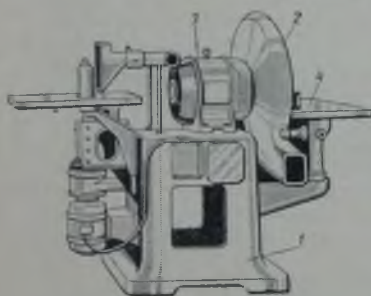


Рис. 12. Шлифовальный станок, модель ШЛ-ДБ

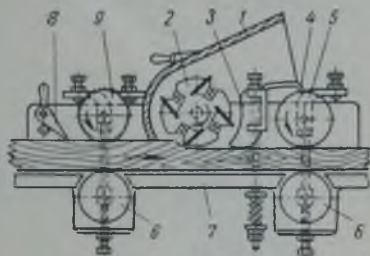


Рис. 11. Рейсмусовый станок, модель СР-С-2:

1 — чугунный колок для отвода стружки; 2 — ножевой вал; 3 — прижимная головка; 4 — козырек; 5, 9 — подающие задний (гладкий) и передний (рифленый) валики; 6 — нижние ролики; 7 — плита стола; 8 — тормозные пальцы

шлифования, завинчивания шурупов и т. д. применяют электрифицированный инструмент, значительно облегчающий труд модельщика. На практике наиболее распространены следующие инструменты: дисковая электропила модели И-78 с редуктором

применяется для обрезки заготовок, пропиливания пазов и других работ, ленточная электропила, электрорубанок, электрофрез, электроразвертка, а также инструмент для электрошлифования поверхности модели.

К мерительному инструменту, применяемому при изготовлении моделей и стержневых ящиков, относятся усадочный метр, уголь-

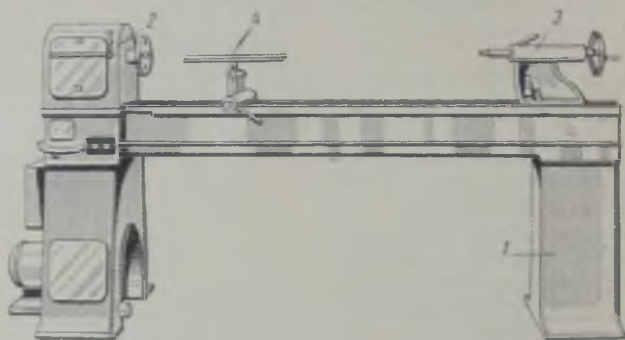


Рис. 13. Токарный станок, модель ТП-200

ник, малка, рейсмус, циркуль, кронциркуль, нутромер и штангенциркуль (рис. 14).

Усадочным метром измеряют размеры заготовок моделей и стержневых ящиков. Усадочные метры (линейки) изго-

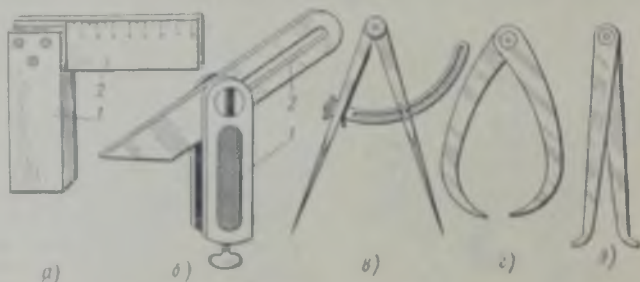


Рис. 14. Мерительный инструмент:

а — угольник. б — малка; в — циркуль; г — кронциркуль; д — нутромер; 1 — колодка; 2 — линейка

товляют длиной больше обыкновенного простого метра на величину усадки сплава отливки. Усадочные метры употребляются на практике с учетом усадки 1; 1,25; 1,75; 2% и т. д.

Угольником проверяют прямые углы и размечают перпендикулярные линии на брусках и досках. Угольник состоит из

колодки и вставленной в нее под прямым углом тонкой линейки. При пользовании угольником колодку (толстую часть) прикладывают к плоскости заготовки, выбранной за базу.

Малка металлическая или деревянная служит для проверки различных углов и для разметки. Она состоит из колодки и линейки (пера), соединенной с колодкой шарнирным винтом.

Рейсмус необходим для проведения параллельных линий на брусках и досках. Он состоит из колодки, в которую вставлены

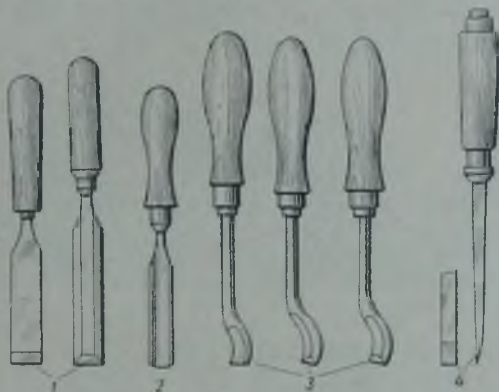


Рис. 15. Режущие инструменты:

1 — плоские стамески; 2 — полукруглая стамеска;
3 — клюкарзы разных профилей; 4 — долото

два деревянных или металлических бруска, имеющие на концах металлические шпильки. При работе колодка прижимается к базовой плоскости доски, а каждый брусочек закрепляется на определенном расстоянии от плоскости колодки до металлической шпильки. При перемещении колодки металлическая шпилька наносит на поверхность доски риску.

Кронциркуль измеряют наружные размеры тел вращения, а также толщину изделий.

Нутром применяется для измерения внутренних отверстий, углублений и расстояний между отдельными частями изделия.

Штангенциркуль размечают окружности больших размеров.

Режущий и строгальный инструмент. При изготовлении моделей и стержневых ящиков применяется следующий строгальный и режущий инструмент (рис. 15): стамески, шерхебель, рубанки, фуганок, цинубель, сверла и приспособления для свертывания.

Плоскими стамесками обрабатывают древесину по плоскости и выпуклые поверхности. Полукруглые стамески

служат для вырезания внутренних кривых поверхностей. Ключарзы применяются для обработки поверхностей, которые невозможно обработать обыкновенными стамесками. Долото применяется для получения углублений в моделях, стержневых ящиках.

Ш е р х е б е л ь используется для грубой обработки древесины. Он состоит из колодки с прорезью, в которую под углом 45° вставляется железка-пластина с лезвием полукруглой формы, закрепленная клином. Для получения более чистой поверхности применяется рубанок с одинарной или двойной железкой. Рубанками с двойной железкой обрабатываются торцевые и долевые поверхности заготовок.

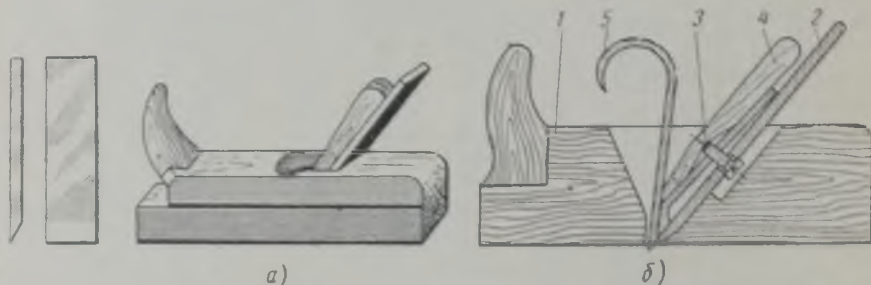


Рис. 16. Одинарный (а) и двойной (б) рубанки:

1 — колодка; 2 — резец; 3 — горбатики; 4 — клин; 5 — стружка

Для строгания плоскостей длиной более 300 мм, когда нужно получить плоскую поверхность изделия, применяют фуганок. Устройство фуганка аналогично устройству рубанка (рис. 16).

Изготовление моделей. В качестве примера рассмотрим изготовление модельного комплекта для конического катка. Модель конического катка, изготавливаемая по чертежу отливки (рис. 17, а), должна быть цельной, с отъемной верхней муфтой, так как плоскость разъема формы пройдет по линии $I-I$. Модель изготавливается по первому классу прочности из березы или сосны. Для придания модели прочности обод катка (рис. 17, б) делают из косяков, т. е. из кольцевых секторов 1, расположенных в три ряда по шесть штук в каждом, а диски — из двух кругов 2, склеенных таким образом, что их долевые волокна расположены взаимно перпендикулярно.

Заготовки косяков 1 выпиливают из досок по вычерченному контуру. Контур косяков наносят обводкой карандашом шаблона косяка, наложенного на доску. Шаблон делают из картона или фанеры по размерам, соответствующим косякам каждого ряда. Припуск на обточку заготовки берется не менее 4—5 мм на каждую сторону. Долевые волокна дерева должны быть направлены в косяке только по хорде (рис. 17, в).

Склеенную заготовку обтачивают на токарном станке при помощи планшайбы 3 или ее прикрепляют шурупами к деревян-

ному кресту 4 (рис. 17, а). Внутренние поверхности в нижней и верхней частях модели вытачивают резцом. Углубления в диске делают с обеих сторон для установки в них частей модели — муфт со знаками. Затем вытачивают стержневые знаки 5, 6 и муфты 7, 8. Муфту 8 приклеивают к модели, муфту 7 делают отъемной для

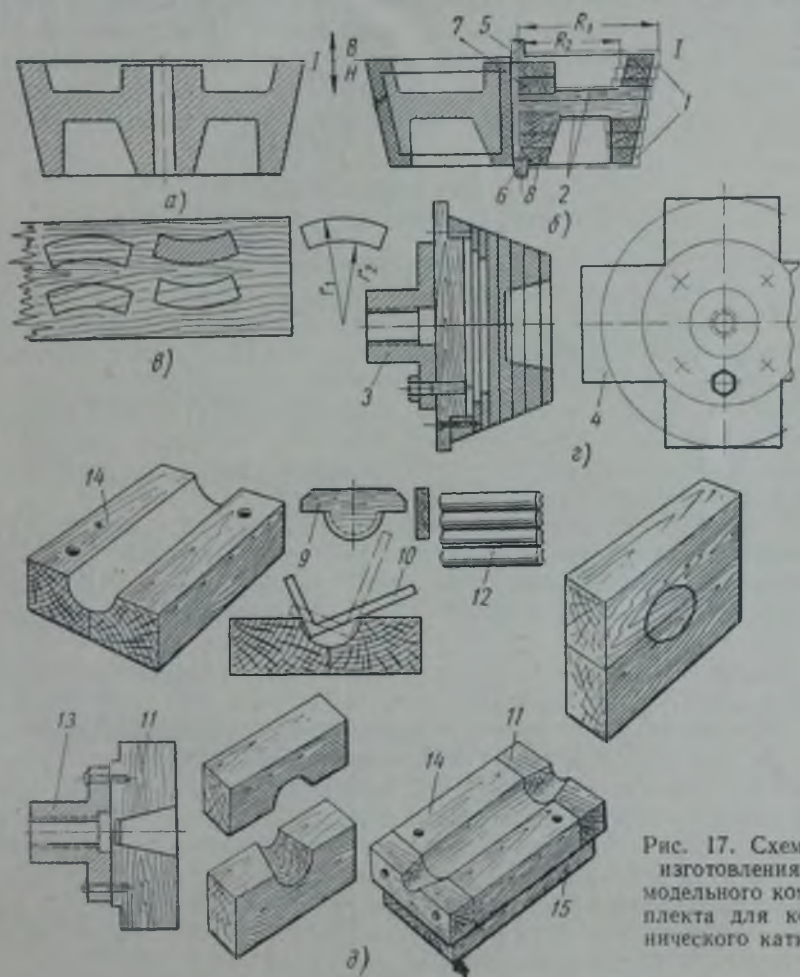


Рис. 17. Схема изготовления модельного комплекта для конического катка

удобства формовки. Стержневой ящик (рис. 17, д) изготавливают разъемным по оси из двух симметричных половинок. Сначала спаривают бруски для средней части ящика. Затем полукруглой стамеской выполняют цилиндрическую полость с помощью шаблона 9 и угольника 10. Эту полость можно изготавливать и на фрезерном станке. Конические полости ящиков для знаковых частей

стержня делают на токарном станке из двух заготовок 11, склеенных через бумагу и скрепленных железными гребенками 12.

Каждую заготовку 11 привертывают к планшайбе 13 шурупами и растачивают резцом. После снятия заготовки с планшайбы сострагивают плоскости до требуемой высоты знака и разъединяют заготовку при помощи стамески по плоскости склейки на две части. Бумагу с клеем удаляют, заготовки 11 приклеивают к средней части 14 ящика и привертывают шурупами. Для прочности к каждой половине ящика приклеивают деревянный щиток 15. После зачистки модельный комплект готов к приемке ОТК.

§ 4. МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ, ПЛАСТМАССОВАЯ МОДЕЛЬНАЯ ОСНАСТКА. ОПОКИ

Металлические модели применяются обычно для изготовления большого числа мелких и средних отливок. Наиболее распространены металлические модели в серийном и массовом производстве отливок методом машинной формовки. Металлические модельные комплекты изготавливают из алюминиевых сплавов и серого чугуна марок СЧ 15-32; СЧ 18-36; СЧ 21-40. Такой чугун используется для небольших и несложных стержневых ящичков и модельных плит. Модели из серого чугуна обладают высокой прочностью, хорошей обрабатываемостью и сравнительно дешевы.

К недостаткам чугунных моделей относятся склонность к коррозии, сложность ремонта и хранения таких моделей. Для изготовления мастер-моделей (эталона) для формовки металлических цельнолитых плит применяют безусадочные сплавы.

Такие безусадочные сплавы имеют следующий химический состав: 1) 42% Sn; 42% Pb; 16% Sb; 2) 60% Pb; 40% Sn. Эти сплавы обладают высокой прочностью, хорошей обрабатываемостью, но они дорогие и поэтому применяются очень редко.

Изготовление металлических моделей. Заготовки металлических моделей, стержневых ящичков и плит получают литьем в песчаные формы по деревянным моделям, которые называются промоделями, т. е. модели для изготовления моделей. Промодели изготавливают с припусками на механическую или ручную обработку модели и отливки, а также с учетом усадки сплава модели и, в дальнейшем, детали.

Например, если материалом металлической модели является алюминиевый сплав, усадка которого равна 1,25%, а отливки — сталь с усадкой 2%, то промодель нужно изготавливать с учетом суммарной усадки, равной 3,25%. При ручной обработке (зачистке) модели припуск на сторону составляет 0,3—0,5 мм, а при механической обработке на станках 2—6 мм. При обработке стержневого ящичка на фрезерном станке для чугунной модели припуск составляет 2 мм, а для алюминиевой 4 мм; при обработке

на токарном станке соответственно 3—4 мм и 4—5 мм, а на строгальном станке 3—5 мм и 4—6 мм.

Для определения толщины t тела модели или стержневого ящика (рис. 18) необходимо знать габаритные размеры модели или стержневого ящика и материал, из которого их изготовляют. После определения толщины t стенок моделей по табл. 6 можно найти толщину ребер жесткости и радиус галтелей. Ребра жест-

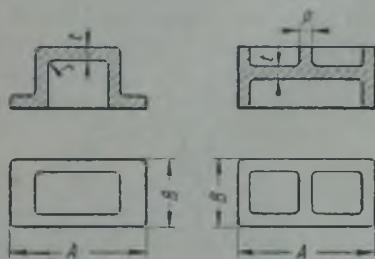
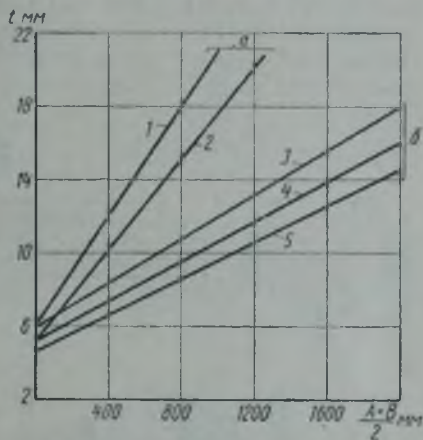


Рис. 18. Определение толщин стенок стержневых ящиков (а) и моделей (б) из сплавов:

1, 3 — алюминиевых; 2, 4 — чугуновых;
5 — бронзовых



кости у основания модели или стержневого ящика следует делать равными 0,8 толщины тела модели; формовочные уклоны металлических моделей и стержневых ящиков делают по ГОСТу 3212—57

Отливка металлической модели подвергается механической обработке в соответствии с чертежом модели. Для более точного изготовления металлической модели контуры модельного чертежа, отдельные разрезы и сечения вычерчивают в натуральную величину на алюминиевом листе, предварительно покрытом акварельной краской или светлым лаком. Вычерчивание отдельных проекций металлических моделей необходимо для изготовления металлических шаблонов, для пригонки отдельных частей и т. д. Перед механической обработкой рабочих поверхностей моделей их сначала строгают и фрезеруют в плоскостях разреза (поверхность соприкосновения полумодели с плитой), а затем спаривают (чтобы они не смещались) при помощи контрольных штифтов из стали.

Таблица 6

Толщина стенок t ребер жесткости p и радиусы галтелей r металлических моделей и стержневых ящиков в мм

t	p	r	t	p	r
7	6	5	14	11	8
8	6	5	15	12	8
9	7	5	16	13	10
10	8	5	17	14	10
11	9	5	18	14	10
12	10	8	19	15	10
13	10	8	20	16	10

После механической обработки модели монтируют на заранее подготовленные плиты. Предварительно на каждой плите делают монтажные разметочные риски, как правило, от контрольного штыря. При монтаже полумоделей на плиты необходимо учитывать размеры и конструкцию опок.

Литниковая система монтируется на модельных плитах после установки моделей в соответствии с чертежом модельной плиты (для верха и низа). На рис. 19 приведен монтаж моделей на односторонних плитах, предназначенных для машинной формовки. Литые полумодели строгают по плоскости разъема, затем их спаривают при помощи контрольных штифтов 1 (рис. 19, а) и обраба-

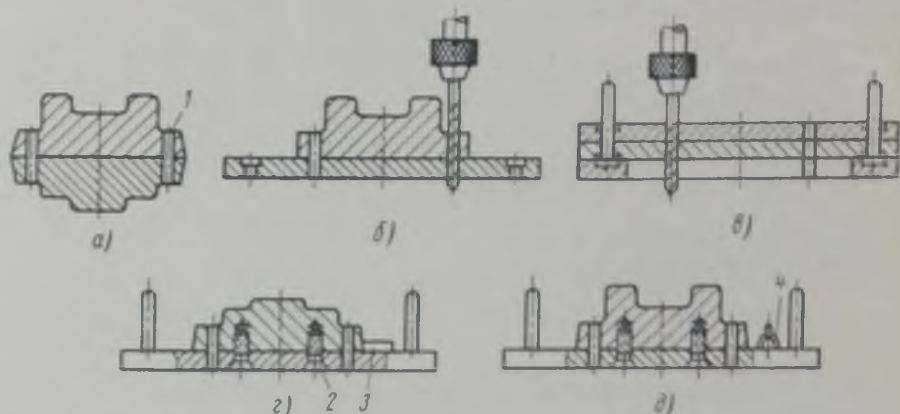


Рис. 19. Монтаж моделей на односторонних плитах

тывают на токарном станке. Затем на поверхности полумоделей наносят монтажные осевые риски.

На подготовленные плиты (верхнюю и нижнюю) после механической обработки наносят монтажные риски и одну из частей модели накладывают на подмодельную плиту (рис. 19, б) так, чтобы монтажные риски модели и плиты совпали. В таком положении полумодель прижимают к плите и просверливают отверстия в плите, причем полумодель используется как кондуктор. После этого полумодель освобождают от зажима, снимают с плиты, а подмодельную плиту накладывают рабочей поверхностью на другую плиту и центрируют при помощи направляющих штырей (рис. 19, в). Через отверстия для контрольных шпилек плиты просверливают отверстия в другой плите.

Затем плиты разъединяют, ставят направляющие штыри, монтируют полумодели на плитах и фиксируют их контрольными штифтами во избежание перекоса отливки. Модели крепят снизу при помощи стальных винтов 2, а иногда при помощи болтов. Затем прикрепляют к плите для нижней полуформы (рис. 19, г) модели питателей 3, а на другую плиту (рис. 19, д) модель шлако-

уловителя 4. Монтаж моделей на односторонних плитах производят обычно с помощью монтажного шаблона. Если на плите устанавливается несколько моделей, то следует пользоваться монтажным шаблоном, изготовленным из листовой стали толщиной 2—5 мм.

При машинной формовке используют две плиты: одну для нижних полуформ, а вторую с моделями для верхних полуформ (рис. 20, а). На плитах (рис. 20, б) смонтированы модели литниковой системы.

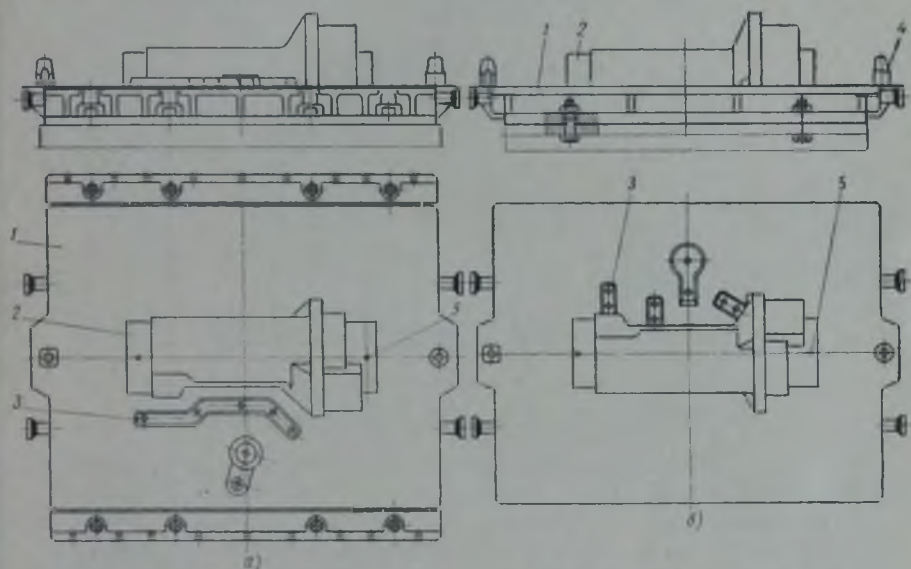


Рис. 20. Модельные плиты для машинной формовки:

1 — плита; 2 — половина модели; 3 — модели литниковой системы; 4 — центрирующие штыри; 5 — контрольные штифты

Модельная плита двухсторонняя (рис. 21) изготовляется обычно из алюминиевых сплавов, так как она должна быть более легкой. Модельные плиты для безопочной формовки при криволинейной поверхности разъема формы отливают заодно с моделями. Монолитные плиты получают из алюминиевого сплава по деревянным модельным плитам вместе с моделями. Модели с простым прямолинейным разъемом устанавливают на плите с двух сторон: на одной стороне модельной плиты монтируется одна часть 1 модели, а на другой — вторая часть 2 модели.

Литниковая система 3, шлакоуловитель и стояк монтируются на верхней поверхности плиты, а питатели — на нижней. При изготовлении алюминиевой плиты с моделями необходимо учитывать двойную усадку и припуски на механическую обработку.

Стержневые ящики. Металлические ящики применяются в серийном и массовом производстве. Процесс изготовления метал-

лических стержневых ящиков мало отличается от процесса изготовления металлических моделей. Стержневые ящики делают разборными и вытряхными, последние делают цельными, неразъемными. Иногда стержневые ящики имеют съемные части (отдельные вставки).

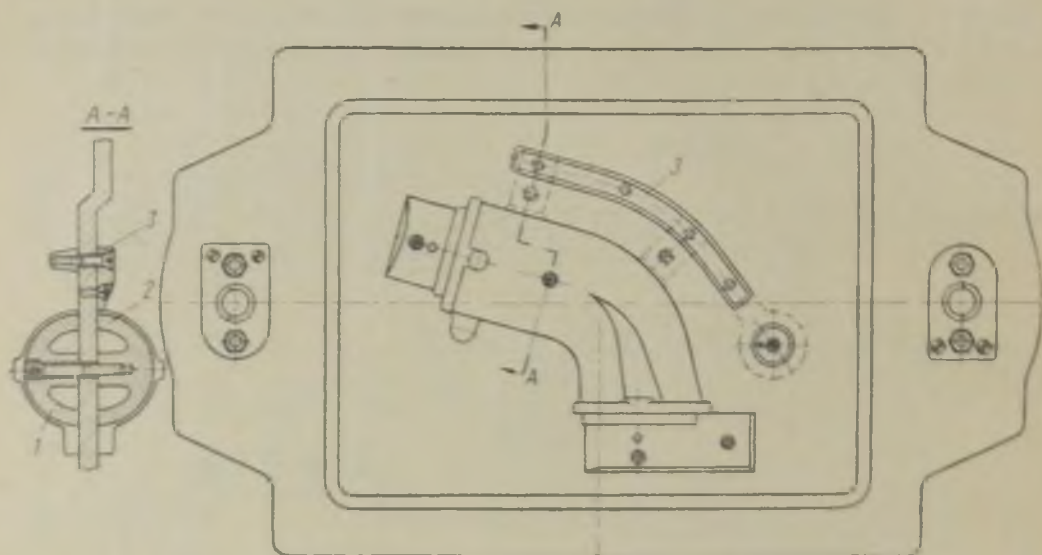


Рис. 21. Модельная плита для безопочной формовки

На рис. 22 показан металлический ящик для изготовления стержней на пескодувной машине.

Сушильные плиты применяются для сушки стержней. Их изготавливают из чугуна, стали и алюминиевых сплавов. Сушильные плиты бывают плоские и фасонные (драйеры) (рис. 23) облегченного типа с толщиной тела 3—5 мм (чугунные) и 4—6 мм (алюминиевые). Для предупреждения коробления сушильные плиты перед механической обработкой подвергают термической обработке.

Опоки для опочной и безопочной формовки. Опоками называют жесткие рамки из чугуна, стали, предохраняющие песчаную форму от разрушения как во время сборки, так и при транспортировке и заливке. Опоки изготавливаются из чугуна марок СЧ 15-32, СЧ 18-36 и стали марок 20Л, 25Л и 30Л. Наиболее совершенными считаются литые или сварные стальные опоки, так как они более прочные по сравнению с чугунными. Сварные опоки оправдали себя благодаря легкости и высокой прочности, но они пока широко не применяются в литейном производстве из-за дефицитности проката и отсутствия специализированных заводов по изготовлению опок.

Опоки должны иметь минимальный вес, высокую прочность и жесткость. В зависимости от характера производства различают три типа опок: для индивидуального (рис. 24, а), мелкосерийного (рис. 24, б), крупносерийного и для массового (рис. 24, в) производства. ГОСТом 2133—57 определяются общие вопросы нормали-

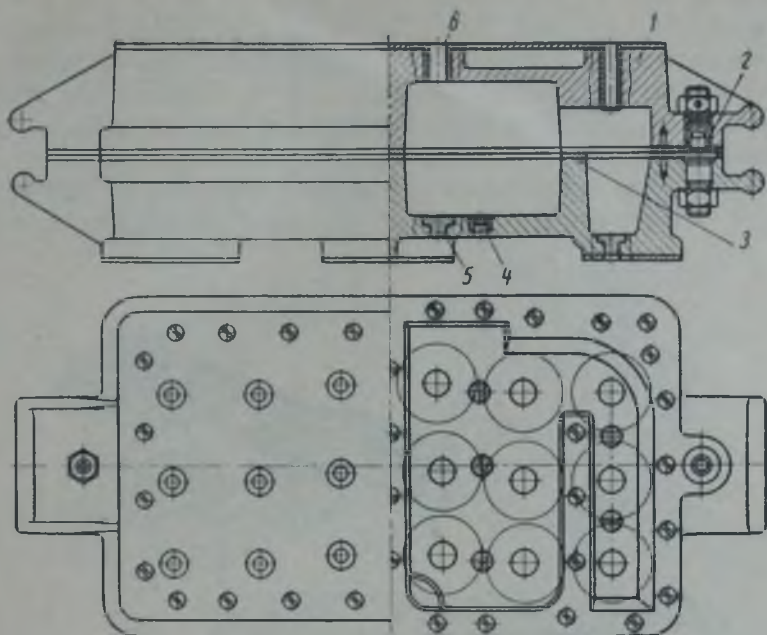


Рис. 22. Металлический ящик для изготовления стержня на пескодувной машине:

1 — корпус; 2 — центрирующая втулка; 3 — бронировка;
4 — вентиляционное отверстие (вента); 5 — вкладыш; 6 — вдувное отверстие

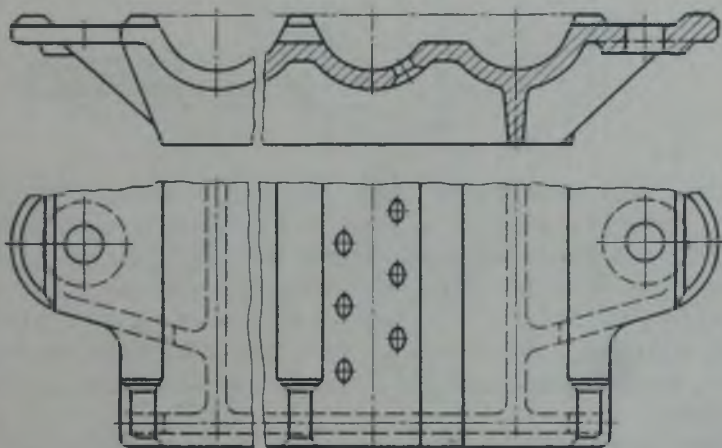


Рис. 23. Сушильная фасонная плита (драйер) для цилиндрических стержней

зации опок. Вес ручных опок без смеси до 30 кг и со смесью до 60 кг, комбинированных опок 30—60 кг и со смесью свыше 60 кг. Вес крановых опок выше 60 кг. Эти опоки по объему делят на три группы: малые до 250, средние до 750 и большие до 1500 дм³.

Кроме того, по конструкции ручные опоки делятся на три типа: обычные, рамочные, съемные.

Для безопочной формовки применяют деревянные опоки и алюминиевые — разъемные литые и съемные конусные (рис. 25).

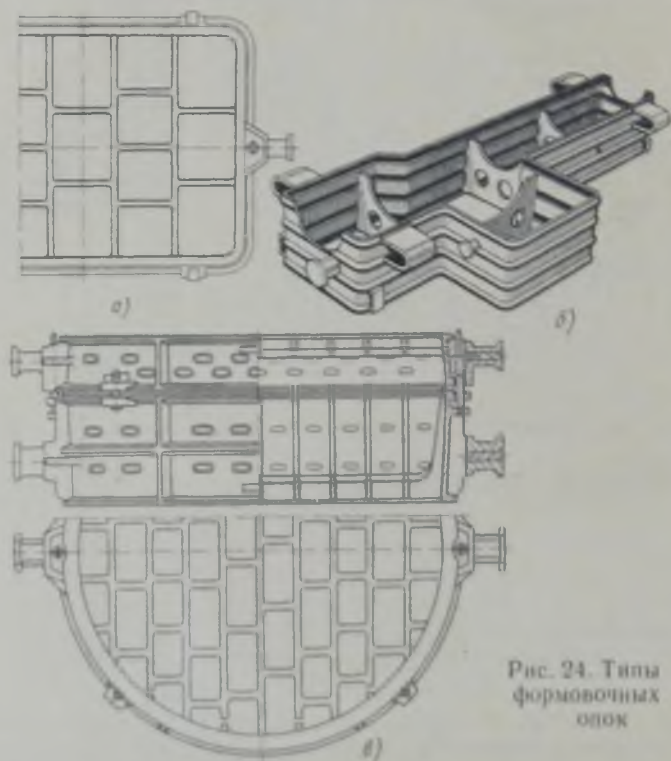


Рис. 24. Типы формовочных опок

Элементы центрирования опок. Важными элементами, определяющими точность сборки формы, являются штыри и втулки. Существуют два способа центрирования опок при сборке формы «штырем» и на «штырь». Штыри бывают трех типов. При центрировании «штырем» (рис. 26, а) штыри устанавливают в ушки верхней опоки и вместе с опокой наводят на ушки нижней опоки, после установки штыри вынимают из опок и используют для сборки других форм.

При центрировании на «штырь» (рис. 26, б) штыри ставят в нижнюю опоку и верхнюю опоку при установке отверстиями ее ушков направляют на штыри. Точность центрирования обеспечивается или специальными втулками, прочно закрепленными в центрирующих ушках, или точно обработанными отверстиями в этих ушках.

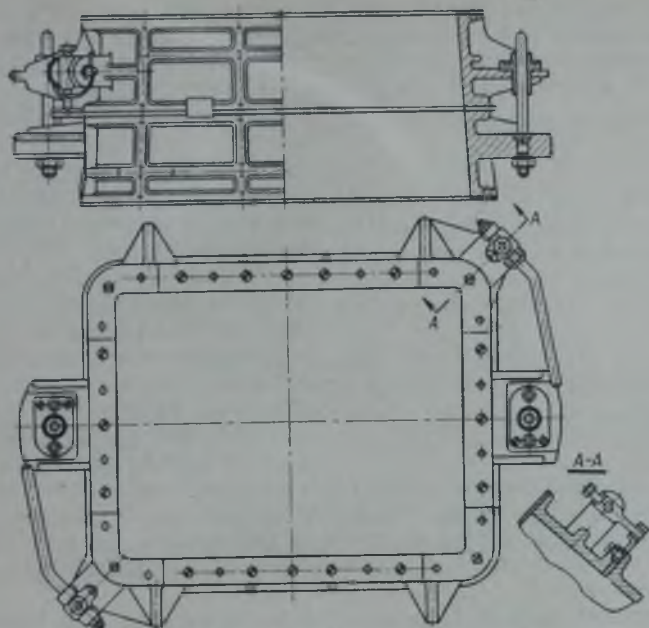


Рис. 25. Опoка для безопасной формовки

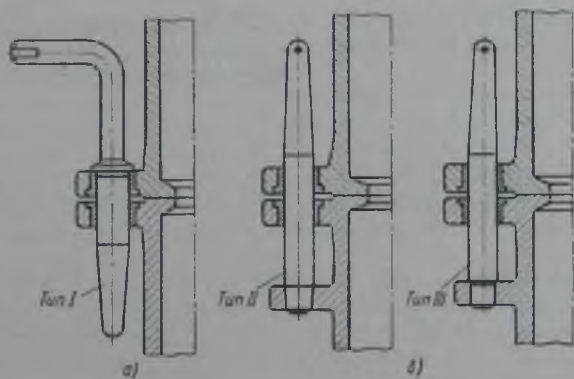


Рис. 26. Способы центрирования опок

Штыри изготавливают из сталей 20 и 45, подвергают термической обработке для получения поверхностной твердости $HRC\ 40-45$.

Правильность сопряжения опок обеспечивается втулками.

Втулки по форме отверстия разделяются на центрирующие (рис. 27, а) с круглыми отверстиями и направляющие (рис. 27, б) с прямоугольным или эллиптическим отверстием.

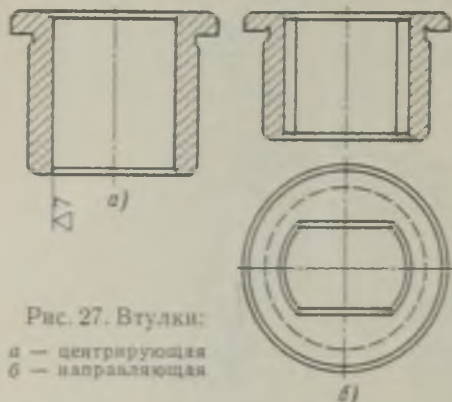


Рис. 27. Втулки:

а — центрирующая
б — направляющая

Втулки рекомендуется изготавливать из сталей 20 и 45, подвергать термической обработке до твердости $HRC\ 45-50$.

Жакеты (рис. 28) применяются для безопочной формовки. Они защищают форму от возможного прорыва металла при заливке. Жакеты изготавливают сварными из листовой стали и углового железа или литыми из ковкого чугуна. В поточно-мас-

совом производстве применяют литые жакеты из ковкого чугуна КЧ 35-10. Чугунный жакет состоит из отдельных боковин с пружинами по углам для лучшего прилегания к форме. Жакеты надеваются на песчаные безопочные формы, изготовленные в съемных опоках.

Гипсовые модели применяют в индивидуальном и серийном производстве. Они менее прочны по сравнению с металлическими моделями, но их стойкость выше деревянных моделей. Так, например, если по деревянной модели первого класса можно изготовить до 300 форм, то по гипсовой — 1000 форм.

Гипс представляет собой водную сернокислую соль кальция. Для получения жидкой массы в гипс добавляют по весу 40–60% воды. Продолжительность текучести гипсовой массы всего 2–4 мин; формовочный гипс схватывается через 3–5 мин. Для испарения влаги и уменьшения гигроскопичности массы ее целесообразно перед употреблением просушить при температуре 150°C . Гипсовую массу готовят из 5 частей гипса, 1 части цемента и 1 части мелкого кварца.

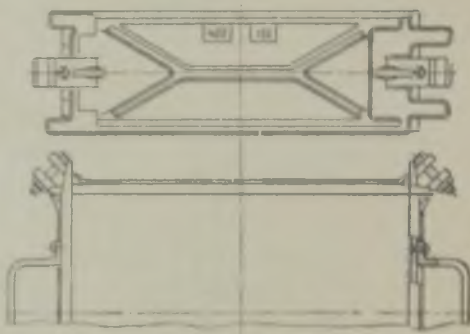


Рис. 28. Жакет для безопочной формовки

Сначала изготавливают деревянную модель, формуют ее в мелкозернистой глинистой формовочной массе. После извлечения де-

ревянной модели форму тщательно отделывают, затем на нее накладывают специальную чугунную рамку и заполняют гипсовой массой. Через 1—3 ч рамку с гипсовой массой извлекают из формы, отделывают и через сутки окрашивают лаком (2—3 раза), после чего модель готова для использования. Хранить такие модели необходимо в сухом помещении, так как они обладают большой гигроскопичностью.

В большинстве случаев из гипса изготавливают модели простой конфигурации и небольших размеров (не более $600 \times 500 \times 300$ мм). Гипсовые модели на встряхивающих машинах применять не рекомендуется, так как они быстро разрушаются.

Пластмассовые модели нашли применение только в последнее время. Они не подвержены коррозии, имеют высокие антифрикционные свойства.

Пластмассовые модели изготавливают из эпоксидных смол ЭД-5, ЭД-6, ЭД-40, заливаемых в гипсовые формы, полученные по деревянным металлическим или пластмассовым моделям.

Гипсовую форму сначала сушат на воздухе, а затем в сушильном шкафу при $50\text{--}60^\circ\text{C}$. Время сушки крупных форм достигает 72 ч. Сухую форму покрывают нитролаком (три слоя) с помощью пульверизатора или кисти. Гипсовые формы перед заливкой пластмассой покрывают разделительным материалом: солидолом, машинным маслом.

Состав заливаемой пластмассы в вес. частях

Связующее — эпоксидная смола	100
Пластификатор — дибутилфталат, олеиновая кислота	15
Наполнитель — железный порошок	200
Отвердитель — полиэтиленполиамин	20

Порядок загрузки составляющих. В смолу вводят пластификатор и тщательно перемешивают, а затем наполнитель (железный порошок, песок, маршалит, тальк) и отвердитель. Смесь перемешивается, нагреваясь за счет тепла реакций отвердения до 55°C .

Готовая смесь должна заливаться в формы через 3—5 мин после приготовления, так как она быстро густеет. Иногда залитые формы подвергают вакуумированию в специальных камерах в течение 5—10 мин для удаления из пластмассы пузырьков воздуха. Пластмассовые модели затвердевают в течение 20—24 ч.

В целях улучшения пластических свойств модели после затвердевания пластмассы подвергают термической обработке; режим термической обработки мелких и средних моделей: нагрев от 50 до 100°C в течение 4—5 ч с дальнейшим охлаждением до комнатной температуры. Режим термической обработки сложных и крупных моделей и стержневых ящиков: нагрев до 60°C с выдержкой залитых форм в течение 30—32 ч, затем охлаждение до комнатной температуры.

Пластмассовые модели, обработанные по разьему, монтируют на модельной плите с помощью контрольных штифтов и винтов. Головки винтов при креплении углубляют в тело модели на 1,0—1,5 мм. Углубления предварительно зачищают, промывают ацетоном и заделывают ремонтным составом.

ГЛАВА III

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СМЕСИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Формовочными материалами называют материалы, применяемые для изготовления разовых или полупостоянных форм. Формовочные смеси готовятся из песка и глины, добавок (угля, опилок, торфа, маршалита), крепителей или связующих (олифы, сульфитного щелока, жидкого стекла, петролатума и др.). К вспомогательным формовочным материалам относятся краски, припылы, клеи, замазки для исправления стержней, форм и т. д. В процессе заливки и охлаждения отливки стенки формы нагреваются металлом до высоких температур, равных практически температуре металла, поэтому формовочные материалы должны обладать высокой огнеупорностью. Это одно из главных требований, предъявляемых к формовочным материалам.

Огнеупорность — способность смеси сопротивляться размягчению или расплавлению под действием высокой температуры жидкого металла, зависит от огнеупорности составляющих смеси и количественного их соотношения. Чем больше примесей в песке и глине, тем огнеупорность формовочных и стержневых смесей меньше. Чем крупнее песок и чем меньше в нем примесей пыли и больше кремнезема, тем смесь более огнеупорна.

Литейная форма должна обладать достаточной **прочностью**, чтобы при сборке, транспортировке и заливке металлом она не разрушалась. Поэтому и формовочная смесь, из которой изготавливается форма, должна обладать определенной прочностью — способностью сопротивляться разрушению под действием нагрузки. Прочность формовочной смеси зависит от зернистости песка, влажности, плотности и от содержания глины в смеси. С увеличением плотности, уменьшением размера зерен песка, увеличением глино-содержания прочность смеси возрастает.

Большое значение имеет **поверхностная прочность** — сопротивление поверхностного слоя формы или стержня истиранию. Поверхностная прочность характеризуется осыпаемостью.

В процессе заливки формы металлом органические материалы, входящие в состав формовочной смеси (крепители, опилки), сгорают и выделяют газы, влага испаряется и образует большое

количество паров. Способность смеси выделять газы при заливке называется **газотворностью**. Она определяется количеством газов, выделяемым 1 кг смеси. Образующиеся газы, пары и воздух стремятся выйти из формы через поры формовочной смеси. Поэтому она должна иметь достаточную газопроницаемость.

Газопроницаемость — свойство смеси пропускать через свои поры газы, зависит от качества и количества глинистых составляющих и кварцевого песка. Чем больше песка в формовочной смеси и чем он крупнее, тем выше газопроницаемость смеси, и наоборот. Газопроницаемость зависит также от формы зерен песка, влажности, наличия пыли, угля, степени уплотнения и т. п. Чем больше пыли в песке, тем меньше газопроницаемость. При быстром газообразовании и недостаточной газопроницаемости смеси давление газа превышает давление залитого металла и газ стремится выйти из формы не через смесь, а через металл, вызывая кипение металла. В этом случае в отливках могут образоваться газовые раковины.

В процессе затвердевания, охлаждения отливка стремится уменьшить размеры за счет усадки металла. Однако форма препятствует усадке. Благодаря этому в отливке могут возникать напряжения и появляться трещины. Поэтому формовочная смесь должна обладать **податливостью** — способностью сокращаться в объеме и перемещаться под действием усаживающейся отливки.

Для хорошего уплотнения формовочной смеси в опоке большое значение имеет **текучесть формовочной смеси** — способность смеси перемещаться под действием приложенных внешних усилий или собственного веса, что обеспечивает получение отпечатка модели или заполнение полости стержневого ящика. Текучесть формовочной и стержневой смеси зависит от свойств составляющих смеси и применяемых крепителей. Например, смеси с масляным связующим обладают большей текучестью; песчано-глинистые смеси имеют небольшую текучесть.

Хорошая прочность, газопроницаемость, текучесть формовочной смеси обеспечивается однородностью — равномерным распределением в формовочной смеси составляющих компонентов, получающимся в результате тщательного перемешивания.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать минимальной **прилипаемостью** к модели или стержневому ящику. Она зависит от содержания влаги, связующей добавки и ее свойств. Прилипаемость смеси увеличивается с увеличением жидкости в смеси. Самую большую прилипаемость смеси сообщает сульфитно-спиртовая барда, а самую низкую — масляные связующие.

Гигроскопичность — способность формовочной и стержневой смеси поглощать влагу из воздуха — зависит от свойств связующей добавки. Стержни, изготовленные на сульфитной барде или щелоке, обладают большой гигроскопичностью. Поэтому собранные формы с такими стержнями нельзя долго выдерживать перед

заливкой металла, так как это ведет к увеличению брака по газовым раковинам и вскипу.

Долговечностью называется способность смеси сохранять свойства при повторных заливках. Чем долговечнее смесь, тем меньше добавляют в отработанную смесь свежих формовочных материалов при ее переработке. Освобождение отработанной смеси от пыли, добавки свежих песка и глины позволяют восстановить свойства смеси.

Выбиваемость — способность стержневой смеси легко удаляться при выбивке ее из охлажденной отливки. Она зависит от количества песка, глины и вида крепителя в стержневых смесях.

§ 2. ФОРМОВОЧНЫЕ ПЕСКИ

Формовочные пески относятся к минеральным ископаемым. Основная масса песка состоит из зерен минерала кварца с примесью в небольшом количестве глинистой составляющей. Формовочные пески не должны иметь посторонних примесей: остатков растений, перегноя, угля, торфа, известняка и пр.

Таблица 7

Классификация и состав в % формовочных песков (ГОСТ 2138—56)

Песок	Класс	Глинистая составляющая	SiO ₂	Вредные примеси		
				Сера сульфидная	Окислы щелочно-земельных и щелочных металлов	Окислы железа
Кварцевый	1К	До 2	>97	—	$K_2O + Na_2O \leq 0,5$ $CaO + MgO \leq 1,0$	0,75
	2К		>96	0,025		1,5
	3К		>94	0,025		2,0
	4К		>90	—		—
Кварцево-полевошпатовый	КП	2	<90	—	—	—
Тощий	Т	Св. 2 до 10	—	—	—	—
Полужирный	П	Св. 10 до 20	—	—	—	—
Жирный	Ж	Св. 20 до 30	—	—	—	—
Очень жирный	ОЖ	Св. 30 до 50	—	—	—	—

Природными примесями песка являются глинистые минералы с температурой плавления от 1150 до 1750° С, слюда, полевоы шпат ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), окислы железа (Fe_2O_3) с температурой плавления 1538—1560° С, известь (CaO) и др. Эти примеси придают песку различную окраску и понижают его температуру плавления.

В природных условиях в воде вместе с крупными песчинками оседают и мелкие, поэтому в песках могут находиться одновременно зерна размером от нескольких миллиметров до нескольких микрон. Условились зерна размером менее 22 мк независимо от их химического состава относить к глинистой составляющей, а зерна более 22 мк — к зерновой составляющей песка. Содержание глинистой составляющей в формовочных песках определяют отмучиванием, т. е. отмыванием, отделением песка от глины. В зависимости от содержания глинистой составляющей формовочные пески делят на кварцевые и глинистые.

Кварцевыми песками называют пески, содержащие глинистых составляющих не более 2%, 97—90% SiO_2 и до 10% посторонних примесей. Пески, содержащие более 50% глинистых составляющих, называют глинами. В табл. 7 приведена классификация формовочных песков по ГОСТу 2138—56.

При выборе песков для литейного производства нельзя ограничиваться только химическим составом и наличием в песке глинистых составляющих. Необходимо также учитывать минералогический состав песка. По ГОСТу 2138—56 пески по форме зерен разделяются на округлые, полуокруглые, остроугольные и осколочные. Для получения отливок без пороков необходим песок определенной зернистости.

Зерновой состав формовочных песков определяют просеиванием навески 50 г сухого безглинистого песка или формовочной смеси. Для этого их предварительно подвергают отмучиванию. Песок просеивают на калиброванных ситах с точными размерами ячеек (табл. 8). Нормальный набор состоит из 11 сит с размерами ячеек от 2,5 до 0,05 мм. Сито № 2,5 сверху накрывают крышкой, а снизу под сито № 0,05 подставляют металлический тазик. Навеску песка рассеивают с помощью специального приспособления.

При оценке песков одного месторождения с различной зернистостью следует отдавать предпочтение песку с более крупными

Таблица 8
Деление песков на группы по величине зерен основной фракции (ГОСТ 2138—56)

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

зернами, так как последний является более чистым в химическом и минералогическом отношениях.

При выборе песков следует учитывать характер производимого литья. Для крупного литья надо применять более крупный песок, так как он обеспечивает более высокую газопроницаемость и огнеупорность формовочных смесей. Для мелкого литья следует применять более мелкозернистый песок в целях получения более чистой поверхности.

Марка песка обозначается номером среднего из трех смежных сит основной фракции. Перед номером ставится индекс (кварцевый, тощий и т. д.), после номера ставится категория: буква А, если остаток основной фракции песка на верхнем крайнем сите больше, чем на нижнем сите, или буква Б, если остаток на нижнем крайнем сите больше, чем на верхнем.

Кварцевые пески с рассредоточенной зерновой структурой разделяются на четыре группы: 1 — крупный КРК (сита 04, 0315 и 02); 2 — средний КРС (сита 0315, 02 и 016); 3 — мелкий КРМ (сита 02, 016 и 01); 4 — с общей рассредоточенностью КРО (в основной фракции на трех любых ситах не менее 60%).

Суммарный остаток на ситах должен быть для первых трех групп не менее 60%.

При маркировке песка на первом месте ставят обозначения класса, на втором месте — группы и на третьем — категории. Так, например, кварцевый песок средней зернистости обозначается 1К02А, 2К02А, 3К02А или 1К02Б, 2К02Б, 3К02Б; песок с рассредоточенной зернистостью — 2КРСА, 1КРСА или 2КРСБ, 1КРСБ. Тощие пески обозначаются маркой Т0315А и т. п. Для полужирных и очень жирных песков марка составляется из индекса глинистой составляющей (П, Ж, ОЖ) и обозначения среднего из трех смежных сит основной фракции: П025, Ж016, ОЖ01.

§ 3. ФОРМОВОЧНЫЕ ГЛИНЫ

Глинами называют горные породы, состоящие из одного или нескольких минералов, содержащих Al_2O_3 . Глина состоит в основном из мелкодисперсных частиц, обладающих связующей способностью во влажном и сухом состояниях. Глина добавляется в формовочные смеси как связующее вещество. Формовочные глины содержат обычно более 50% глинистых веществ (частиц размером меньше 22 мк).

Глины делятся по крупности зерна на высокодисперсные, содержащие более 60% частиц размером 0,001 мм, и среднедисперсные, содержащие таких частиц от 41 до 60%.

Классификация глин по ГОСТу 3226-65. В зависимости от минералогического состава формовочные глины разделяются на четыре вида: каолинитовые — К, гидрослюдистые — Г, монтмориллонитовые (бентонитовые) — М, полиминеральные — П. Чаще всего применяют каолинитовые и бентонитовые глины.

В зависимости от связующих свойств, определяемых пределом прочности на сжатие технологической пробы, формовочные глины делятся на классы и сорта (табл. 9).

Таблица 9

Классификация формовочных глин по прочности

Глина	Во влажном состоянии			В сухом состоянии		
	Сорт	Предел прочности при сжатии		Класс	Предел прочности при сжатии	
		в кг/см ²	в кн/м ²		в кг/см ²	в кн/м ²
Прочносвязующая . .	I	>1,1	110	1	>5,5	550
Среднесвязующая . .	II	0,79—1,1	79—110	2	3,5—5,5	350—550
Малосвязующая . . .	III	0,5—0,8	50—80	3	<3,5	350

Основной примесью в глине, обеспечивающей огнеупорность, является глинозем (Al_2O_3). Наличие же таких примесей, как известь, щелочь и различные окислы, способствует понижению огнеупорности глины.

По огнеупорности (термохимической устойчивости) глины делятся на три группы: высокую — T_1 , среднюю — T_2 , низкую — T_3 .

В обозначении марки глины на первом месте ставят вид глины, затем сорт, класс и группу. Например, КIII/2 T_2 — каолиновая глина третьего сорта, второго класса, второй группы.

Бентонитовые глины — это формовочные глины, состоящие из очень мелких зерен (размером 0,001 мм и менее) и образующие с водой коллоидный раствор, что делает эти глины пластичными и клейкими.

Бентонитовые глины имеют следующие преимущества по сравнению с обычными глинами:

1. При смешивании с кварцевым песком или смесью, бывшей в употреблении, бентонита требуется в 2—3 раза меньше, чем обычной глины, так как бентонит обладает значительно большей связующей способностью.

2. При использовании бентонита в смесь дается меньше влаги, благодаря этому улучшается газопроницаемость и снижается брак отливок по газовым раковинам.

3. Формовочные смеси на бентоните обладают большей текучестью и лучше заполняют опоки и стержневые ящики.

4. При применении бентонитовых смесей уменьшается засор в отливках и улучшается чистота поверхности отливки.

5. При изготовлении стержневых смесей на бентоните можно наполовину сократить расход крепителей.

§ 4. НОВЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для улучшения чистоты поверхности отливок в последнее время широко применяются новые формовочные материалы: цирконовый песок, олининит, хромистый железняк и магнезит.

Цирконовый песок ($Zr \cdot SiO_2$) отличается высокими физико-химическими свойствами, обладает хорошей теплопроводностью и высокой плотностью, не дает пригара на поверхности отливок. Температура его плавления $2000^\circ C$.

Цирконовый песок применяется для приготовления облицовочных и стержневых смесей, а также формовочных красок для крупных отливок. Вследствие большей теплопроводности цирконовый песок способствует быстрому охлаждению отливки по сравнению с обычными формовочными материалами, что дает возможность регулировать процесс затвердевания и кристаллизации металла.

Цирконовые пески применяются для огнеупорного покрытия при производстве отливок по выплавляемым моделям.

В СССР залежи цирконовых песков находятся на Урале, Кольском полуострове и в Сахалинской области.

Олининит — представляет собой изоморфную смесь фостерита ортосиликата магния Mg_2SiO_4 . Огнеупорность олининита $1750-1830^\circ C$.

Олининитовые пески по эффективности и экономичности занимают среднее место между цирконовыми и кварцевыми. Наибольшая эффективность применения олининита достигается в производстве отливок из марганцовистой стали благодаря получению высокой чистоты поверхности отливок. Большие месторождения олининита находятся в юго-западной части Кольского полуострова.

Хромистый железняк $FeO \cdot Cr_2O_3$ (хромит) в молотом виде вводят в состав облицовочной смеси, используемой для форм крупных стальных отливок. Температура плавления $1450-1850^\circ C$ хромистого железняка понижается с увеличением содержания окислов железа. Хромистый железняк применяется в виде порошка, просеянного через сито с ячейками $1,5 \text{ мм}$. После просева хромистый железняк должен иметь следующий зерновой состав: остаток на ситах № 04—60—70% и № 0063 — 30—40%. Хромистый железняк не должен иметь посторонних примесей, понижающих его огнеупорность.

Природные свойства хромистого железняка: высокая огнеупорность, постоянство объема при нагревании, отсутствие химического сродства с окисью железа, обеспечивают получение отливок с повышенной чистотой поверхности. Для облицовочной смеси применяется хромистый железняк Саранского или Кимперсайского месторождений.

Магнезит ($MgCO_3$) после обжига имеет температуру плавления $2800^\circ C$. В состав магнезита, кроме MgO , который получается после обжига, входят песок, глина, известь и окиси железа.

Магнезит применяется для приготовления облицовочных смесей при литье высокомарганцовистой стали Г13 (сталь Гадфильда).

§ 5. СВЯЗУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, КРЕПИТЕЛИ И ДОБАВКИ

Связующие материалы вводят в формовочные и стержневые смеси для связывания песчинок, что способствует увеличению прочности стержней и форм в сыром или сухом состояниях.

К связующим материалам предъявляются следующие требования.

1. Равномерно распределяться по поверхности формовочных материалов при приготовлении формовочных и стержневых смесей.

2. Не прилипать к модели и стержневому ящику во время изготовления стержней и форм.

3. Обеспечивать достаточную прочность в сыром и сухом состоянии.

4. Сообщать смеси текучесть для заполнения ею всех полостей форм.

5. Способствовать быстрому высыханию стержня и формы и не поглощать влагу при сборке форм и хранении стержней на складе.

6. Не выделять газов при сушке и заливке металла в форму, обеспечивать податливость формы и стержня.

7. Не снижать огнеупорности формовочного материала и не увеличивать пригара на отливках.

8. Способствовать легкому удалению стержня из отливки.

9. Быть безвредным для работающих и окружающих людей (т. е. не разъедать рук и не выделять вредных газов), быть дешевым и не дефицитным.

Крепители, применяемые в настоящее время в литейном производстве, можно разделить на масляные и безмасляные. К масляным крепителям относятся: растительное масло, олифа натуральная, крепители 4ГУ и олифа-оксоль, а к безмасляным крепителям: сульфитный щелок, петролатум П, ПТ, ПС, жидкое стекло и др.

Р а с т и т е л ь н о е м а с л о получается при переработке семян масличных растений (льна, хлопка, конопли и др.). В качестве крепителя в литейном производстве льняное масло применяют в исключительных случаях для особо ответственных и сложных стержней. Температура сушки стержней на масляных крепителях 200—220° С. Прочность на сжатие стержней в сыром состоянии 0,04—0,05 кг/см² (4—5 кн/м²). Такая прочность достаточна для мелких стержней без добавки глины. Предел прочности на разрыв стержневых образцов-восьмерок в сухом состоянии не менее 8 кг/см² (0,8 Мн/м²). Но масляный крепитель является дефицитным пищевым продуктом.

Олифа льняная окисленная, натуральная, получается обработкой льняного масла продуванием воздуха при нагревании до 160°C . Температура сушки стержней на олифе $210\text{--}220^{\circ}\text{C}$. Прочность на разрыв стержневых образцов-восьмерок не ниже 13 кг/см^2 ($1,3\text{ Мн/м}^2$).

Олифа-оксоль, заменитель натуральной олифы, получается путем уплотнения льняного масла продуванием воздуха с последующим добавлением растворителя (уайт-спирита). Оксоль применяется как заменитель натуральной олифы в отношении 1,8 (оксоль): 1,0 (натуральная олифа). Прочность на разрыв стержневых образцов-восьмерок 8 кг/см^2 ($0,8\text{ Мн/м}^2$).

Крепитель 4ГУ — раствор льняного масла в канифоли и уайт-спирите. Он широко распространен как заменитель растительного масла, но, будучи дефицитным, вытесняется другими крепителями.

Преимуществом всех масляных крепителей является высокое качество стержней и небольшая их гигроскопичность—стержни могут находиться в собранной сырой форме до 8 ч, не теряя прочности.

Крепитель петролатум П, безмасляный крепитель, представляет собой раствор окисленного петролатума в уайт-спирите (50—60% уайт-спирита). Петролатум рекомендуется вводить в формовочные смеси с добавкой 2—4% сульфитной барды. Он является недефицитным и дешевым заменителем масляных крепителей для многих ответственных отливок. Сушка стержней производится при $210\text{--}235^{\circ}\text{C}$. Прочность на разрыв образцов-восьмерок в сухом состоянии не менее 8 кг/см^2 ($0,8\text{ Мн/м}^2$). В смеси вводится до 4% петролатума.

К недостаткам крепителя относятся сравнительно высокая прилипаемость, низкая поверхностная прочность смеси и большая продолжительность сушки. С целью устранения этих недостатков на основе петролатума были разработаны другие крепители (ПТ, ПС и др.) с улучшенными свойствами.

Крепитель ПС применяется в качестве связующего для изготовления стержней как самостоятельно, так и в сочетании с другими связующими (сульфитной бардой и т. п.). Он состоит из 60% окисленного петролатума и 40% сланцевой смолы. Крепитель ПС получают простым механическим смешиванием двух материалов до однородной массы. Стержни сушат при $230\text{--}235^{\circ}\text{C}$. Прочность стержней на разрыв достигает 18 кг/см^2 ($1,8\text{ Мн/м}^2$). Недостатком этого крепителя является прилипаемость к стержневым ящикам, что заметно снижает производительность стержнещитков (примерно на 15%) по сравнению с применением крепителя 4ГУ.

Крепитель ГТФ является тяжелой фракцией генераторной сланцевой смолы, получаемой при термической переработке эстонских сланцев. Стержни сушат при $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$. Крепитель ГТФ имеет недостаточную прочность, поэтому его лучше всего применять в комбинации с другими крепителями.

Сульфитный щелок получают обработкой древесины слабой серной кислотой. В литейном производстве применяют жидкую сульфитную барду, которая должна иметь плотность $1,275 \text{ г/см}^3$. Температура сушки стержней $160\text{--}180^\circ \text{С}$. Прочность на разрыв сухих образцов-восьмерок не менее 4 кг/см^2 ($0,4 \text{ Мн/м}^2$). Недостаток барды сульфитного щелока в том, что изготовленные стержни обладают большой гигроскопичностью.

Патока кормовая — жидкие отходы свеклосахарного производства, представляющие собой водные растворы сахарозы. Стержни, изготовленные на патоке, обладают хорошей податливостью. Кроме того, патокой опрыскивают стержни или формы для придания поверхностной прочности. Прочность на разрыв сухих образцов 3 кг/см^2 ($0,3 \text{ Мн/м}^2$). Сушка стержней при 150°С . Недостатком крепителя является большая гигроскопичность.

Декстрин получают из картофельного и маисового крахмала, разбавляемого кислотами при нагреве. Он добавляется как связующее в стержневые смеси для соединения половинок стержней и в формовочные краски для стального литья. В литейном производстве в большинстве случаев применяется картофельный декстрин первого сорта (экстра). Стержни на декстрине сушат при 180°С . Прочность на разрыв сухих образцов должна быть не менее $5,5 \text{ кг/см}^2$ (550 кн/м^2).

Древесный пек — остаток после возгонки смол, получающихся как побочный продукт в газогенераторах. Температура плавления древесного пека $100\text{--}140^\circ \text{С}$. Древесный пек вводится в стержневые смеси в виде размолотого порошка в количестве $2\text{--}5\%$. Для увеличения прочности в смеси добавляют глину. Стержни сушат при $220\text{--}240^\circ \text{С}$. Прочность на разрыв сухих стержней на одном крепителе составляет $3\text{--}4 \text{ кг/см}^2$ ($0,3\text{--}0,4 \text{ Мн/м}^2$), а при введении водорастворимых крепителей (например, сульфитного щелока) увеличивается до 6 кг/см^2 ($0,6 \text{ Мн/м}^2$).

Жидкое стекло — это продукт растворения в воде силикат-глыбы или стекла. Силикат-глыба получается сплавлением кварцевого песка с содой или сульфатом натрия.

В качестве связующего используют натриевое жидкое стекло с плотностью $1,48\text{--}1,52 \text{ г/см}^3$. Для улучшения действия связующего в смесь добавляют щелочь. Смеси из кварцевого песка на жидком стекле при $220\text{--}260^\circ \text{С}$ высыхают в $3\text{--}4$ раз быстрее смесей с другими крепителями. Поэтому смесь на жидком стекле называют быстросохнущей. При применении в формовочных и стержневых смесях жидкого стекла необходимую прочность формы можно получить двумя путями: удалением воды при сушке и продувкой формы или стержня углекислым газом (CO_2). Продолжительность продувки углекислым газом должна быть минимальной. Прочность стержней на сжатие достигает $25\text{--}30 \text{ кг/см}^2$ ($2,5\text{--}3 \text{ Мн/м}^2$).

Крепители МФ-17, МСБ и М представляют собой мочевино-формальдегидные смолы. Чтобы ускорить процесс сушки,

к крепителям МФ-17 и МСБ перед загрузкой их в смеситель добавляют 10%-ную щавелевую кислоту в количестве 25% от массы крепителя. Крепители МФ-17 и МСБ применяют при литье черных сплавов, а крепитель М — алюминиевых и магниевых сплавов. Смесь на крепителе МФ-17 высыхает в несколько раз быстрее, чем смеси, изготовленные на других крепителях. Стержни сушат при 200—220° С в течение 10 мин. Прочность на разрыв сухих образцов 25 кг/см² (2,5 Мн/м²). Стержни на крепителе М сушат при 180—200° С, прочность на разрыв сухих образцов-восьмерок 15 кг/см² (1,5 Мн/м²). К недостаткам крепителя М следует отнести большое выделение газа при заливке металла в форму, причем выделяющиеся газы обладают неприятным запахом.

Искусственные смолы в качестве крепителей применяют для получения тонкостенных оболочковых форм и быстро сохнущих смесей. Эти смолы получили название терморезистивных или термопластичных. Отличительная особенность терморезистивных смол в том, что при нагреве они сначала размягчаются, а затем, вследствие внутримолекулярных изменений, переходят в неплавкое и нерастворимое состояние.

Для литья в оболочковые формы в СССР и за рубежом применяют преимущественно фенольно-формальдегидную смолу, получаемую конденсацией фенола (C₆H₅OH) в водном формальдегиде (CH₂O) в присутствии катализатора. Фенол добывается из каменноугольного дегтя, являющегося продуктом крекинга нефти. Для литейного производства применяют фенольные смолы № 15, 18, 109 и 113 и пульвербакелит. Все смолы, за исключением пульвербакелита, поставляются в виде кусков.

Добавки вводятся в смеси для уменьшения пригара формовочной смеси к отливкам, увеличения газопроницаемости, податливости и для улучшения выбиваемости стержней из отливок.

Пригаром называют прочное соединение формовочной или стержневой смеси с металлом поверхности отливки. Пригар затрудняет очистку отливок и является причиной износа и повышенной коррозии деталей машин.

Пригар бывает термический, механический и химический. Он образуется вследствие применения некачественных формовочных материалов, обладающих низкой огнеупорностью, недостаточной плотностью формы. Термический и химический пригары образуются на отливках из чугуна, стали и бронзы, а механический пригар может образоваться и на отливках из других цветных металлов.

В формовочную смесь, в зависимости от вида литья и толщины стенки отливки, в качестве противопригарных добавок, вводят каменноугольную пыль, мазут, маршалит, древесноугольную пыль, графит и цемент.

Каменноугольная пыль вводится в облицовочные или единые формовочные смеси при литье чугуна в количестве

2—6% для отливок тонкостенных (5—15 мм) и 12% для толсто-стенных. Практика показала, что лучше всего применять каменный уголь марок Г (газовый) или Д (длиннопламенный). Перед помолом каменный уголь сушат при температуре не более 120° С. Каменноугольная пыль должна иметь остаток на сите № 016 не более 5%, на сите № 005 не более 70%, остальное на тазике.

Каменноугольная пыль способствует улучшению противпригарных свойств формовочной смеси. При нагревании форм жидким металлом угольная пыль сгорает и выделяет летучие вещества, содержащие газы СО и СО₂, образующие газовую прослойку между стенками формы и жидким металлом, препятствующую образованию пригара. Количество каменноугольной пыли, вводимой в формовочную смесь, зависит от толщины стенки отливки. Чем толще стенка отливки, тем больше каменноугольной пыли вводится в формовочную смесь.

Мазут добавляют в облицовочную смесь для получения чистой поверхности отливок из чугуна и бронзы при литье в сырые формы. Вследствие малого содержания золы в мазуте формовочные смеси получают более долговечными и газопроницаемыми. Количество вводимого мазута зависит от толщины стенки отливки. Желательно применять мазут, имеющий не более 2% золы, 2% влаги и не более 0,5% серы.

Пек вводится взамен каменноугольной пыли. Содержание золы и серы в нем меньше, чем в каменноугольной пыли, поэтому он дает меньший пригар в отливках. Кроме того, пек увеличивает прочность смеси в сыром и сухом состояниях. Чтобы лучше размолоть пек, его часто смешивают с углем (1 часть пека и 2—3 части каменного угля).

Древесноугольная пыль используется как противпригарное средство для покрытия поверхности сырых форм и в производстве тонкостенных чугунных отливок.

Лучшими углями считаются березовый и ольховый. Уголь размалывают и просеивают через сито № 01. Древесноугольная пыль наносится на стенки формы припыливанием из полотняного мешка.

Графит серебристый применяют для припыливания поверхности сырых форм, чтобы уменьшить пригар формовочной смеси к отливке. Графит обладает высокой огнеупорностью. Взамен графита можно применять эстонский сланец в виде порошка.

Для стального литья в большинстве случаев применяют маршалитовую краску, в состав которой в качестве огнеупорного материала входит маршалит (кварцевая мука, получаемая искусственным способом, или же природный маршалит).

Гальк — минерал, водный силикат магния, применяется для приготовления формовочной или стержневой краски. Связующая часть краски состоит из мелкой огнеупорной формовочной

глины, бентонита или органических водорастворимых добавок, обеспечивающих относительно высокую прочность.

Древесные опилки вводятся в стержневые смеси для увеличения газопроницаемости и податливости стержней. Они должны быть сухими перед их употреблением и проходить через сито № 2,5.

Взамен древесных опилок можно применять торф, содержащий летучих веществ около 70—73%, золы не более 5—6%, влаги до 35—40%.

Недостатком опилок и торфа является их гигроскопичность. Поэтому вместо древесных опилок и торфа применяют асбестовую крошку, она негигроскопична и обладает хорошей формуетостью.

§ 6. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ КРАСКИ, ПАСТЫ

Противопригарные краски, пасты предохраняют поверхность отливки от пригара, увеличивают поверхностную прочность, уменьшают осылаемость форм и стержней, обеспечивают получение чистых отливок. Для уменьшения пригара применяют краски, содержащие склеивающие вещества и огнеупорные добавки. Нанесенные на поверхность формы или стержня краски способны проникать в поры между зернами смеси и после сушки прочно их связывать.

Формовочные краски должны отвечать следующим требованиям: 1) иметь высокую температуру плавления и не размягчаться от соприкосновения с жидким металлом; 2) не образовывать при соприкосновении с металлом легкоплавких соединений; 3) оставаться постоянными по составу во время их приготовления, хранения и окраски форм и стержней; 4) обладать хорошей кроющей способностью; 5) слой краски, нанесенный на поверхность формы или стержня, не должен трескаться при сушке и подсушке форм и стержней; 6) после подсушки прочно удерживаться на форме; 7) не расплавляться и не содержать вредных примесей и дефицитных составных.

Формовочные краски выбирают в зависимости от рода металла, массы отливки и способа формовки. Для крупного чугунного литья в качестве противопригарных материалов в краски обычно вводят черный графит со связующими добавками бентонита и кренителя. Для мелкого и среднего чугунного литья графит заменяют каменным углем, молотым коксом и пылевидным кварцем (маршалитом). Для стального литья в качестве огнеупорной составляющей обычно используют пылевидный кварц с такими же связующими, что и для чугунного литья.

Для создания восстановительной атмосферы в форме в начале заливки в краску рекомендуется вводить до 5% древесноугольной и каменноугольной пыли, остальные 95% составляют графит, молотый антрацит и маршалит.

Паста применяется для натирки стержней в том случае, если краска не обеспечивает достаточной чистоты отливки и точности ее размеров.

Замазка используется при ремонте стержней, имеющих трещины, забоины и другие поверхностные дефекты.

Припылами или модельными пудрами покрывают модели и стержневые ящики с целью устранения прилипания к ним формовочной смеси. Припылы образуют водонепроницаемый слой, предохраняющий смесь от прилипания. В качестве припылов применяют ликоподий и искусственные заменители.

Л и к о п о д и й — это порошок светло-желтого цвета, легкий, подвижный, мелкозернистый (целиком проходит через сито № 0063, на сите № 005 остается 5%). Недостатком ликоподия является его дефицитность и высокая стоимость.

Искусственный ликоподий марки МС представляет собой мелкоизмельченный мрамор, частицы которого покрыты оболочкой стеарина. Искусственный ликоподий МС не является заменителем ликоподия, вреден для здоровья. Стеарин растворяется в растворителях типа керосина, присутствующих в крепителях, которые, оседая на легких, способствуют заболванению рабочих.

Искусственные пудры (заменители ликоподия) получают специальной обработкой тонких порошков из трепела, доломита и других подобных материалов. При обработке зерна порошка обволакиваются тончайшей пленкой водонепроницаемых веществ (парафина, жира, воска, стеарина).

Прилипание формовочной смеси к модели можно предотвратить протиранием модели керосином или подогреванием модельной плиты до температуры 40° С. Так как поверхностное натяжение керосина меньше, чем у воды, то песчинки менее прочно прилипают к модели. В целях экономии керосина для смачивания моделей и стержневых ящиков применяют смесь, состоящую из 50% керосина и 50% мазута. Подогрев модели способствует подсушке ее поверхности и препятствует конденсации влаги на модели в случае неостывшей формовочной смеси.

§ 7. ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ

Состав формовочных и стержневых смесей, применяемых на практике, чрезвычайно разнообразен и зависит от вида сплава и качества применяемых исходных материалов.

Формовочные смеси в зависимости от характера их использования делятся на единые, наполнительные, освежительные, облицовочные и стержневые.

Единые смеси применяются для изготовления форм при массовом производстве отливок, в цехах, имеющих механизированные смесеприготовительные отделения.

Облицовочная смесь наносится на модель и после уплотнения представляет собой слой формы толщиной от 15 до 50 мм в зависимости от толщины стенки отливки, соприкасающейся с жидким металлом. Она всегда применяется вместе с **наполнительной смесью**, которая заполняет остальной объем опоки. Газопроницаемость наполнительной смеси должна быть выше или равна газопроницаемости облицовочной смеси. При этом условия наполнительная смесь не будет препятствовать прохождению газов и паров воды, образующихся в поверхностном слое облицовочной смеси в начальный момент заливки. При изготовлении тонкостенного литья наполнительная смесь должна иметь высокую податливость для предотвращения образования трещин в отливках.

К единой и облицовочной смесям предъявляются одинаковые требования в отношении прочности, газопроницаемости и влажности. Но при применении облицовочной смеси значительно сокращается удельный расход свежих формовочных материалов и добавок на тонну годного литья. Единая и облицовочная смеси должны иметь достаточную прочность, обеспечивающую сопротивление формы давлению жидкого металла при заливке. Величина этой прочности зависит от сложности формы, массы отливки и рода металла.

Освежительные смеси предназначаются для восстановления отработанной смеси. Полупостоянные формы изготавливают из смеси, состоящей из 70—85% шамота и 30—15% огнеупорной глины. Они имеют ограниченное применение в литейном производстве. В зависимости от рода металла, заливаемого в формы, различают смеси для чугуна, стального и цветного литья.

Формовочные смеси для чугуна и стального литья. Чугунные и стальные отливки изготавливают в сырых и сухих песчаных формах. Процесс получения отливок в сырых песчаных формах является более экономичным в связи с сокращением цикла изготовления отливки. Наряду с этим процесс имеет и недостаток — малая прочность сырой формы, поэтому по-сырому практически можно получать отливки массой до 3000 кг.

Выбор формовочной смеси для чугуна и стального литья зависит от массы отливки, толщины ее стенки и технологии изготовления формы.

Для формовки по-сырому рекомендуется применять смеси, содержащие жирные глины или бентонит в качестве связующего, а для формовки по-сухому — тощие глины. Это объясняется повышенной прочностью смесей с добавкой бентонита или жирной глины, лучшей их формовкостью.

При изготовлении тонкостенных отливок для улучшения податливости смеси снижают содержание в ней глины и уменьшают прочность смеси до $0,2 \text{ кг/см}^2$ (20 кг/м^2). Чистота поверхности отливки, повышение механической прочности и противопригарных свойств достигаются введением в единые и облицовочные смеси

каменного угля, мазута и связующих материалов, например сульфидной барды. Смеси для изготовления сухих форм чугунных отливок обладают повышенной прочностью и пониженной податливостью. Для увеличения податливости в смесь добавляют опилки, торф, асбестовую крошку.

В табл. 10 приведены типовые составы формовочных смесей для чугунных отливок, заливаемых по-сырому и по-сухому. Сухие формы обычно применяют для средних и крупных отливок в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Формовочные смеси для стальных отливок, как правило, состоят из песков 1К или 2К с содержанием SiO_2 не менее 95% и огнеупорной глины первого сорта (табл. 11). Это вызвано тем, что температура заливки стали значительно выше, чем чугуна, поэтому форма должна обладать большей огнеупорностью и прочностью.

Для изготовления мелких фасонных стальных отливок по-сырому применяют облицовочные смеси. При этом желательнее вместо глины в смесь вводить бентонит, а для упрочнения формы связующие: сульфитную барду, патоку, жидкое стекло. Введение в смесь вместо глины бентонита снижает общее глиносодержание в ней, благодаря чему повышается газопроницаемость, податливость и механическая прочность смеси.

При изготовлении мелких и средних по массе отливок рекомендуется применять в формовочных смесях пески зернистостью 016А и 02А. Применение более крупного песка делает более грубой поверхность отливки. Для получения чистой поверхности отливки в смесь рекомендуется вводить до 20% пылевидного кварца при условии обеспечения достаточной газопроницаемости. Для формовки по-сухому можно применять кварцевые пески более крупные, но в этом случае следует хорошо покрывать форму краской.

Формовочные смеси для ускоренного изготовления литейных форм. Ускоренная технология изготовления литейных форм основана на использовании в составе облицовочной смеси быстротвердеющих связующих материалов органического и неорганического происхождения. При использовании органических связующих материалов для ускорения высушивания облицовочного слоя применяется поверхностная сушка форм горячими газами. При использовании в качестве связующего жидкого стекла твердение осуществляется продувкой формы CO_2 (углекислым газом). Возможна и тепловая обработка формы с поверхности горячими газами.

Литейная форма, которая изготовлена по ускоренной технологии, имеет прочный облицовочный слой заданной толщины и может выдерживать большие давления. При формовке с быстротвердеющими смесями облицовочный слой равномерно распределяется по поверхности модели толщиной 20—50 мм в зависимости от толщины стенки и массы отливки. Остальная часть формы запол-

Характеристика и составы формовоч

Назначение смеси	Характеристика отливок		Характеристика смеси			
	Масса в кг	Толщина стенки в мм	Зерновой состав	Содержание глинистой составляющей в %	Газопроницаемость в сыром состоянии	Прочность на сжатие в сыром состоянии в кг/см ²
Для литья: по-сырому	До 20	10—25	01А—016А	8—10	25—50	0,30—0,50
	20—200	25—40	016А—02Б	7—10	40—70	0,30—0,50
	200—1000	40—50	02Б; 02А	9—12	60—100	0,40—0,60
	1000—5000 Больше	До 50 50	02А; 0315А 0315Б; 04А	11—13 12—14	100—200 100—130	0,50—0,80 0,60—0,80
по-сухому	До 100	—	02А; 0315А	12—14	60—80	0,50—0,80
	Больше 100	—	0315Б; 04А	12—16	80—100	0,50—0,80
	До 2000	До 30	0315Б; 02А	12—14	70	0,50—0,65
	2000—15 000	50	04А; 0315Б	14—16	70	0,65—0,80
Для крупного фасонного литья по-сухому	10 000—30 000	До 60	04А; 0315Б	—	—	На разрыв в сухом состоянии 1,5—2,5

Характеристика и составы формовочных

Смеси	Толщина стенки отливки в мм	Зерновой состав	Содержание глинистой составляющей в %	Газопроницаемость
Единая для формовки по-сырому отливок массой до 100 кг	До 25	016А 02Б 02А	8—10	80—100
Облицовочная для формовки по-сырому отливок массой: до 100 кг		016А 02Б 02А	8—10	80—100
100—500 кг		02Б 2А	10—12	100—120
более 500 кг		02А 0315Б	11—13	100—130
Облицовочная для формовки по-сухому отливок массой: до 5000 кг	До 50	02А	12—14	70—100
до 10 000 кг	До 50	0315Б 02А	12—15	Не менее 81
от 10 000 до 30 000 кг	До 80	0315Б 02А	12—15	Не менее 50
Для отливок ¹ , склонных к горячим трещинам	До 80	02А 0315Б	12—14	70—100

¹ В смесь вводят 8—12 об. % древесных опилок

ных смесей для чугунного литья

Состав смеси в вес. %							
Влажность в %	Облицовочной				Единой		
	Смесь, бывшая в употреблении	Свежие материалы	Каменный уголь	Древесные опилки	Смесь, бывшая в употреблении	Свежие материалы	Каменный уголь
4,0—5,5	78—59	20—38	2—3	—	96,5—94,5	3—5	0,5
4,0—5,5	75—45	22—51	3—4	—	94,3—92,3	5—7	0,7
4,5—6,0	70—40	26—55	4—5	—	91,0—86,8	8—12	1,0—1,2
5,0—7,0	60—40	34—52	6—8	—	—	—	—
5,0—7,0	60—40	34—52	6—8	—	—	—	—
6,0—7,0	70—40	27—57	—	3	—	—	—
6,0—8,0	60—35	37—62	—	3	—	—	—
7,0—8,0	60—50	28—40	—	10—12	—	—	—
7,0—8,0	50—40	38—50	—	10—12	—	—	—
12—16	20	Песка 27 Глины 20	—	13	—	—	—

Таблица 11

смесей для стального литья

Прочность на сжатие в сыром состоянии в кг/см ²	Влажность в %	Состав смеси в вес. %			
		Смесь, бывшая в употреблении	Кварцевый песок	Глина	Сульфитная барда
0,30—0,50	3,4—4,5	92—90	6,5—8,0	—	1,5—2,0
0,30—0,50	3,5—4,5	80—40	16,5—53,0	3—6,5	До 5,0
0,40—0,60	4,0—5,0	75—40	20,5—51,5	4—8	
0,50—0,70	4,5—5,5	60—40	33,5—51,0	6—8,5	
0,50—0,70 на разрыв всухую	5,0—7,0	80—40	15,5—50,5	4—9	
0,80—1,20 0,55—0,65	6,0—7,0	Песок и глина 100%			
0,55—0,65	6,0—7,0	Пылевидный кварц 20%, песок и глина 80%			
0,35—0,60	5,0—7,0	80—40	12,5—45,5	4—9	2,4—1,5 м

няется наполнительной смесью. После отделки форму окрашивают противопригарной краской и подсушивают.

В табл. 12 приведены составы быстротвердеющих формовочных смесей.

Таблица 12

Характеристика и составы быстротвердеющих смесей

Смесь	Газопроницаемость	Прочность в кг/см ²		Влажность в %	Состав смеси в вес. %			
		на сжатие в сыром состоянии	на разрыв в сухом состоянии		Смесь, бывшая в употреблении	Кварцевый песок	Глина	Связующие
Облицовочная для чугуна и литья	100	0,25—0,35	3,0	4—5	48—55	3K02A 48—50	4—5	СП или СВ 2,5—3,0
	60	0,30—0,40	3,0	4—5	50—48	3K02A 48—50	1,5—2	Крепитель КТ 1,5—2,0 Сульфитная барда 1,0—1,5
Облицовочная для чугуна и стального литья	150	0,15—0,30	7—12	2,4—3,0	—	2K02A 95—97	5—3	Жидкое стекло 5,0—5,5 Мазут 0,5
	100	0,20—0,35	4—15	3—5	40	1K02A 55, пылевидный кварц	—	Жидкое стекло 6,0 Мазут 0,3

Примечания: 1. Для ускорения процесса сушки в смеси с жидким стеклом добавляют 0,75—1,0% NaOH (10%-ный раствор).
2. Для стального литья употребляют песок 1K02A.

Стержневые смеси для чугунных и стальных отливок. Стержни в процессе заливки испытывают значительно большие термические и механические воздействия по сравнению с формой, поэтому к стержневым смесям предъявляются более жесткие требования. Прочность стержня в сухом состоянии и поверхностная твердость должны быть выше, чем у формы. Стержневые смеси должны иметь большую огнеупорность, податливость и небольшую гигроскопичность, особенно при формовке по-сырому. В табл. 13 приведены рецепты стержневых смесей для изготовления стержней ручным способом, на пескодувных и пескострельных машинах.

Формовочные смеси для цветного литья. Так как температура заливки в формы медных сплавов не выше 1100—1150° С, а алюминиевых в пределах 750° С, то огнеупорность формовочных смесей для отливок из этих сплавов может быть ниже огнеупорности формовочных смесей, применяемых для чугунных и стальных отливок.

Стержневые смеси для чугунного и стального литья

Класс сложности стержней	Содержание глины в %	Газопроницаемость в сыром состоянии	Влажность в %	Прочность в кг/см ²		Состав в вес. %						
				в сыром состоянии	в сухом состоянии	Основные материалы				Крепители		
						Кварцевый песок К02А	Глина	Смесь, бывшая в употреблении	Опилки древесные	1—2-я группа	Древесный пек, КТ, СП, СБ	Сульфитная барда
I	До 2	130	1—3	0,03—0,06	7—10	100	—	—	—	1,0—1,5 (ПТ, ПК)	—	—
II	3—5	100	2—4	0,05—0,1	5—7	100—97	0—3	—	—	2,0—3,0 (ПТ, ГТФ)	—	2—3
III	3—6	100	3—4	0,1—0,16	3,5—6,0	100—96	0—4	0—1	—	—	3—6	1—3
IV	5—7	70	4—5	0,15—0,25	2—3	93—59	7—1	0—40	0—2	—	—	2—3
V	7—10	70	5—6	0,2—0,35	0,8—1,5	72—38	8—2	2—60	0—3	—	—	2—3

Примечания: 1. Вместо формовочной глины применяют бентонит и глинистые пески.
2. Смеси для отливок из цветных сплавов отличаются более мелкозернистым песком.

В качестве материалов для изготовления формовочной смеси для медных сплавов применяют глинистые пески класса П с добавкой от 0,3—0,5% до 1,0—1,5% мазута и отработанной формовочной смеси. При литье алюминиевых сплавов обычно применяют для освежения (обновления смеси) глинистый песок П01А или П063А. Формовочные смеси для магниевых сплавов должны содержать защитные присадки от окисления сплава в процессе его заливки и во время затвердевания отливок в форме. Кроме того, формовочная смесь не должна содержать посторонних включений (угля, сланцев и др.), так как они способствуют образованию газовых раковин и других пороков в отливках. В качестве защитных добавок в формовочные и стержневые смеси при литье магниевых сплавов вводится 5—8% фтористой присадки или 4—5% борной кислоты. Смеси для сплавов магния готовят из песка П01А (40—60%) и К02Б (60—40%). Количество добавки фтористой присадки зависит от массы и толщины стенки отливки, а также от влажности смеси. Для крупных отливок (толщина стенки 30—35 мм) в формовочную смесь дополнительно вводят 2—3% серы в виде серного цвета.

Формовочные смеси для литья в оболочковые формы изготовляют из мелкозернистого кварцевого песка, пульвербакелита или его заменителя и увлажнителя (табл. 14, 15). В зависимости от вида заливаемого металла смеси для оболочковых форм различаются по содержанию связующего и зернистости песка. Для улучшения чистоты поверхности отливок в готовую смесь иногда добавляют окись магния. Положительное влияние этой добавки особенно

Таблица 14

Состав формовочных смесей в вес. % для оболочковых форм
(по данным НИИТАвтопрома)

Отливки	Песок 1К020А	Песок 1К01А	Пульвер- бакелит	Фурфурол
Чугунные и стальные	30	70	6	1,0—1,1
Стальные	—	100	7	1,1—1,2
Стальные с повышенной чистотой поверхности	30	70	6 *	1,0—1,1

* В смесь добавляют 2—3% MgO.

Таблица 15

Состав песчано-смоляных смесей в вес. % для оболочковых стержней

Песок 1К01А	Хромомагне- зитовый порошок	Графит черный	Керосин	Пульвер- бакелит	Фурфурол	Жидкий бакелит
96,5	—	—	0,35	3,5	—	—
93,6	—	2,0	0,40	4,0	—	—
100,0	—	—	—	4,0	0,20	0,6
50,0 *	50,0	—	—	4,0	0,4	0,6

* В смесь добавляют 50% хромомагнетитового порошка.

сказывается на чистоте поверхности стальных отливок. В массовом производстве оболочковых форм применяют лакировочные смеси, в которых пульвербакелит находится в растворенном состоянии. Связующее равномерно распределяется в смеси, в результате чего улучшаются свойства смеси. Оболочковые формы из таких смесей изготовляют методом свободной насыпки и пескодувным способом.

Составы красок, пасты, замазки и клеи. Формовочные краски (табл. 16, 17) применяются для окрашивания форм, а также стерж-

Составы формовочных красок в вес. % для чугунного литья

Краска	Пылевидный кварц	Пектиновый клей	Бентонит	Графит	Кокс	Тальк молотый	Вода	Плотность краски в г/см ³
ГБ	—	3,0	3,4	53,4	—	—	40,0	1,30—1,35
КПГ	34	3,4	3,7	17,0	17	—	24,7	1,30—1,35
КПГУ	34	3,4	3,7	9,0	17	—	23,7	1,35—1,45
ТБ	—	—	4,0	—	—	61	35	1,40—1,45
ТГ	—	—	3,0	30,0	—	31	33	1,40—1,45

Примечания: 1. В краски марок ГБ, КПГ, КПГУ вводят 0,2% мылонафта.
2. В краске ТГ пектиновый клей заменяют 3% патоки.
3. Краску ТБ применяют при литье алюминия, краску ТГ — бронз.

Таблица 17

Составы формовочных красок для стального литья в вес. %

Краска	Пылевидный кварц	Бентонит	Мылонафт	Вода	Связующие добавки
СТ	72	1,65	1,25	18,0	Пектиновый клей 7,1
СТ1	72	3,0	0,5	14,0	Сульфитный щелок 10
СТ2	78	3,0	0,5	15,0	Декстрин 3,5
СТ3	76	3,0	0,5	8,5	Патока 12
СТ4	76	3,0	0,5	8,5	Сульфитная барда 12

Примечание. Плотность красок: СТ, СТ1, СТ2 составляет 140—150 г/см³; СТ3, СТ4 — 1,50—1,55 г/см³.

ней с целью уменьшения пригара на отливках. Краски СТ1, СТ2 и СТ3 применяются для стержней стальных отливок с толщиной стенок 20—40 мм.

В процессе окраски стержней или форм необходимо регулярно перемешивать краску, чтобы не было осаждения составляющих. При окраске стержней окунанием необходимо для устранения наплывов стряхивать излишек краски, также следует избегать заливки вентиляционных каналов. После приготовления краска должна проверяться на плотность и прочность слоя краски методом окрашивания стандартного образца.

Для лучшего прилипания краски к поверхности формы или стержня применяют специальные закрепляющие краски: 25% сульфитной барды, 75% воды, 25% пектинового клея. Краску наносят обычным способом.

Пасты применяются для натирки стержней вместо окрашивания их в тех случаях, когда внутренние полости литой детали или части отливки, выполненные в стержнях, требуют особой чистоты и точности размеров поверхности. В этом случае стержень натирают пастой ручным способом.

Натирочные пасты готовят безводными, состоящими из 4 частей серебристого графита и 1 части растительного масла (по объему). Иногда дефицитное масло заменяют сульфитным щелоком, а к графиту добавляют тальк. После натирки стержни подвергают сушке при 220—240° С.

НИИЛитмаш рекомендует безмасляные пасты следующего состава в вес. %: тальк — 50, шамот — 15, графит серебристый — 25, глина — 15. Полученный порошок в сухом виде растворяют в 0,6—0,5 л воды на 1 кг сухой смеси. Стержни сушат при 110—150° С в течение 15—20 мин. Если паста наносится на горячий стержень, то дополнительная сушка не требуется.

Замазки применяют для ремонта и заделки швов, получающихся при склеивании стержней. Ремонтировать можно стержни, имеющие трещины, забоины и другие пороки на неответственных местах. Стержни со сквозными трещинами и отбитыми частями значительных размеров ремонтировать нельзя. Наиболее широко применяются замазки следующего состава: 65% песка марки 2К0063, 25% серебристого графита и 10% формовочной глины, просеянной через сито № 016. После перемешивания всех составляющих на 1 кг порошка добавляют 0,3 л воды; для повышения пластичности часто добавляют 0,5 вес. % мыльного порошка.

Замазка стержней для стального литья состоит из 40% огнеупорной глины, 30% пылевидного кварца и 30% кварцевого песка. Порошок из этих составляющих смешивают с 2% сульфитной барды и в эту смесь добавляются 13% воды.

Клей применяют для склеивания отдельных частей стержня, изготовленных в двух стержневых ящичках по половинкам. Для клея обычно применяют водорастворимые крепители из глины, бентонита или пылевидного кварца.

Широко применяются клеи следующих составов: 1) 50% сульфитной барды; 50% формовочной глины; 20% воды; прочность на разрыв должна быть не менее 7 кг/см² (0,7 Мн/м²); 2) 40% декстрина и 60% глины; эти составляющие размалываются в шаровой мельнице и смешиваются с водой в количестве 65 весовых частей на 100 весовых частей полученного порошка.

§ 8. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Формовочные и стержневые смеси изготовляют из свежих песчано-глинистых формовочных материалов, добавок и бывшей в употреблении смеси. В зависимости от массы отливок расход

формовочных смесей колеблется от 500 до 1300 кг, а свежих материалов от 500 до 4000 кг на 100 кг годного литья (по данным московских заводов ЗИЛ и «Станколит»).

Технологический процесс приготовления формовочных смесей складывается из следующих основных операций: 1) предварительной обработки свежих формовочных материалов и добавок; 2) предварительной обработки формовочной смеси, бывшей в употреблении; 3) приготовление смеси из предварительно подготовленных свежих и отработанных формовочных смесей, добавок и крепителей.

Предварительная обработка свежих формовочных материалов, добавок и формовочной смеси, бывшей в употреблении, включает операции: сушки песка и глины, грубого дробления и тонкого размельчения глины и каменного угля, просеивания песков и наполни-

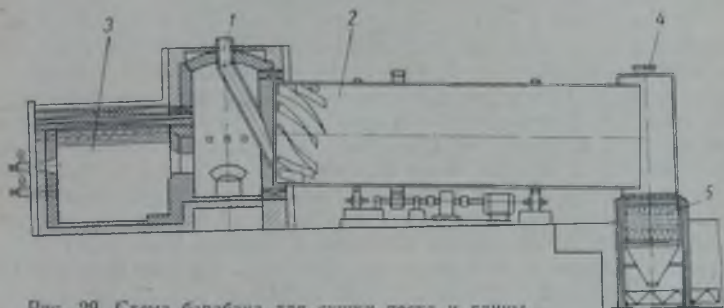


Рис. 29. Схема барабана для сушки песка и глины

тельной смеси, магнитной сепарации наполнительной смеси, перемешивания материалов, разрыхления приготовленных смесей, регенерации отработанных смесей и др.

Сушка песка и глины производится в различных сушильных печах (трубчатых, вертикальных и горизонтальных) и на плитах. Наиболее распространены вертикальные и горизонтальные сушильные печи. Вертикальные сушильные печи применяются для сушки кварцевых и малоглинистых песков. Для жирных же песков и глин они не применяются, вследствие налипания материалов на диски и плужки.

В механизированных цехах песок и глину сушат в барабанах с водяным охлаждением песка после сушки (рис. 29).

Сушка свежего песка производится при 250°C . Производительность таких сушил от 5 до 20 $t/ч$ и выше.

Сырой песок или глина грейфером или ленточным транспортером засыпается в приемный бункер. Из него песок через специальный дозатор 1 поступает в сушильный барабан 2, где и происходит его сушка. Горизонтальное барабанное сушило имеет топку 3 с загрузочной воронкой, барабан 2, электродвигатель, который вращает барабан, разгрузочную камеру и дымосос 4. Сухой песок из бара-

бана 2 попадает в водоохлаждаемую установку 5. После охлаждения сухой песок подается в запасные бункеры или же непосредственно в бегуны. Такие сушила применяются в литейном цехе серого чугуна на ЗИЛе.

Преимущество горизонтальной сушильной печи перед другими в том, что в ней нет пережога материала. В последнее время стали применять установки с сушкой песка горячим воздухом. Такая установка работает на ЗИЛе в литейном цехе ковкого чугуна. В этом сушиле песок из бункера загружают в трубу, в которую снизу подводится воздух, нагретый до 200—250° С. Сырой песок увлекается вверх со скоростью 15—17 м/сек и быстро высыхает, проходя по трубе в потоке горячего газа. В зависимости от диаметра трубы и мощности вентилятора производительность такой установки может доходить до 15 т ч сухого песка.

Сухую глину размазывают и просеивают до порошкообразного состояния. Глину размалывают в бегунах или же в шаровых мельницах. Тонкое размельчение глины и каменного угля производится в шаровых мельницах. Шаровая мельница представляет собой металлический барабан, футерованный стальными плитками с зазорами между ними. Глина или каменный уголь загружается в барабан через воронку и измельчается стальными шарами, находящимися внутри барабана. При вращении барабана шары размалывают глину, уголь. Размолотый материал проваливается через зазоры между плитками и просеивается через сито. Готовый материал высыпают из барабана. Производительность шаровых мельниц составляет от 100 до 8000 кг ч.

В последнее время вместо сухой глины применяют глинистую и глинноугольную эмульсию (раствор глины или глины угольного порошка в воде). При использовании эмульсии глину и бентонит можно не сушить и не молоть, в связи с чем отпадает ряд операций по подготовке и транспортировке этих материалов. Глинистая эмульсия должна иметь плотность 1,09—1,15 г/см³. Она состоит из воды с глиной или с бентонитом, готовится в специальной установке.

Глинистую и бентонитовую эмульсию начали применять еще в 1934 г. на ЗИЛе, ХТЗ, Люберецком заводе им. Ухтомского и др. Глинистая эмульсия готовится следующим образом: в бак-мешалку с водой загружается глина и перемешивается в течение определенного времени до достижения эмульсией заданной плотности. Готовую эмульсию выпускают через вентиль мешалки.

Процесс изготовления глино-угольной эмульсии состоит из операций приготовления глинистой эмульсии, угольной эмульсии и глино-угольной эмульсии.

Глинистая эмульсия готовится в баке, в которой загружается комовая глина, предварительно разрыхленная. Глина с водой перемешивается в баке-мешалке до образования эмульсии

необходимой концентрации. Готовая эмульсия фильтруется и сливается в бак-концентратор.

Угольная эмульсия готовится в смесителе, в который подается уголь, размолотый и просеянный в шаровой мельнице. Угольный порошок перемешивается с водой, а затем готовая угольная смесь из смесителя перекачивается насосом в бак-концентратор, где находится глинистая эмульсия.

Глино-угольная эмульсия готовится в баке-концентраторе, в который подается определенное количество глинистой и глино-угольной эмульсии. После наполнения бака-концентратора эмульсия перемешивается до нужной плотности ($1,1-1,5 \text{ г/см}^3$). Готовая глино-угольная эмульсия специальными насосами-дозаторами автоматически подается в бегуны или смесители.

Обработка формовочной смеси, бывшей в употреблении. Формовочная смесь, бывшая в употреблении (выбитая из опок), перед повторным использованием должна быть предварительно переработана.

В немеханизированных литейных цехах она просеивается на обычном сите или на передвижной смесеприготовительной установке (ройере), где происходит отделение металлических частиц и других посторонних примесей.

В механизированном производстве отработанная смесь подается из-под выбивной решетки ленточным транспортером в смесеприготовительное отделение.

Крупные комки смеси, образующиеся после выбивки опок, обычно разминают гладкими или рифлеными вальцами. Металлические частицы отделяют магнитными сепараторами, установленными на участках передачи отработанной смеси с одного транспортера на другой.

Регенерация (восстановление) заключается в извлечении песка из отработанных смесей и приведении его свойств в соответствие с установленными техническими требованиями на формовочные пески. В зависимости от условий работы цеха восстановление отработанной смеси может производиться различными способами мокрым, электрокоронным и специальным для смесей, приготовленных на жидком стекле.

Мокрый способ регенерации применяется главным образом в литейных цехах, имеющих гидравлические или пескогидравлические установки для очистки отливок. Мокрый способ восстановления песка из отработанной смеси заключается в том, что с помощью воды зерна песка отмываются от глины и мелкой пыли. Пыль и глина потоком воды уносятся в отстойники и далее поступают в отход. Промытый и обеспыленный песок оседает на дно сборника, откуда грейфером подается в сушильную печь, а затем просеивается и используется для приготовления формовочных смесей.

Электрокоронная регенерация. При этом способе отработанная смесь разделяется на частицы разных разме-

ров с помощью зарядов высокого напряжения. Схема такой установки приведена на рис. 30. Электросепаратор состоит из вращающихся барабанов 1, коронирующих электродов 2, вращающихся цилиндрических щеток 3, делительных полостей 4, привода и вспомогательных устройств 5, 6, 7.

Коронирующие электроды являются отрицательными, а вращающиеся барабаны положительными полюсами коронного разряда. При подведении к коронирующим электродам высокого напряжения (13—15 тысяч вольт и больше) вокруг электрода в воздухе возникает электрический разряд — коронный разряд. В промежутке между барабаном и электродами появляется большое количество отрицательно заряженных частиц — ионов. Зерна песка наэлектризовываются (заряжаются отрицательным зарядом) и притягиваются к барабану. Более крупные частицы быстрее отдают заряд барабану и падают в бункер 6, более мелкие в бункер 7 и самые мелкие — пылевидные, которые медленно отдают заряд, счищаются щетками 3 в бункер 5.

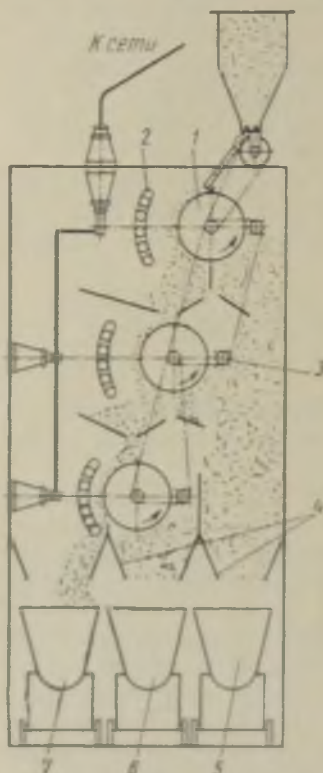


Рис. 30. Схема электрокоронного сепаратора

При применении в формовочных смесях в качестве связующего материала жидкого стекла требуется специальная регенерация смеси, так как при многократном ее использовании в ней накапливается щелочь более 1—1,3%, что увеличивает пригар на отливках.

Установка для регенерации состоит из вращающегося барабана, в который регенерируемая смесь подается из бункера ленточным транспортером с магнитным сепаратором. Одновременно в барабан поступает мелкий камень (галька).

Во вращающемся барабане галька со смесью пересыпается с лопастей на стенки барабана, механически разрушая пленку жидкого стекла на зернах песка, а также полируя и округляя зерна. Одновременно в барабан через регулируемые жалюзи поступает воздух, отсасываемый вместе с пылью вентилятором в мокрый пылеуловитель.

Из барабана песок с галькой подается в барабанное сито, которым отсеивается галька и крупные зерна с вредными пленками. Годный песок из сита подается конвейером на склад. Такой способ регенерации смесей не только восстанавливает песок, но и округ-

ляет зерна, делает его по качеству выше свежего. Кроме регенерации, эта установка может быть использована для подготовки свежих формовочных материалов.

Приготовление формовочных и стержневых смесей. Очень важными операциями являются увлажнение и перемешивание смеси. Хорошее перемешивание смеси необходимо для равномерного распределения ее составляющих. В процессе перемешивания глиня и связующее обволакивают зерна песка, разрушаются комья отдельных составляющих и равномерно распределяется влага. Хорошо перемешанная смесь обладает максимальной прочностью и газопроницаемостью. Для перемешивания смеси применяют лопастные смесители или смешивающие бегуны.

Сначала загружают сухие материалы: песок, глину и отработанную формовочную смесь. Сухую смесь перемешивают примерно 1—3 мин и потом ее увлажняют. В случае применения глинистой эмульсии (раствора глины в воде или же глино-угольной эмульсии) влажность регулируют добавлением раствора эмульсии и воды. После увлажнения смесь еще раз перемешивается в течение нескольких минут. Связующие добавки обычно загружают в последние дни. Время перемешивания обычно составляет для смеси наполнительной 2—3 мин; единой 3—5 мин и облицовочной 5—10 мин.

При изготовлении быстросохнущих облицовочных смесей особое значение имеет порядок загрузки и время перемешивания смесей. Обычно быстросохнущие смеси готовят в смешивающих бегунах. При изготовлении смесей со связующими СП и СБ сначала в бегуны загружают сухие материалы (отработанную смесь, глину, песок, добавки и пр.) и перемешивают в течение 5 мин, затем вводят крепитель и воду, и все перемешивают еще 7—10 мин. Готовая смесь должна вылежаться перед употреблением в течение нескольких часов.

При приготовлении быстросохнущих смесей с жидким стеклом сначала загружают песок, глину и перемешивают 2—3 мин, потом добавляют едкий натр и смесь еще раз перемешивают 3—4 мин, затем добавляют жидкое стекло и смесь опять перемешивают 10—12 мин. После этого вводят мазут и снова перемешивают в течение 4—5 мин.

Механизация приготовления наполнительной и единой формовочных смесей. Наполнительную формовочную смесь можно готовить в централизованной системе и бегунах.

Приготовление смеси в централизованной системе. Выбитая из опок смесь падает на ленточный транспортер 1 (рис. 31), в конце которого установлен магнитный сепаратор 2 для отделения металлических частиц от смеси. Формовочная смесь по ленточному транспортеру 1 поступает в элеватор 3 и оттуда в сито 4, просеивается и далее по ленточному транспортеру 5 подается в шнековый смеситель 6 непрерывного действия. В смесителе смесь перемешивается, увлажняется в барабане 7,

после чего элеватором 8 подается в бункеры-отстойники 9. Здесь формовочная смесь выдерживается в течение 1—1,5 ч для равномерного распределения в ней влаги, затем подается ленточным транспортером 10 в элеватор 11 и аэратор 12, где она разрыхляется. Разрыхленная смесь поступает на раздаточный ленточный транспортер 13, а оттуда к бункерам — рабочим местам формовщиков.

Металлические части от магнитного сепаратора убираются ленточным транспортером. Просыпающаяся при формовке наполнительная смесь через решетку падает на ленточный транспортер, находящийся под полом литейной, и подается обратно в смесе-

Всасывная установка



Рис. 31. Схема механизированного участка приготовления единой и наполнительной формовочной смеси

приготовительную систему на переработку. Формовочную смесь для освежения готовят в бегунах и добавляют в наполнительную смесь в количестве 10—12% от массы последней.

Наполнительную смесь лучше всего готовить в автоматических центробежных бегунах, зарекомендовавших себя на многих отечественных и зарубежных заводах. Цикл приготовления формовочных смесей на таких бегунах полностью автоматизирован. Наполнительную смесь готовят также на маятниковых смешивающих бегунах модели 115 завода «Красная Пресня» и центробежных бегунах модели 116 с тремя катками производительностью до 60 м³/ч.

На рис. 32 приведены бегуны моделей 111 и 112 для приготовления формовочных смесей, применяемые в литейных цехах средней мощности.

В цехах с большим объемом производства сейчас применяют смешивающие бегуны (модели 115). Эти бегуны называются маятниковыми или центробежными смесителями. Схема устройства такого смесителя изображена на рис. 33. На вертикальном валу 1 монтируется траверса 4, на которой подвешены на маятниках или кривошипе 3 катки 2. Маятники или кривошипы 3 соединяются шарнирно с траверсой 4. При вращении вертикального вала 1 катки 2 под действием центробежной силы устремляются к стенке

чаши 5, но благодаря ограничительному устройству они не доходят до нее, так что между стенкой чаши и рабочей поверхностью катки остается регулируемый зазор.

В отличие от обычных бегунов здесь катки перемещаются по стенке, а не по дну чаши. Под катки смешиваемый материал по-

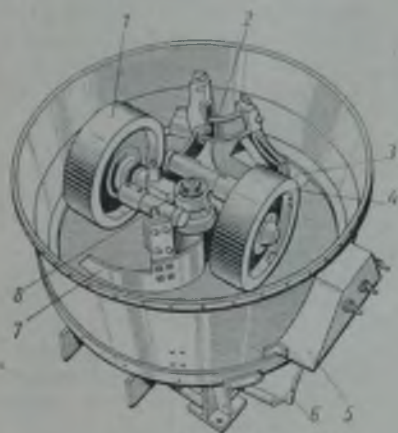


Рис. 32. Смешивающие бегуны:

1 и 4 — катки; 2 и 7 — плужки; 3 — окно в дне чаши; 5 — кожух; 6 — тяга; 8 — вертикальный вал

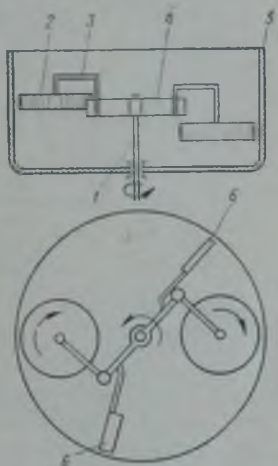


Рис. 33. Схема центробежного смесителя

дается двумя скребками 6, которые прикреплены к траверсе 4 и установлены таким образом, что материал со дна чаши поднимается, попадая под катки. Цикл перемешивания в центробежном смесителе 1—1,5 мин. Готовый замес выбрасывается плужками в отверстие дна бегунов, открываемое пневматическим цилиндром. Смесь в бегунах охлаждается вентилятором.

§ 9. КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И СМЕСЕЙ

Все формовочные пески и глины контролируют по следующим показателям: содержанию глинистых составляющих в песке; зерновому составу песка; содержанию кремнезема и химических примесей; газопроницаемости, влажности.

Огнеупорность формовочных песков проверяется обычно в местах добычи, т. е. на карьерах. Формовочные глины (тощие, полужирные и очень жирные) контролируют по влажности, содержанию глинистых веществ, химическому составу и прочности. Для испытания свежих формовочных материалов берут пробы от приывшей на завод партии материала.

Определение глинистых составляющих в песке. Содержание глинистой составляющей в формовочных песках определяют отмучиванием. Навеску песка 50 г, высушенную при 105—110° С, высыпают в литровую стеклянную банку, в которую наливают 475 см³

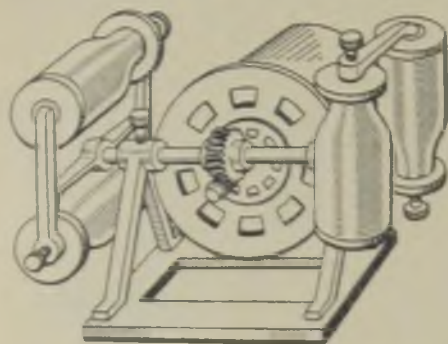


Рис. 34. Прибор для взбалтывания

дистиллированной воды и 25 см³ однопроцентного раствора едкого натра (NaOH). Банка устанавливается в прибор для взбалтывания (рис. 34) и вращается в течение часа на этом приборе со скоростью 60 об./мин.

После этого банку снимают, доливают водой до уровня 150 мм от дна и ставят на стол для отстаивания осадка. Зерна песка оседают на дно сосуда, а глинистые составляющие остаются во взвешенном состоянии в рас-

творе. После 10-минутного отстаивания слой мутной воды 125 мм удаляют сифоном. К оставшемуся в банке содержимому доливают воду до прежнего уровня, снова взбалтывают, дают вторично отстояться 10 мин, а затем воду удаляют сифоном. Снова доливают воды до уровня 150 мм, взбалтывают, отстаивают уже в течение 5 мин и удаляют сифоном мутную воду. Эти операции с 5-минутным отстаиванием повторяют до тех пор, пока вода в банке станет совершенно прозрачной, что указывает на полное удаление глины. Оставшееся в банке фильтруют и полученный на фильтре песок сушат при 105—110° С, после чего взвешивают с точностью до 0,01 г. Разница в массах этого остатка и первоначальной навески (50 г) указывает на количество глины в песке.

Определение зернового состава песка. Зерновой состав формовочных песков определяют просеиванием навески (50 г) сухого безглинистого песка после отмучивания. Навеску песка просеивают на специальном приборе (рис. 35). Прибор состоит из электродвигателя, эксцентрикового механизма, встряхивающего в горизонтальной плоскости столбик сит, расположенных в порядке уменьшения размеров ячеек сит № 2,5 до сита № 005. Сито № 2,5 сверху накрывают крышкой, а снизу под сито № 005 подставляют

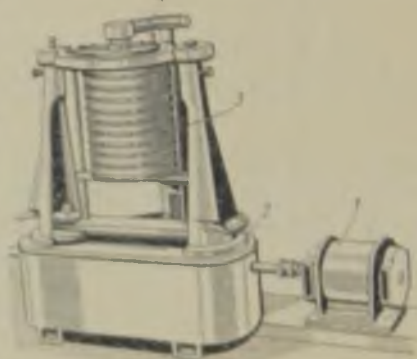


Рис. 35. Прибор для определения зернового состава песка:

1 — электродвигатель; 2 — станина с эксцентриковым механизмом; 3 — комплект сит; 4 — ударник

металлический тазик. Прибор совершает около 300 колебаний в минуту. Во время работы прибора сверху по крышке сита ударяет приводной рычаг, совершающий 180 ударов в минуту. Время просеивания на приборе 15 мин.

После просеивания набор сит снимается с прибора и взвешивают зерна песка, оставшиеся на каждом сите, а также и на тазике. Результаты взвешивания выражают в процентах от первоначальной навески 50 г. Точность взвешивания 0,01 г. Материал, прошедший сквозь все сита, остается в тазике. Этот остаток также взвешивают и обозначают словом «тазик» или «лоток».

Результаты ситового анализа сводят в таблицы или изображают графически в виде диаграммы зернового состава. На оси абсцисс откладывают номера сит (а также фракцию или тазик, и глину, найденную отмучиванием), а по оси ординат — количество зерен, оставшихся на разных ситах в весовых процентах. Сумма остатков на всех ситах вместе с остатком на тазике и глиной должна составлять 100%.

Определение газопроницаемости свежих формовочных материалов и смесей. Газопроницаемость определяется пропусканием воздуха комнатной температуры через стандартный образец испытываемого материала, установленный на приборе. Образец изготавливается на лабораторном копре (рис. 36). Формовочную смесь помещают в металлическую гильзу и уплотняют тремя ударами груза массой 6,35 кг, падающего с высоты 50 мм.

Размеры цилиндрического образца: $d = 50 \pm 0,2$ мм; $l = 50 \pm 0,8$ мм. Образец вместе с гильзой переносят на прибор для испытания газопроницаемости смеси (рис. 37).

Через образец, находящийся в металлической гильзе, продувают 2000 см³ воздуха. После определения давления воздуха в гильзе (перед образцом) и продолжительностью прохождения воздуха можно вычислить газопроницаемость смесей по формуле

$$K = \frac{Ql}{Fpt}, \quad (2)$$

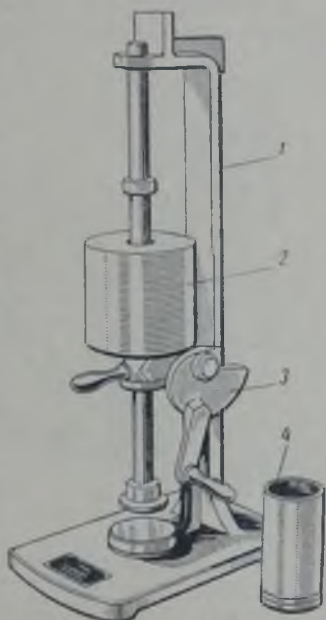


Рис. 36. Копер для изготовления образцов:

- 1 — стойка; 2 — груз; 3 — кулачок;
4 — гильза

где Q — количество воздуха, прошедшего через образец, в $см^3$;
 l — высота образца в $см$;
 F — площадь поперечного сечения образца в $см^2$;
 p — давление в полости прибора перед образцом в $г/см^3$;
 t — продолжительность протекания воздуха через образец в $мин$.

Для быстрого определения газопроницаемости в пространстве между колпаком прибора и образцом включают диафрагмы с калиброванным отверстием диаметром 0,5 или 1,5 мм. Первую диафрагму применяют для испытания материалов с газопроницаемостью до 50, а вторую — свыше 50. При работе с диафрагмой давление под колоколом при закрытом трехходовом кране должно быть 100 мм вод. ст. Воздух ($2000 см^3$) проходит через отверстие диаметром 0,5 мм в течение 4,5 мин; а через отверстие 1,5 мм в течение 0,5 мин.

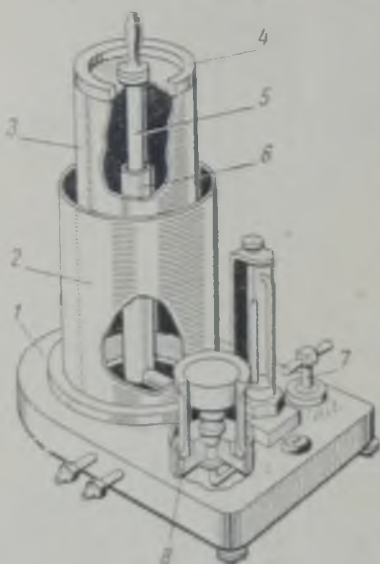


Рис. 37. Прибор для определения газопроницаемости

1 — основание; 2 — бак; 3 — плавающий колокол; 4 — груз; 5 — стержень; 6 — направляющая трубка; 7 — трехходовой кран; 8 — затвор

При определении давления можно подсчитать газопроницаемость для данной диафрагмы. В справочниках или инструкциях к прибору даются таблицы определения газопроницаемости по давлению перед образцом, которыми и следует пользоваться при испытании. Образец, испытанный на газопроницаемость, может быть использован для определения прочности на сжатие в сыром состоянии.

Определение влажности смеси.

Навеску формовочной или стержневой смеси 50 г (с точностью 0,01 г) высушивают в сушильном шкафу при $105-110^{\circ}C$ до постоянной массы. После охлаждения навеску взвешивают вторично. Потеря массы формовочной смеси в граммах по сравнению с первоначальной массой сырой навески, выраженная в процентах, указывает влажность формовочной смеси. Влажность ω определяется по формуле

$$\omega = \frac{Q - Q_1}{Q} 100\%, \quad (3)$$

где Q — навеска песка или смеси до сушки в г;
 Q_1 — навеска песка или смеси после сушки в г.

На рис. 38 приведен прибор для ускоренного определения влажности с помощью воздуха, нагретого до $200^{\circ}C$. Навеска 10 г высыхает через 5–6 мин. Прибор состоит из четырех одинаковых сек-

ций. Каждая секция представляет собой железную трубку, через которую сверху вниз продувается сжатый воздух. Воздух нагревается электроспиралью, находящимися внутри трубки, и продувается через навеску испытуемого материала, находящегося в алюминиевой чашечке с сетчатым дном.

Определение прочности смеси. В цеховых условиях производятся испытания на прочность в сыром и в сухом состояниях. Прочность на сжатие в сыром состоянии определяется на стандартном образце ($d = 50 \pm 2$ мм, $l = 50 \pm 0,8$ мм) без гильзы (на тех же образцах, которые применялись для определения газопроницаемости). Предел прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ сырых образцов определяют на приборе (рис. 39):

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (4)$$

где P — сила, разрушающая образец, в кг;

F — площадь сечения образца в см².

Предел прочности формовочного песка или смеси при растяжении

определяют на сухих образцах в виде восьмерок. Образец формуют в разъемном стержневом ящике и уплотняют тремя ударами груза на стандартном лабораторном копре. Образцы высушивают, охлаждают и затем испытывают на растяжение на специальном приборе (рис. 40). Образец «восьмерка» закрепляется в зажимах приспособлением, соединенным с рычагом прибора. На другом конце рычага подвешивается ведро, в которое сверху из воронки постепенно насыпается дробь. В момент разрыва образца падение дроби в ведро автоматически прекращается. По весу дроби можно вычислить прочность образца на растяжение по формуле (4).

Для испытания образцов на сжатие, растяжение, срез и изгиб в сухом и влажном состояниях служит универсальный прибор.

Определение прочности глины. Для определения прочности глины на разрыв изготавливают образцы «восьмерки» из кварцевого песка марки К02А с добавкой 10% испытуемой глины и 3% воды. Образцы «восьмерки» сушат при 105—110° С. Для испытания

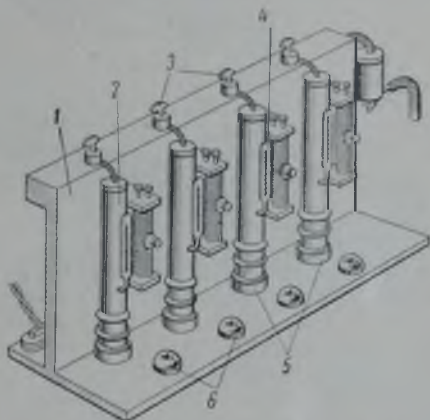


Рис. 38. Прибор для ускоренного определения влажности:

1 — стойка; 2 — нагревательное устройство; 3 — вентили; 4 — термометр; 5 — подставки для чашечек с сетчатым дном; 6 — выключатели

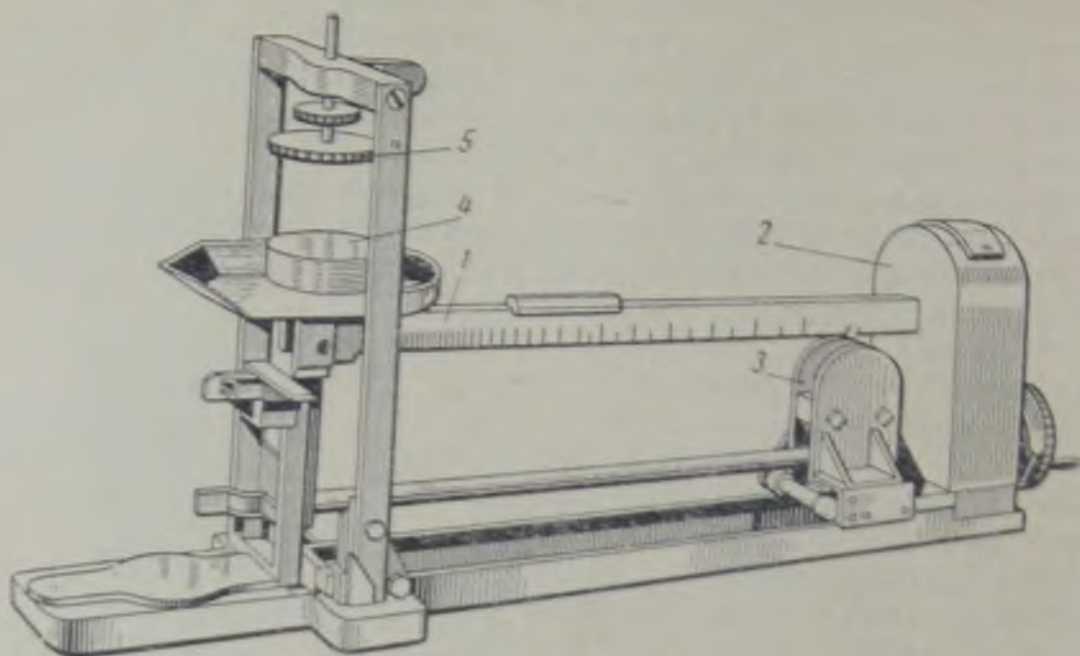


Рис. 39. Прибор для определения прочности формовочной смеси на сжатие: 1 — шкала; 2 — груз; 3 — каретка; 4 — подставка для образца; 5 — верхний упор

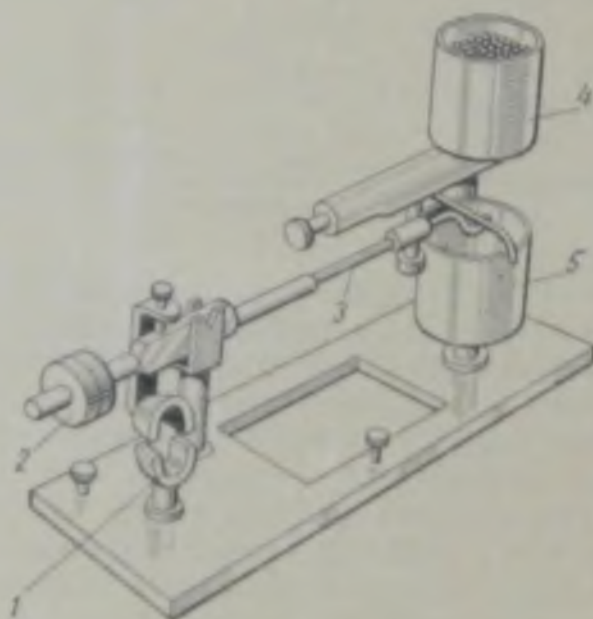


Рис. 40. Прибор для испытания сухих образцов на разрыв

1 — зажимное приспособление; 2 — передвижной груз; 3 — рычаг; 4 — воронка для дробы; 5 — ведро

образцов на сжатие во влажном состоянии их изготавливают цилиндрической формы, как и для определения газопроницаемости, т. е. $d = 50 \pm 0,2$ мм; $l = 50 \pm 0,8$ мм. В этом случае для образцов используют песок марки 1К02А с добавкой 5% глины и 6% воды.

ГЛАВА IV

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ФОРМОВКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Процесс изготовления литейных форм называется **формовкой**. Литейные формы могут быть разовые, полупостоянные и постоянные. Разовые формы изготавливают из обычных песчано-глинистых смесей, смесей с жидким стеклом и из обычных смесей на пульвербакелите.


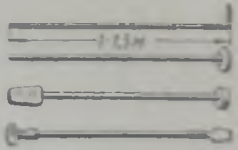
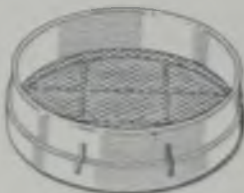



Полупостоянные формы, изготовленные из специальных формовочных смесей или графита, могут быть использованы для получения нескольких отливок (иногда до 200 и более). В постоянных (металлических) формах можно получать несколько тысяч отливок без износа формы.

Более 80% отливок производится в настоящее время в разовых литейных формах, так как в них можно выполнить практически любую по конфигурации, сложности и массе отливку из наиболее распространенных в машиностроении черных и цветных сплавов. Стоимость изготовления такой формы достаточно низкая, вот почему особое внимание отводится изучению вопросов изготовления разовых литейных форм.

На практике существуют следующие способы формовки: 1) в почве и кессонах; 2) в опоках, 3) безопочная, 4) по шаблону, 5) по скелетным моделям и контрольным сечениям, 6) в стержнях, 7) с применением быстротвердеющих смесей. В зависимости от степени механизации процесса изготовления литейных форм различают три вида формовки: ручную, машинную и автоматическую. На машиностроительных заводах ручная формовка применяется для получения одной или нескольких отливок, например в условиях опытно-экспериментального производства, при изготовлении уникальных отливок, а также для ремонтного литья. Машинная формовка применяется в условиях серийного и массового производства отливок, а автоматическая формовка — в условиях массового производства отливок или для автоматизации процесса изготовления форм какой-либо одной отливки (специализированные автоматы).

Приспособления и инструмент для ручной формовки. При изготовлении и отделке литейных форм применяют большое количество разнообразного инструмента (табл. 18). В зависимости от

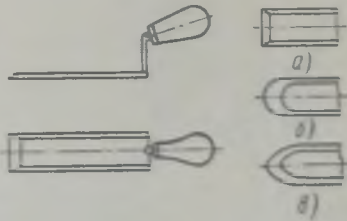
Формовочные инструменты

Инструмент и его назначение	Инструмент и его назначение												
<p><i>Ватерпас</i></p>  <p>Для выверки опок, установки реек при почвенной формовке и т. п.</p>	<p><i>Длинные трамбовки</i></p>  <p>Для уплотнения крупных форм, почвенных и расположенных на полу. Клиновидными трамбовками ведется уплотнение смеси около стенок опоки около модели, в узких местах; плоскими трамбовками уплотняют верхние слои смеси</p>												
<p><i>Круглое сито</i></p>  <p>Для просеивания формовочной смеси, в частности при нанесении облицовки на модель; ячейки сит имеют разные размеры, диаметр сит 400—500 мм</p>	<p><i>Пневматические трамбовки</i></p>  <p>Для ручной формовки, а также подтрамбовки на формовочных машинах</p>												
<p><i>Лопата</i></p>  <p>Для выкапывания ям для почвенных форм, а также для подачи смеси в опоки</p>	<p>Для ручной формовки, а также подтрамбовки на формовочных машинах</p> <p>Наконечники у такой трамбовки сменные — клиновые или плоские. Характеристика трамбовки ТУ-4 Ленинградского завода «Пневматик»:</p> <table border="0"> <tr> <td>вес в кг</td> <td>11,5</td> </tr> <tr> <td>длина в мм</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>число ударов в минуту</td> <td>1300</td> </tr> <tr> <td>давление воздуха в ат</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>расход воздуха в м³/мин</td> <td>0,46—0,60</td> </tr> <tr> <td>наибольший ход в мм</td> <td>165</td> </tr> </table>	вес в кг	11,5	длина в мм	1200	число ударов в минуту	1300	давление воздуха в ат	5	расход воздуха в м ³ /мин	0,46—0,60	наибольший ход в мм	165
вес в кг	11,5												
длина в мм	1200												
число ударов в минуту	1300												
давление воздуха в ат	5												
расход воздуха в м ³ /мин	0,46—0,60												
наибольший ход в мм	165												
<p><i>Трамбовки</i></p>  <p>Для уплотнения смесей в опоках или стержневых ящиках при работе на верстаке. Трамбовка <i>а</i> — деревянная, <i>б</i> — чугунная. Иногда делают трамбовки с резиновыми наконечниками для предохранения модели</p>													

Инструмент и его назначение	Инструмент и его назначение
<p data-bbox="94 216 438 241"><i>Вентиляционные иглы (душники)</i></p>  <p data-bbox="63 451 482 529">Для образования искусственных газоотводных каналов в формах и стержнях</p>	<p data-bbox="681 169 783 194"><i>Кисточка</i></p>  <p data-bbox="526 404 951 529">Для смачивания формы по контуру модели перед извлечением последней, а также в некоторых случаях поврежденных мест перед их исправлением</p>
<p data-bbox="163 663 373 688"><i>Деревянные молотки</i></p>  <p data-bbox="70 898 490 976">Для расколачивания модели при ее выемке и стержневого ящика перед удалением из него стержня</p>	<p data-bbox="660 569 831 594"><i>Пульверизаторы</i></p>  <p data-bbox="531 882 956 1023">Для поверхностного увлажнения формы перед ее отделкой, а также для нанесения противопопригарных покрытий (красок и чернил), растворов для упрочнения поверхности форм и стержней</p>
<p data-bbox="189 1110 373 1135"><i>Крючки (подъемы)</i></p>  <p data-bbox="75 1384 495 1439">Для извлечения модели или ее объемных частей из формы</p>	<p data-bbox="671 1055 821 1080"><i>Пульверизатор</i></p>  <p data-bbox="541 1392 956 1470">Для нанесения толстого слоя огнеупорного покрытия на рабочую форму или стержень</p>

Инструмент и его назначение

Гладилки



Для отделки форм лезвия гладилок делают прямоугольными (а), закругленными (б), заостренными (в)

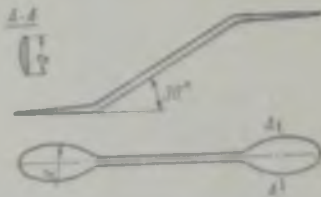
Инструмент и его назначение

Ложечки



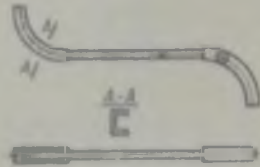
Для отделки и ремонта форм и стержней

Ланцеты (карасики)



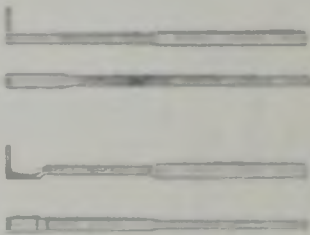
Для отделки форм и стержней

Полозки



То же

Формовочные крюки



Для отделки и ремонта форм

Пневматические сопла

Для удаления пыли и мусора из формы

назначения его можно разделить на две группы. Первая группа — это инструменты, применяемые для наполнения опоки смесью, уплотнения смеси и вентиляции формы (лопаты, сита, ручные и пневматические трамбовки, проволочные душники, сгребалки и т. д.), для проверки положения модели в горизонтальной плоскости (уровень или ватерпас).

Вторая группа — это инструменты, предназначенные для выемки модели из формы и отделки формы: кисти пеньковые и щетки, подъемы (резьбовые, винтовые или крюки), молотки тяжелые и легкие, гладилки, крючки с лезвием разных размеров, ланцеты, ложечки, ползки разных профилей. Размеры и материалы для ручного инструмента нормализованы.

§ 2. ФОРМОВКА В ПОЧВЕ

Формовка в почве применяется обычно в индивидуальном или мелкосерийном производствах преимущественно при изготовлении крупных деталей, а также для ремонтного литья. Процесс формовки в почве осуществляется в ямах или кессонах с применением газоотводных формовочных постелей. В зависимости от массы и высоты отливок различают мягкие и твердые постели. Различие их заключается в том, что мягкие постели представляют собой неуплотненную формовочную смесь, в которую вдавливают модели с незначительной подтрамбовкой слабоуплотненных мест, твердые же постели — уплотненную формовочную смесь, в ней с помощью моделей или шаблонов получают соответствующий отпечаток нижней конфигурации отливки. Мягкие постели применяют для формовки плоских отливок небольшой высоты — твердые постели для крупных отливок. Формовка в почве имеет ряд недостатков: рытье ям, приготовление газоотводной постели являются очень трудоемкими операциями; значительный объем ручных формовочных работ; квалификация формовщиков должна быть гораздо выше, чем при формовке в опоках; тяжелые санитарно-гигиенические условия работы (пыль, высокая температура и т. д.); незначительный съем годного литья с квадратного метра формовочной площади. Однако этот способ прост и не требует специальной оснастки.

Формовка по мягкой постели. В полу литейной роется яма глубиной 200—250 мм и размерами несколько больше модели. На дно ямы устанавливают два бруска, между ними засыпается наполнительная формовочная смесь, которая разравнивается. Поверх наполнительной смеси через сито просеивается тонким слоем (15—30 мм) облицовочная смесь. Облицовочная смесь слегка подуплотняется широкой линейкой и разравнивается.

На рис. 41 приведена схема изготовления в почве формы диска по мягкой постели. В полу *б* литейного цеха готовят яму глубиной 200 мм (рис. 41, *а*), по ширине и длине несколько большую, чем модель. На слой наполнительной смеси *1* насыпают слой облицовочной смеси *2* толщиной 20—30 мм (рис. 41, *б*).

Модель 3 будущей отливки осторожно осаживают легкими ударами молотка 5 по деревянному бруску 4. Горизонтальное положение верхней плоскости осаженой в формовочную смесь модели проверяют ватерпасом 7 (рис. 41, в).

После этого формовочную смесь уплотняют вокруг модели и излишек ее с помощью линейки сгребают вровень с верхней плоскостью модели. Для отвода газов душником 8 в форме делают наколы, а затем вынимают модели 3. В целях предохранения формы от размыва струей жидкого металла литниковую чашу 9

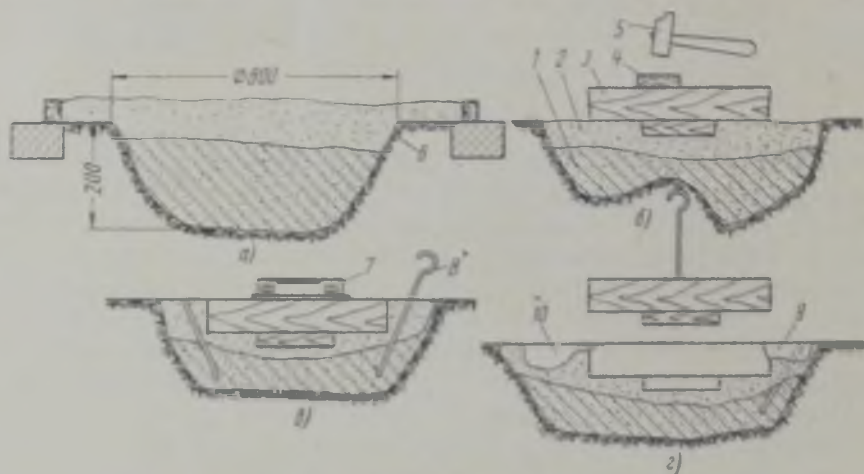


Рис. 41. Формовка в почве диска по мягкой постели

делают так, как это показано на рис. 41, г. От литниковой чаши к модели прорезают литниковый канал для подвода металла. С противоположной литнику стороны делают сливной канал 10.

Формовка по твердой постели. Яму 1 выкапывают глубиной на 300—500 мм больше высоты формируемой модели (рис. 42, а). На сильно уплотненное дно ямы насыпают слой кокса или коксовой гари 2 (размер кусков 50—70 мм) толщиной 100—250 мм. Слой кокса уплотняют и сверху насыпают более мелкий кокс 3, который слегка утрамбовывают и покрывают сверху рогожами или соломой. Для вывода газов устанавливают трубы 4, верхний конец которых расположен несколько выше уровня пола цеха. В слое 5 формовочной смеси обязательно делают наколы душником.

На твердую постель насыпают формовочную смесь, которую после установки модели 6 утрамбовывают (рис. 42, б). После уплотнения смеси вокруг модели поверхность формы заглаживают и накрывают опокой 7. В опоке устанавливают крючки 8, модели 9 элементов литниковой системы: питателей, стояка, шлаковика, выпора. Затем в опоку засыпают формовочную смесь и уплотняют.

После этого опоку поднимают краном и извлекают из формы модель. Отделяют вручную верхнюю и нижнюю полуформы,

собирают форму по центрирующим кольщикам 10 и устанавливают груз 11, а также литниковую чашу 12 и наращалку 13 для выпора. На рис. 42, в показана собранная под заливку форма, нагруженная грузами.

Если в верхней опоке имеются свисающие песчаные части (болваны), то для лучшего удержания их в верхнюю опоку устанавливают проволочные железные крючки. Их концы, обращенные к модели, смачивают глиной или сульфитным щелоком, чтобы обеспечить прилипание к ним формовочной смеси.

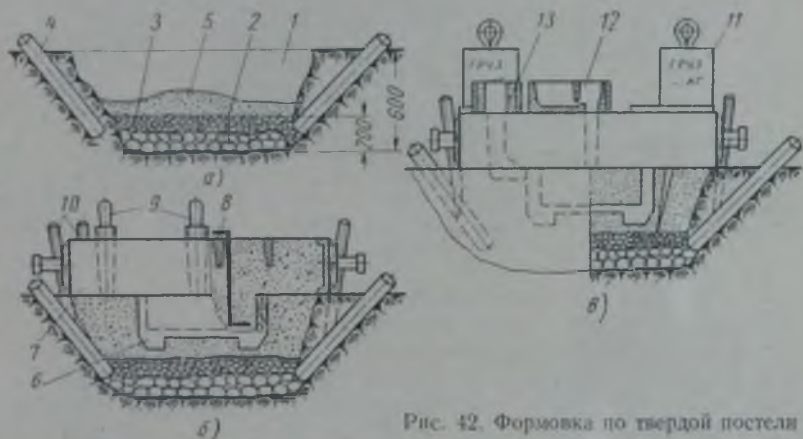


Рис. 42. Формовка по твердой постели

При заливке по-сырому для удержания формовочной смеси применяют так называемые солдатики — деревянные палочки сечением от 15×15 до 20×20 мм; длина их может быть различная в зависимости от высоты верхней опоки и песчаного болвана. Солдатики и крючки применяют для таких моделей, у которых высота болвана сравнительно небольшая.

Солдатики прислоняют к крестовинам (ребрам) опоки и заформовывают в смесь. Концы установленных солдатиков не должны соприкасаться с заливаемым в форму металлом, так как это может привести к браку отливок. Поэтому солдатики нужно ставить в опоку и углублять так, чтобы они были отделены слоем формовочной смеси 10—12 мм от модели (рис. 43, а).

На рис. 43 приведены примеры расстановки солдатиков 4 и крючков 2 в опоке 1. Обычно крючки расставляют крестообразно, благодаря этому обеспечивается прочность формы. Крючки при установке их в форму навешивают на крестовины или ребра опоки (рис. 43, б). Расстояние между крючками и моделью 3 для опок среднего размера составляет 70—100 мм, а для опок больших размеров — 60—80 мм.

Большие и тяжелые болваны, расположенные в верхних опоках, удерживаются чугунной и стальной арматурой в виде рамок, укрепленных при помощи болтов в верхней опоке.

Песчаные болваны должны обладать хорошей податливостью, так как залитый в форму металл при затвердевании и охлаждении уменьшается в объеме, усаживается.

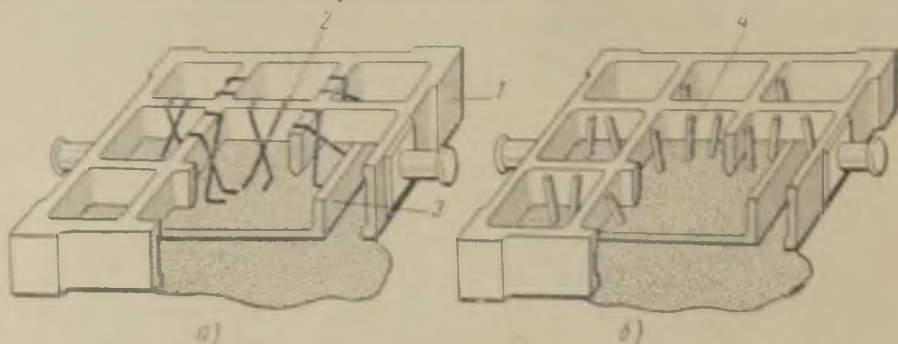


Рис. 43. Установка в верхней опоке солдатиков и крючков при изготовлении формы

Вследствие плохой податливости болвана в отливках могут появиться горячие трещины, поэтому внутренние болваны следует уплотнять слабее других частей формы. Часто при формовке по сухому болваны делают пустотелыми или применяют формовочные смеси с опилками, которые, выгорая при заливке, делают болваны податливыми.

§ 3. ФОРМОВКА В ОПОКАХ

Наибольшее распространение в литейном производстве получила формовка в опоках, главным образом по разъемным моделям, причем формовка чаще всего производится в двух и реже в трех и более опоках. При формовке в опоках отливки получаются более точными, чем при формовке в почве, так как центрирование опок осуществляется при помощи штырей.

Формовка в опоках является более производительной, чем формовка в почве. На практике существует несколько способов формовки: 1) в двух опоках, 2) в нескольких опоках, 3) с подрезкой, 4) с применением фальшивой опоки, 5) по модели с отъемными частями, 6) с перекидным болваном, 7) стопочная формовка.

Формовка в двух опоках по разъемной модели. Процесс изготовления формы начинают с установки модели или ее половины 2 (если модель разъемная) на подмодельный щиток 1 (рис. 44, а). Затем на него устанавливают пустую нижнюю опоку 3 и поверхность модели смачивают смесью керосина с мазутом (50% керосина, 50% мазута) или припыливают модельной пудрой (рис. 44, б). После этого через ручное сито 4 просеивают облицовочную смесь (рис. 44, в).

Толщина слоя облицовочной смеси колеблется для мелких отливок в пределах 15—30 мм, а для крупных — 30—40 мм. При формовке крупных отливок с глубокими отвесными стенками обли-

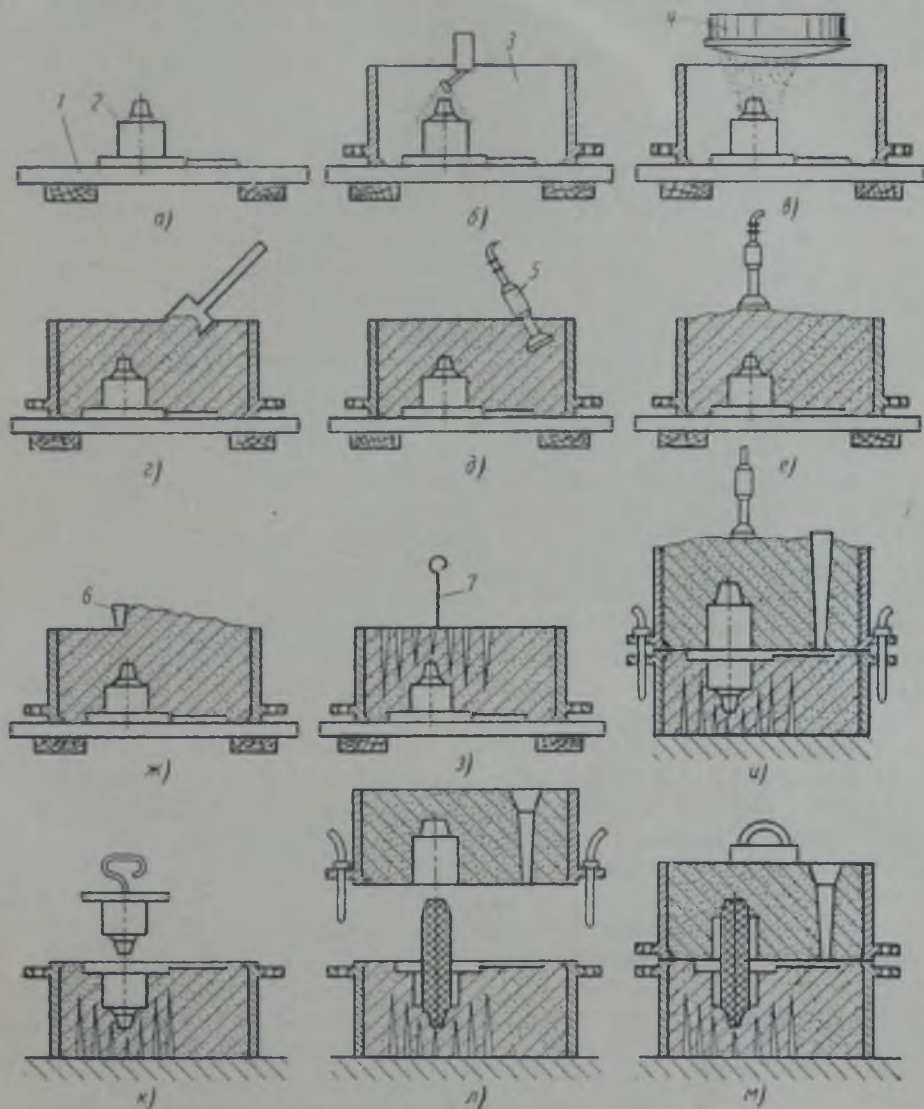


Рис. 41. Последовательность технологических операций при изготовлении формы в двух опоках

цовочная смесь просеивается через сито только для покрытия горизонтальной плоскости модели. Обкладка же отвесных стенок производится той же облицовочной смесью.

Затем в опоку насыпают наполнительную смесь и ее уплотняют (рис. 44, а). Для достижения равномерной плотности формы наполнительную смесь насыпают в опоку слоями (50—75 мм) и уплотняют ее ручной или пневматической трамбовкой 5 (рис. 44, б, в). При уплотнении нельзя ударять трамбовкой по модели, так как формовочная смесь в местах удара будет сильно уплотнена и в отливках могут образоваться газовые раковины. Особенно тщательно следует уплотнять смесь в углах и у стенок опоки.

Излишек формовочной смеси после уплотнения сгребают линейкой 6 (счищалкой) вровень с кромками опоки (рис. 44, г). Затем в форме душником 7 прокалывают вентиляционные каналы так, чтобы душник не доходил до модели 10—15 мм (рис. 44, д). После этого опоку вместе с подмодельным щитком поворачивают на 180° и устанавливают вторую половину модели.

Чтобы предохранить от прилипания формовочной смеси верхней опоки к нижней, плоскость разъема нижней полуформы присыпают сухим разделительным песком. Этот песок сдувают с поверхности модели сжатым воздухом. Устанавливают верхнюю опоку на нижнюю. Затем через сито насыпают на модель слой облицовочной смеси, устанавливают модель стояка и насыпают в опоку наполнительную смесь. После этого уплотняют смесь трамбовкой (рис. 44, и). Излишки смеси сгребают и делают наколы душником. Форму раскрывают и смачивают ее поверхность вблизи модели водой.

Для предупреждения ухода жидкого металла из формы при заливке по-сырому на плоскости разъема формы делают риски (подрезы) вокруг отпечатка модели на расстоянии 50—70 мм от нее. При заливке металла в сухие формы и особенно при неудовлетворительном состоянии опочного хозяйства в большинстве случаев на плоскость разъема формы кладут тонкий слой глины, который при спаривании полуформ полностью исключает прорыв металла из формы. Модели не следует располагать близко к краю опоки; расстояние от модели до стенки опоки должно быть не менее 25—50 мм в зависимости от массы отливки и габаритных размеров опоки.

В модель ввертывают или забивают подъем. Затем ее слегка расталкивают ударами молотка по подъему и извлекают из формы, сохраняя вертикальное положение подъема и модели (рис. 44, к). Так же извлекают модели элементов литниковой системы: стояка, выпора, питателя. Небольшие модели вынимают из формы вручную, а крупные — краном.

Извлечение модели из формы является ответственной операцией и производить ее нужно очень осторожно, чтобы не разрушить форму. Сильно расталкивать модель не рекомендуется, так как при этом отливки получаются с увеличенными размерами и повышенной массой.

После извлечения модели отделяют поверхность формы. Поврежденные места формы исправляют отделочными инстру-

ментами: гладилками, ложечками, ланцетами и т. д. Некоторые части формы укрепляют шпильками. Отделанную форму, изготовленную по-сырому, перед сборкой присыпают порошкообразным графитом или древесно-угольным порошком. При формовке по-сырому поверхность формы не припыливают, а окрашивают. Формы обычно окрашивают после сушки, когда форма еще не остыла. Иногда формы красят два раза: до и после сушки. Затем устанавливают стержень и собирают форму (рис. 44, л, м).

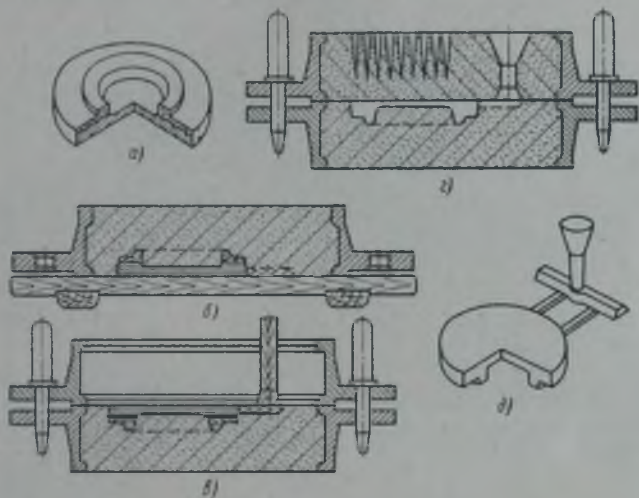


Рис. 45. Формовка в двух опоках по неразъемной модели

Небольшая шайба изготавливается по деревянной неразъемной модели (рис. 45, а). Сначала формируют нижнюю опоку. На деревянный подмодельный щиток устанавливают модель и нижнюю опоку (рис. 45, б), а затем насыпают формовочную смесь и уплотняют ее. Затем опоку с подмодельной плитой переворачивают на 180° , устанавливают верхнюю опоку и модели литниковой системы (рис. 45, в), а также засыпают верхнюю опоку формовочной смесью и ее уплотняют. После этого поднимают верхнюю половину формы, переворачивают ее на 180° и извлекают модель из формы. После отделки формы ее собирают и заливают металлом. На рис. 45, д приведена отливка шайбы с литниковой системой.

Формовка в нескольких опоках производится при условии, если отливка высокая и она не уместается в двух стандартных опоках, а также если сложные части отливки требуют не одной, а двух и более плоскостей разъема, иначе они не вынимаются.

Формовка в трех и более опоках производится так же, как и в двух. В качестве примера на рис. 46 приведена формовка барабана лебедки в трех опоках. Формовку начинают с нижней опоки 2

(рис. 46, а), модель в этом случае применяется разъемная: с двумя отъемными частями 1, установленными на фасонный щиток 3. После уплотнения нижней полуформы ее переворачивают, ставят на нее цилиндрическую часть 5 модели (рис. 46, б) и уплотняют вторую опоку 4. Затем устанавливают верхнюю отъемную часть модели и формируют третью опоку. После этого разбирают опоки и извлекают модели из верхней, средней и нижней опок; устанавливают стержень и собирают форму под заливку (рис. 47, в).

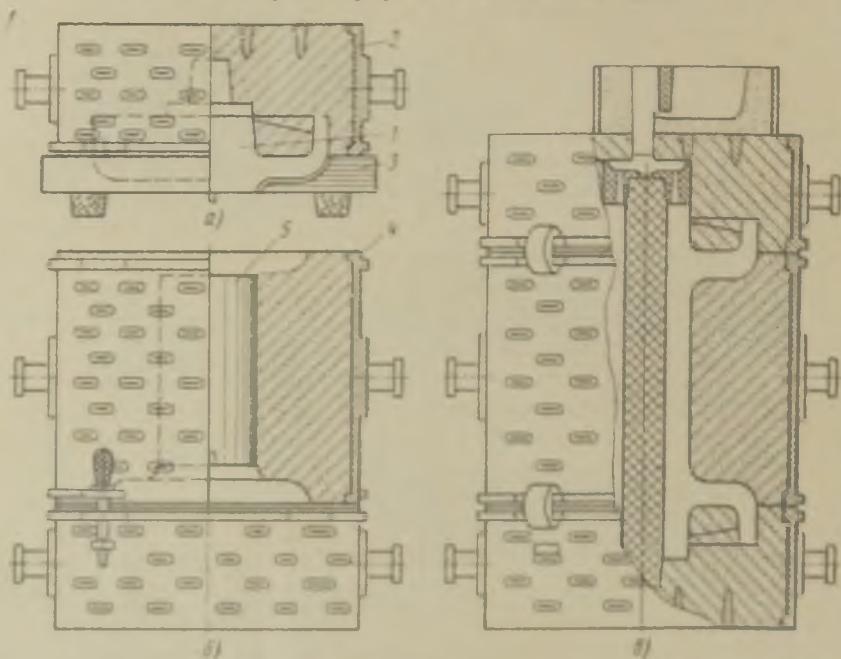


Рис. 46. Формовка барабана в трех опоках

Формовка с подрезкой (рис. 47) применяется при формовке в опоках по неразъемной модели, не имеющей плоскости, пригодной для укладки модели (относительно плоскости разъема опок).

Модель установлена (рис. 47, а) на подмодельный щиток, но она прилегает к нему не всей нижней поверхностью, а только выступом, поэтому при уплотнении нижней опоки в пространство 1 попадает формовочная смесь. Чтобы в дальнейшем можно было вынуть модель из нижней опоки, формовочную смесь из пространства 1 срезают гладилкой или ланцетом (рис. 47, б). Образующуюся поверхность разъема тщательно заглаживают. Это называется подрезкой. Разъем формы будет уже не плоский, а фасонный.

Затем поверхность разъема нижней опоки, в том числе и поверхность подрезки, посыпают разделительным песком или при глубокой подрезке застилают бумагой; устанавливают верхнюю опоку (рис. 47, в), уплотняют ее обычным путем. Форму разбирают,

модель вынимают. Затем форму вновь собирают для заливки (рис. 47, *з*).

На рис. 47, *д* приведена отливка с литниковой системой. Подрезка применяется лишь при изготовлении небольшого числа отливок по данной модели.

Формовка с фальшивой опокой (рис. 48). Фальшивая опока может быть изготовлена из обычной формовочной смеси, жидкостекольной формовочной смеси или гипса. Для изготовления отливок большой серии применяют деревянную фасонную модельную

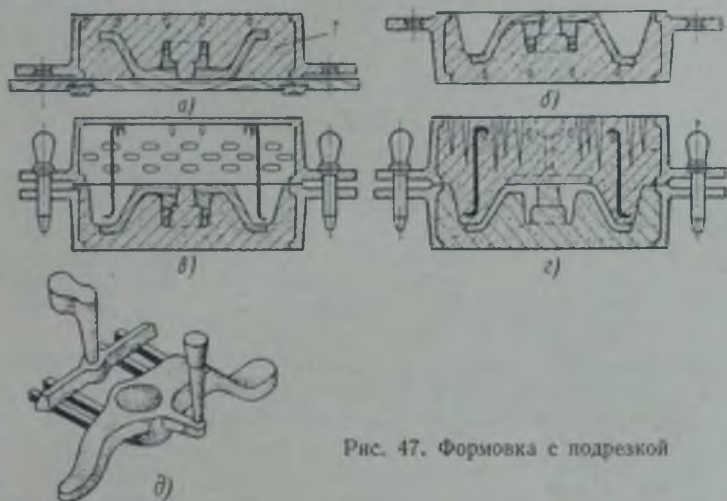


Рис. 47. Формовка с подрезкой

плиту, выполняющую роль фальшивой опоки. При этом отпадает необходимость в подрезах разъемов каждой изготавливаемой формы. Формовка ничем не отличается от обычной формовки в двух опоках.

На деревянный фальшивый щиток 1 с моделью 2 (рис. 48, *а*) ставят нижнюю опоку и уплотняют в ней формовочную смесь. После уплотнения ее снимают и переворачивают (рис. 48, *б*). При этом модель остается в нижней опоке, на которую ставят верхнюю опоку и уплотняют; затем разбирают форму, извлекают модель и форму собирают под заливку (рис. 48, *в*). При машинной формовке отливок, требующих разъема с подрезкой, такой фигурный разъем делается на модельной плите.

Формовку с перекидным болваном применяют в индивидуальном производстве для мелких отливок, имеющих поднутрения или полости, выполняемые песчаным болваном взамен стержня.

Примером формовки с перекидным болваном может служить формовка канатного блока. Модель блока (рис. 49, *а*) разъемная, состоит из двух частей. Половину 1 модели кладут на подмодельную плиту 2; на ступицу блока устанавливают модель стояка 3 и верхнюю опоку; наполняют ее формовочной смесью и уплотняют

(рис. 49, б). Затем извлекают модель стояка; накрывают опоку деревянным щитком и вместе с подмодельной плитой опоку переворачивают на 180° и снимают подмодельную плиту.

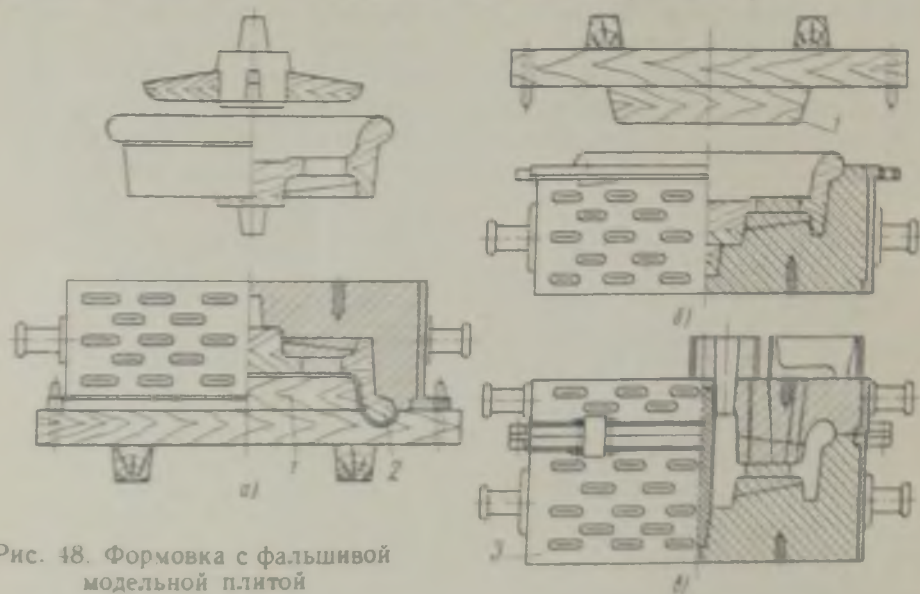


Рис. 48. Формовка с фальшивой модельной плитой

Для облегчения извлечения модели из формы по окружности блока по линии 4, 5, 6 (рис. 49, в) делают подрезку и образовавшуюся поверхность посыпают разделительным песком, устанавли-

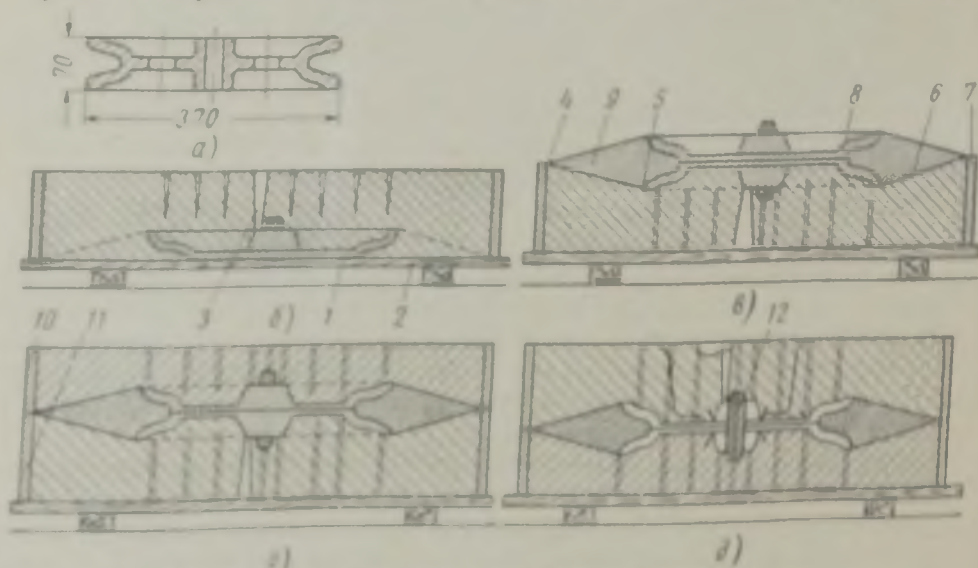


Рис. 49. Формовка с перекидным болваном

вают вторую половину 8 модели и уплотняют полость подрезки (перекидной болван 9 — кольцо). Верхнюю полость кольца приглаживают гладилкой и посыпают разделительным песком, полу-

ченное таким образом кольцо называется перекидным болваном. Поверхность этого болвана посыпают разделительным песком, устанавливают опоку 10 (рис. 49, з) и уплотняют ее. Затем снимают опоку 10, извлекают одну половину модели и возвращают опоку 10 на прежнее место. Форму переворачивают на 180° и снимают опоку 11; извлекают половину модели 1 и продувают форму сжатым воздухом. После этого устанавливают стержень 12 и форму собирают.

§ 4. ФОРМОВКА ПО ШАБЛОНУ

Способ изготовления форм, полости которых получают при помощи профильных досок-шаблонов, вращающихся вокруг оси или движущихся по направляющим, называется шаблонной формовкой. Полость формы получается либо выгребанием шаблоном предварительно уплотненной формовочной смеси, либо выравниванием шаблоном накладываемой и уплотняемой смеси.

Формовка по шаблону применяется преимущественно для отливок, имеющих форму тела вращения (штулок, цилиндров, труб, шкивов, маховиков и др.), а также для отливок, очертания которых получают протягиванием шаблона по направляющей (протяжные шаблоны). При формовке с помощью шаблонов не пользуются моделями, изготовление которых требует длительного времени и значительного расхода дерева. Формовка по шаблону применяется для изготовления одной или нескольких отливок. В массовом и крупносерийном производствах шаблонная формовка не применяется, так как выгоднее формировать по модели. К недостаткам шаблонной формовки следует отнести и значительно большую затрату времени на изготовление формы по сравнению с формовкой по модели и необходимость высокой квалификации формовщиков. В настоящее время шаблонная формовка применяется редко. На практике наиболее распространены шаблоны, вращающиеся вокруг вертикально поставленного шпинделя (рис. 50). Приспособление состоит из шпинделя 1, подпятника 2, серьги 3 для крепления шаблона и стопорного кольца 4. Металлический, обработанный шпиндель устанавливают в подпятнике. На верхнем конце шпинделя имеется отверстие, в которое закладывается болт для подъема шпинделя вручную или краном. Подпятник шпинделя чугунный и для большей устойчивости имеет сравнительно большую опорную поверхность. Серьга, к которой крепят шаблон, также чугунная; в ней имеются прорези для крепления шаблонов. Шаблоны закрепляют болтами, вставляемыми в прорези скобы. Жажимым винтом 5 закрепляют серьги на шпинделе в определенном положении. Стопорное кольцо также имеет зажимной винт. Оно служит для установки шаблона в определенном положении по высоте.

Рассмотрим шаблонную формовку кольца (рис. 50, а). Выкапывают яму и устанавливают приспособление для шаблонной фор-

мовки (рис. 50, б). Подпятник шпинделя устанавливают по ватерпасу на определенной глубине под формой так, чтобы он не мешал формовке. После уплотнения формовочной смеси в него вставляют шпindel. На шпинделе укрепляют установочное кольцо, навешивается серьга и на ней устанавливают ватерпас, по которому проверяют горизонтальное положение серьги, поворачивая ее вокруг

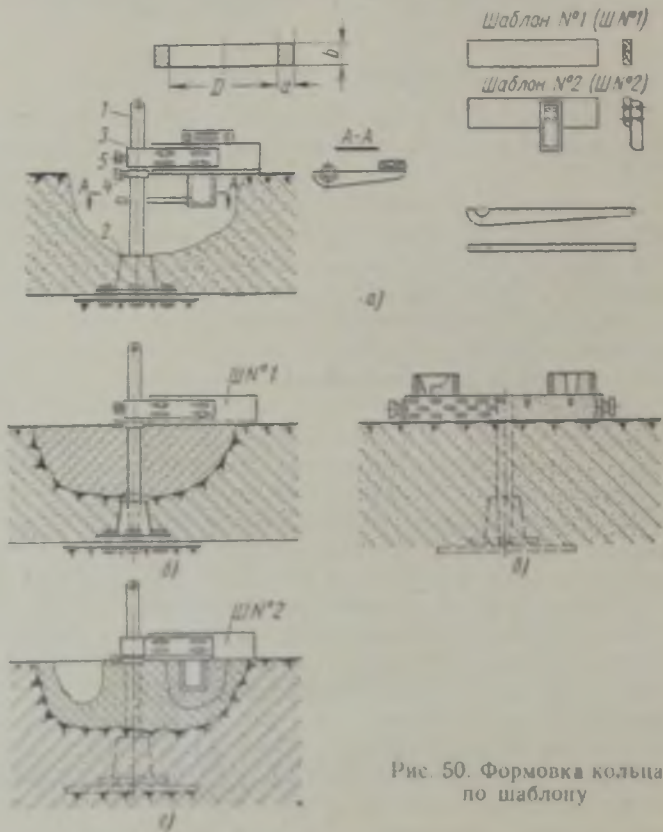


Рис. 50. Формовка кольца по шаблону

шпинделя на 360° . Затем в яму насыпают формовочную смесь и уплотняют. Вновь проверяют горизонтальное положение серьги по ватерпасу и приступают к формовке. После уплотнения вокруг шпинделя формовочную смесь счищают до уровня пола шаблоном № 1, посыпают разделительным песком, ставят опоку и уплотняют верхнюю полуформу (рис. 50, б). После уплотнения верхней опоки делают накомы и вынимают модели литников и выпора. Опоку отставляют в сторону и изготавливают форму кольца по шаблону, для чего на шпindel надевают стопорное кольцо и серьгу с шаблоном № 2 и выгребают шаблоном форму (рис. 50, в). Собранный форма приведена на рис. 51.

При формовке по протяжным шаблонам форма выгребается плоскими скребками, направляемыми по особой рамке. В форме же при помощи скребков можно изготовить и стержень. Таким образом, при формовке отпадает необходимость в изготовлении модели и стержневого ящика. Этот способ применяется для изготовления таких крупных отливок, как патрубки и колена труб большого диаметра и др.

На рис. 52 приведена формовка патрубка с фланцами на концах и с двумя боковыми отростками при помощи протяжных шаблонов. Модели фланцев 2, 3 и отростков 4, 5 изготовлены разъемными из двух половинок. Деревянная рамка 1 имеет две отъемные планки 6, соответствующие толщине тела патрубка. По рамке со вставленными планками 6 направляют скребки, выгребающие стержень, а по рамке с отнятыми планками — скребки для внешней формы патрубка.

На подготовленную горизонтальную поверхность твердой постели укладывают рамку 1 вместе с отъемными планками 6, затем

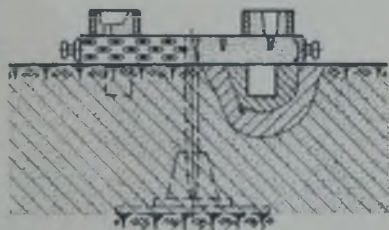


Рис. 51. Собранная форма под заливку кольца

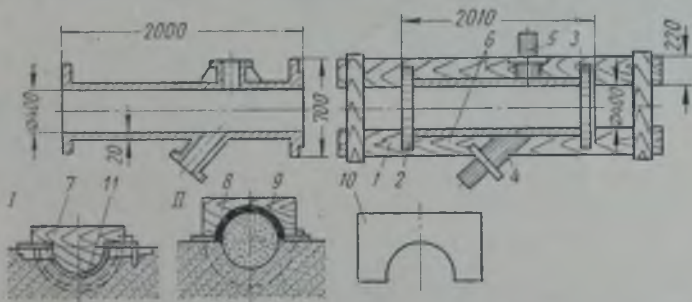


Рис. 52. Формовка по протяжным шаблонам

осаживают в почву нижние половины модели фланцев и при помощи скребка-шаблона 7 (положение I) выгребают профиль по размерам внутренней поверхности трубы. Полученную из песчаной смеси поверхность «стержневого ящика» обкладывают бумагой и уплотняют стержень. Сверху его заглаживают шаблоном 8, имеющим контуры внешней поверхности трубы (положение II). Затем укладывают модели фланцев и двух отростков трубы, накрывают верхней опокой, уплотняют ее, снимают и отделяют. После этого стержню придают окончательные размеры снятием слоя 9 смеси,

равного толщине тела трубы, с верхней его половины. Этот слой снимается специальным шаблоном 10.

После изготовления стержня его поднимают за каркас, затрамбованный в нем при уплотнении, отделяют, красят и сушат. С поверхности нижней части формы снимают лишний слой смеси 11, равный толщине тела трубы. После этого отделяют нижнюю часть формы, собирают форму и заливают. Стержни для боковых отростков изготавливают отдельно в стержневых ящиках, ставят в форму на знаках и прикрепляют шпильками к основному стержню.

§ 5. ФОРМОВКА ПО СКЕЛЕТНЫМ МОДЕЛЯМ

Этот способ формовки представляет собой комбинацию формовки по моделям и протяжным шаблонам. Применяется он крайне редко, для изготовления крупных штучных отливок с изменяющимися размерами сечения тела. По скелетной модели может быть изготовлена не только форма, но и стержень.

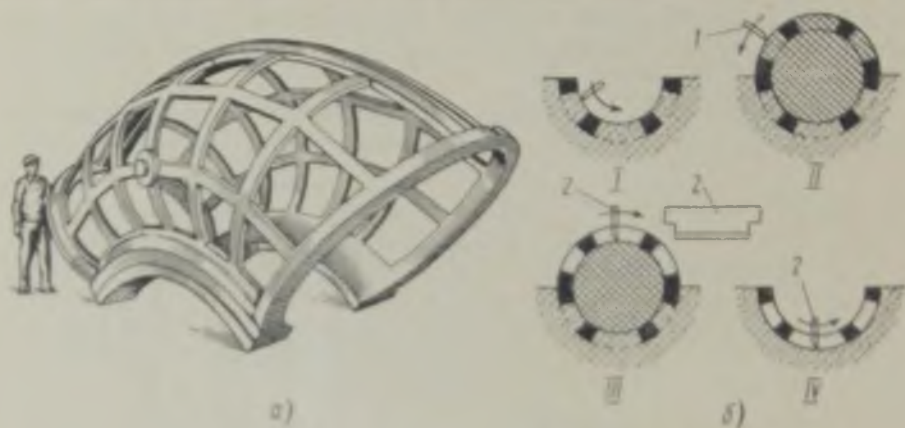


Рис. 53. Формовка по скелетным моделям

На рис. 53, а приведена скелетная модель одной шестой части свертного кожуха водяной турбины. Модель изготовлена из брусьев, имеющих толщину стенки будущей отливки.

В нижней части формы (рис. 53, б) заформовывают половину скелетной модели (положение I). Скребок-шаблоном 1 песчаную смесь выгребают по внутренней поверхности модели, образуется стержневой ящик, в котором изготавливается нижняя часть стержня. Верхнюю часть стержня выгребают по наружной поверхности модели (положение II). После этого уплотняют опоку, снимают ее с верхней половины стержня и скребок-шаблонами 2 удаляют лишний слой смеси между ребрами модели (положение III). Затем поднимают верхнюю половину модели и стержень. При помощи тех же скребок-шаблонов 2 выгребают лишний слой смеси

между ребрами полумодели нижней части формы (положение *IV*), вынимают нижнюю половину модели. Форму отделяют, сушат и собирают под заливку.

§ 6. ФОРМОВКА В СТЕРЖНЯХ

Этим способом изготовляют очень сложные и ответственные отливки, когда трудно получить равномерное уплотнение формовочной смеси в узких местах формы и углублениях модели, а также при большом числе отъемных частей на модели. При этом литей-

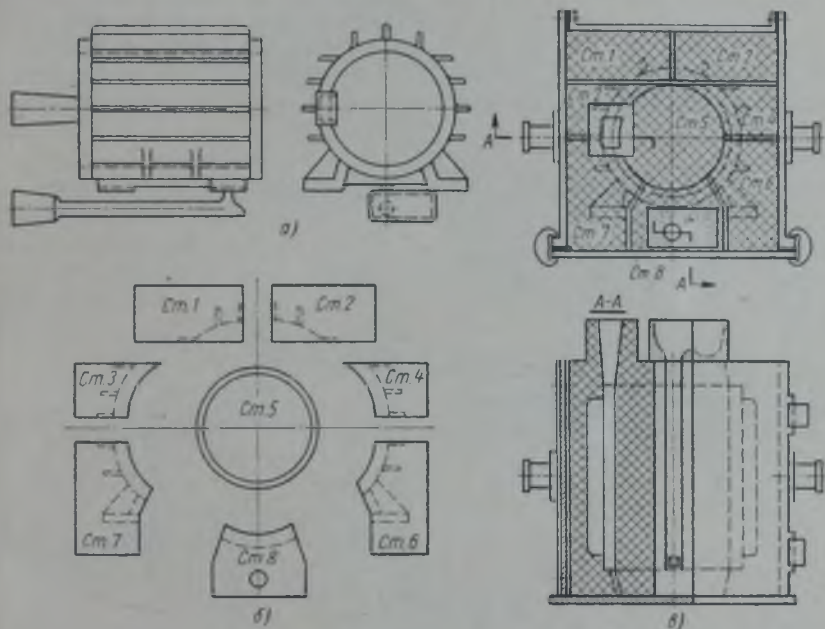


Рис. 54. Формовка в стержнях:

а — чертеж отливки; *б* — стержни; *в* — готовая форма

ную форму целиком собирают из сухих стержней, которые могут быть изготовлены из различных смесей. Стержневые формы применяют в массовом и крупносерийном производствах. Основные преимущества формовки в стержнях:

- 1) позволяет самую сложную форму разделить на простые элементы — стержни;
- 2) отсутствие моделей, так как стержни можно изготовить в стержневых ящиках;
- 3) параллельное изготовление стержней и формы;
- 4) стержни изготовляются рабочими более низкой квалификации;

5) значительно облегчается процесс выбивки форм после заливки;

6) улучшается качество отливок и снижается брак.

На рис. 54 дан пример формовки в стержнях отливки корпуса электродвигателя. В стержневых ящиках изготовляют отдельные стержни 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8, а затем в жакетах из стержней собирают форму. На рис. 54, в приведена собранная под заливку форма.

§ 7. ФОРМОВКА В КУСКАХ

Этот способ применяют для изготовления художественных отливок, которые не имеют необходимых формовочных уклонов на боковых стенках. На боковых поверхностях модели таких изделий есть впадины, выступы или рисунки, затрудняющие процесс

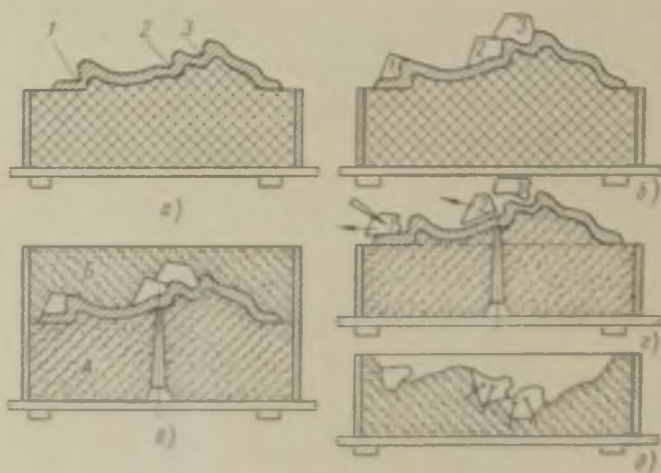


Рис. 55. Формовка в кусках

извлечения модели из формы без повреждения последней. Поэтому для приготовления литейных форм по этим моделям нельзя применять описанные выше способы формовки. При изготовлении бюстов, статуэток и других сложных художественных отливок применяют более сложные способы формовки. Одним из наиболее распространенных способов формовки сложных отливок является способ кусковой формовки.

Модель барельефа (рис. 55, а) на лицевой поверхности имеет выступы 1, 2, 3, препятствующие съему с модели верхней части формы. Для того чтобы снять форму с модели, на выступах модели уплотняют куски из прочной жирной (глинистой) формовочной смеси. Куски, если они прилегают друг к другу, разделяют слоем древесноугольного порошка или лycopодия. Наружнюю поверхность кусков 1, 2 и 3 (рис. 55, б) подрезают в виде болванов

с пологими стенками, чтобы с них было удобно снять заформованную на модели нижнюю опоку (рис. 55, в).

Кроме того, на поверхности кусков для лучшего их удержания в верхней форме делают знаки в виде продолговатых углублений.

По модели с кусками после их припыливания уплотняют нижнюю опоку *Б*, которую затем вместе с фальшивой опокой перевертывают. Фальшивую опоку снимают, а на нижней опоке с моделью уплотняют верхнюю опоку *А* (рис. 55, в). Переворачивают обе опоки, нижнюю опоку снимают так, чтобы модель с прилегающими к ее поверхности кусками осталась в верхней опоке. Оставшиеся куски снимают с модели в порядке, обратном их уплотнению (сначала третий, затем второй и первый), причем снимают так, чтобы их не повредить (рис. 55, з). Куски отделяют и, согласно их знакам, укладывают на соответствующие места в нижней форме. Куски в форме укрепляют шпильками (рис. 55, д). Таким образом, в нижней опоке получается полный отпечаток поверхности модели.

В большинстве случаев части формы с укрепленными кусками просушивают, так как куски уплотняют из недостаточно газопроницаемой жирной формовочной смеси. Приведенный пример является простейшим случаем формовки в кусках. Формы более сложных изделий могут иметь несколько десятков кусков, расположенных на поверхности модели.

§ 8. ФОРМОВКА В ГЛИНЕ

Формовку в глине применяют в тех случаях, когда необходимо получить форму очень высокой прочности. Глиняные формы после

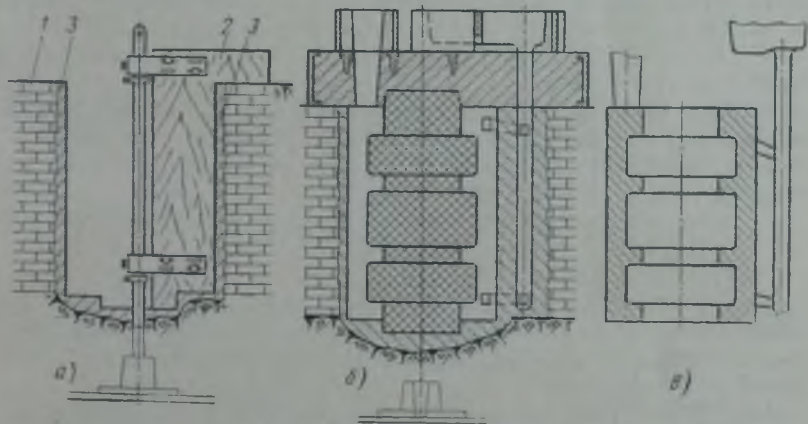


Рис. 56. Формовка в глине

сушки обладают большой огнеупорностью, поверхностной прочностью (поверхность их не размывается при заливке металла в форму, даже при падении струи со значительной высоты).

В большинстве случаев глиняные формы изготавливают без опок. Вместо опок делают кладку из обыкновенных или глиняных кирпичей, которая облицовывается внутри слоем глины. Формовку в глине можно производить как по модели, так и по шаблону. Слой наносимой глины составляет 10—20 мм. Для лучшей газопроницаемости к ней примешивают мелкий песок. Окраску форм и стержней производят после их сушки и полного охлаждения.

Формовка производится следующим образом. На полу литейного цеха роют яму, выкладывают ее кирпичем 1 и устанавливают шаблон 2 для изготовления наружной поверхности формы (рис. 56, а). На кирпичную кладку с помощью шаблона наносится слой глины 3 определенной толщины. После получения нижней части формы изготавливают верхнюю опоку с литниковой системой. Готовые нижние и верхние полуформы просушивают с помощью переносных сушил. Затем устанавливают стержни в форму. Собранный форма приведена на рис. 56, б, а готовая отливка барабана с литниковой системой на рис. 56, в.

§ 9. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ ИЗ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

Формовку с использованием химически твердеющих смесей на жидком стекле применяют для получения разнообразных отливок из чугуна, стали и цветных сплавов массой до 40 000 кг. Такой процесс формовки в настоящее время внедрен на ряде заводов: ленинградском Кировском, ЗИЛе, «Станколите» и др.

Длительность процесса химического твердения крупных форм 0,5—1,3 ч в зависимости от их размера и конфигурации. Технологический процесс формовки складывается из следующих операций.

1. Установки модели на подмодельную плиту.
2. Нанесения на модель ровного слоя быстротвердеющей смеси толщиной 60—70 мм.
3. Прокладки резиновых или металлических трубок. Трубки устанавливают с шагом 300—400 мм так, чтобы их концы находились на расстоянии 20—25 мм от модели, а по высоте не доходили до поверхности разъема 50—70 мм.
4. Засыпки в опоку дополнительной смеси и ее уплотнения.
5. Продувки углекислым газом.
6. Удалении резиновых трубок.

При обработке форм углекислым газом удаление влаги (испарение) заменяется химическим процессом, в котором вода вступает в прочное соединение с кремнеземом SiO_2 , входящим в состав жидкого стекла.

При введении в быстротвердеющую облицовочную смесь углекислого газа происходит разложение силиката натрия и образование углекислого натрия с выделением свободного кремнезема. Образовавшийся кремнезем SiO_2 присоединяет воду и образует прочное химическое вещество — гель кремниевой кислоты, который распадается только при высоких температурах после заливки формы сплавом.

Расход углекислого газа составляет на тонну мелкого литья (средняя масса 100 кг) 10 кг; среднего литья (средняя масса 600 кг) 3 кг. При этом продолжительность продувки газом форм площадью

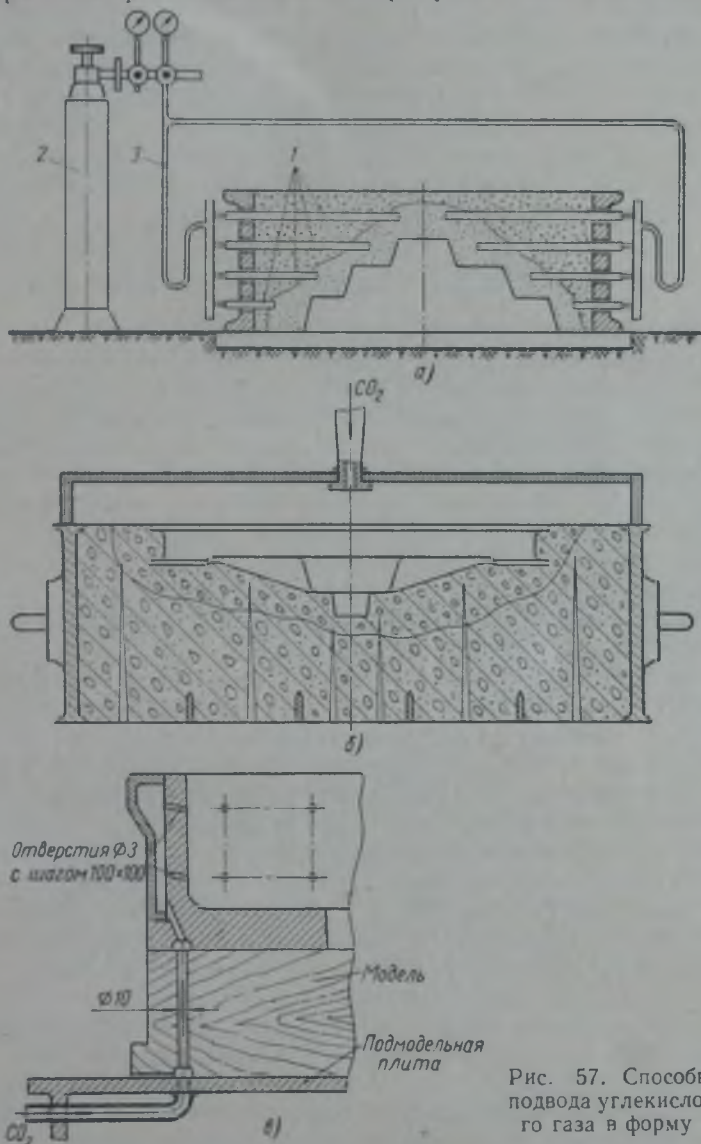


Рис. 57. Способы подвода углекислого газа в форму

0,5—8,0 м² составляет 8 мин при давлении газа в шланге 2—3 кг/см² (0,2—0,3 Мн/м²).

На рис. 57 приведены методы подачи углекислого газа в форму при ее сушке. При подводе газа с помощью металлических сопел 1

диаметром 20, 40 или 60 мм, при соединенных к баллону 2 резиновыми шлангами 3 (рис. 57, а), эффективно используется его давление и скорость. Для ускорения сушки форму накалывают тонким душником.

Подвод углекислого газа под зонт, покрывающий форму, обеспечивает быстрое, одновременное и равномерное химическое твердение формы любой конфигурации (рис. 57, б). Формы под зонтом можно сушить в любом месте цеха, на приемном столе формовочной машины, на рольгангах, на участке сборки и т. д.

На рис. 57, в приведена схема подвода углекислого газа для сушки формы через модель.

§ 10. СБОРКА ФОРМ И ПОДГОТОВКА ИХ К ЗАЛИВКЕ

Наиболее ответственной операцией, в особенности при изготовлении сложных и крупных отливок, является операция сборки формы, требующая внимания и аккуратности. При сборке формы выдувают из нее мусор сжатым воздухом, устанавливают стержни, а затем форму накрывают верхней опокой. При сборке формы и простановке стержней необходимо следить за тем, чтобы стержни знаковыми частями хорошо укладывались в отпечатки знаков модели. Если знак стержня почему-либо не подходит к своему гнезду в форме, то его подпиливают (подгоняют). Эта операция допускается только при наличии специальных контрольных шаблонов в индивидуальном или мелкосерийном производствах. В массовом производстве эта операция не допускается.

Правильность установки стержней в форме проверяется специальными контрольными шаблонами, а в поточно-массовом производстве — кондукторами. При сборке сложных форм толщина тела отливки проверяется формовщиком с помощью кусочков глины, укладываемых на стержень в проверяемых точках, а затем контрольным перекрытием формы (сборкой). Кусочки глины сжимаются до толщины просвета между формой и стержнем, что должно соответствовать толщине тела отливки. После раскрытия формы глина вынимается, измеряется толщина глиняных кусочков, и таким образом определяется толщина стенки в проверяемых точках. Собранную форму накрывают и перед заливкой кладут на нее груз. Массу груза рассчитывают.

Литейные формы нагружают с целью уравновесить давление жидкого металла на верхнюю опоку. Иногда формы нагружают грузами без расчета. В таких случаях масса груза равняется 3—4-кратным массам отливки, а в некоторых случаях и больше, если отливка имеет большую площадь. Если же груз недостаточный, то при заливке металл может поднять верхнюю опоку и уйти из формы.

Вместо груза опоки скрепляют скобами, болтами, струбцинами, заклиниванием направляющих болтов и т. д. На рис. 58 приведены примеры крепления опок. Крупные формы иногда

устанавливают в кессонах и утрамбовывают с боков формовочной смесью, а сверху кладут грузы.

Расчет груза и крепления форм. Для определения массы груза или усилия, на которое должно быть рассчитано крепление формы, необходимо подсчитать давление жидкого металла на верхнюю

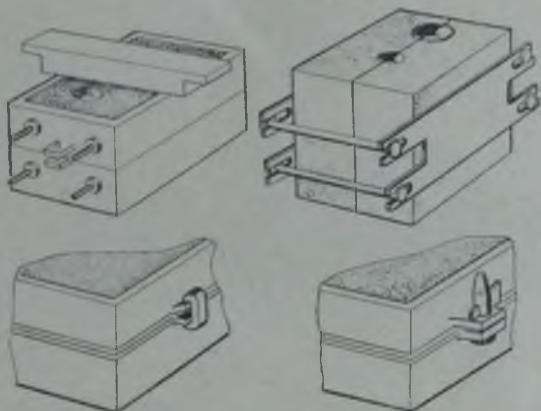


Рис. 58. Способы крепления форм

опоку. Так, для чугунной плиты (рис. 59) давление металла на верхнюю опоку при плотности его $\gamma = 7,0 \text{ кг/дм}^3$ составит

$$P_m = Fh\gamma = 20 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 7 = 8400 \text{ кг},$$

где F — площадь проекции отливки.

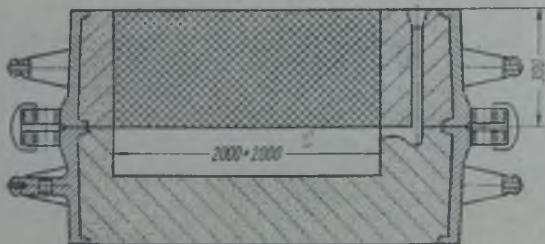


Рис. 59. К расчету груза

Полученную величину P_m необходимо несколько увеличить для предотвращения раскрытия формы от динамического воздействия металла на форму при заливке и неравномерности распределения давления металла по площади опоки.

Рассчитаем давление жидкого металла на верхнюю опоку формы цилиндра при горизонтальной заливке (рис. 60). Примем плотность жидкого чугуна $\gamma = 7 \text{ кг/дм}^3$.

Давление жидкого чугуна на внутреннюю поверхность формы соответствует массе металла. Внешний диаметр трубы $d = 1400$ мм; длина $l = 2000$ мм; высота уровня металла $h = 1$ м.

$$P_m = \left(dlh - \frac{1}{2} \frac{\pi d^2}{4} l \right) \gamma = \left(14 \cdot 20 \cdot 10 - \frac{1}{2} \cdot 0,785 \cdot 14^2 \cdot 20 \right) \cdot 7 = 8820 \text{ кг.}$$

Так как стержень со всех сторон окружен жидким металлом и испытывает давление снизу вверх, то это давление равно весу

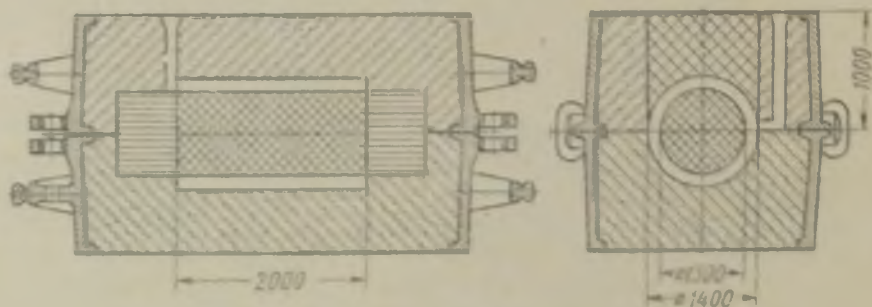


Рис. 60. К расчету давления жидкого металла на верхнюю опоку

жидкости, вытесненной стержнем. В нашем случае стержень испытывает давление

$$P_{ст} = \frac{\pi d^3}{4} l \gamma = \frac{3,14 \cdot 13^3}{3} \cdot 20 \cdot 7 = 18590 \text{ кг.}$$

где d — внутренний диаметр трубы, $d = 1,3$ м.

Давление стержня передается верхней опоке. Поэтому сила, с которой жидкий металл стремится поднять верхнюю опоку,

$$P = P_m + P_{ст} = 8820 + 18590 = 27410 \text{ кг.}$$

Для определения усилия, которое должно выдержать крепление опок, из полученной величины P нужно вычесть вес верхней опоки. Полученное усилие следует увеличить на 30—40%, так как при заливке металла необходимо учитывать гидравлический удар металла при заполнении формы.

ГЛАВА V

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОЙ ФОРМОВКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Машинная формовка применяется главным образом в серийном и массовом производстве и значительно реже в мелкосерийном и индивидуальном производстве. Машинная формовка осуществляется, как правило, в двух опоках: исключение составляет формовка в стопку.

Во всех случаях формовка на машинах производится по моделям, смонтированным на металлических плитах, что повышает точность отливок, а механизация основных трудоемких операций, уплотнения формы и извлечения модели полностью освобождает формовщиков от трудоемких ручных операций.

Машинная формовка по сравнению с ручной имеет ряд преимуществ: большая производительность, высокая точность отливок и, как следствие, меньшие припуски на механическую обработку, равномерность уплотнения формы, возможность выполнения работы формовщиками более низкой квалификации.

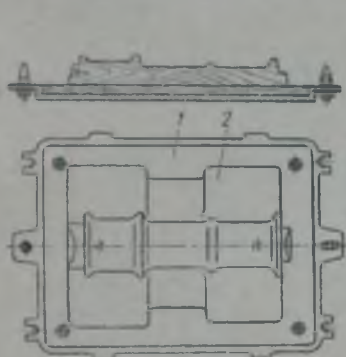


Рис. 61. Односторонняя модельная плита:

1 — плита; 2 — модель

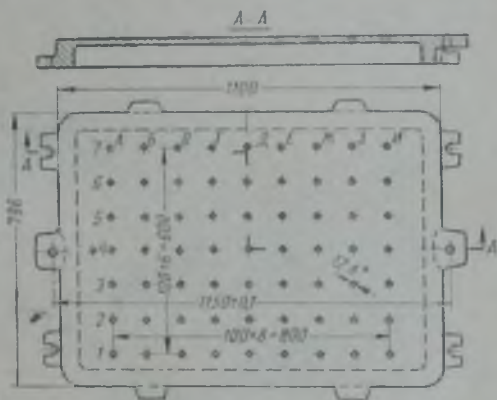


Рис. 62. Координатная модельная плита

Форма обычно состоит из двух полуформ: верхней и нижней. При изготовлении форм на машинах необходимо иметь модели, подмодельные плиты, спаренные стальные опоки, штыри. В массовом и крупносерийном производстве применяют металлические модели, в серийном производстве — деревянные модели, укрепленные на координатных плитах.

Для машинной формовки используют три типа модельных плит: 1) односторонние; на одной плите смонтирована нижняя часть модели, а на другой — верхняя часть модели; 2) двухсторонние: на одной стороне плиты смонтирована модель верха, а на второй — низа (формовка на одной машине); 3) реверсивные: нижнюю и верхнюю опоки формуют на одной плите, а при сборке верхняя опока поворачивается на 180°. На рис. 61, 62, 63 приведены различные модельные плиты.

Постоянное крепление моделей к плитам используется в массовом и крупносерийном производстве. Сборные модельные плиты, состоящие из вкладных плит с моделями, применяются в мелкосерийном производстве; координатные модельные плиты в индивидуальном и мелкосерийном производствах. Координатные плиты

имеют отверстия для установки модели и определения правильности ее положения. Отверстие на плите обозначают шифром, состоящим из буквы и цифры. С помощью этого шифра устанавливают модели на плите.

Технологический процесс изготовления литейных форм на машинах складывается из ряда операций. Основные операции — уплотнение формовочной смеси в опоке и извлечение модели из формы, определяют качество будущей отливки: наличие в ней засоров, газовых раковин, трещин, правильность геометрии, чистоту поверхности

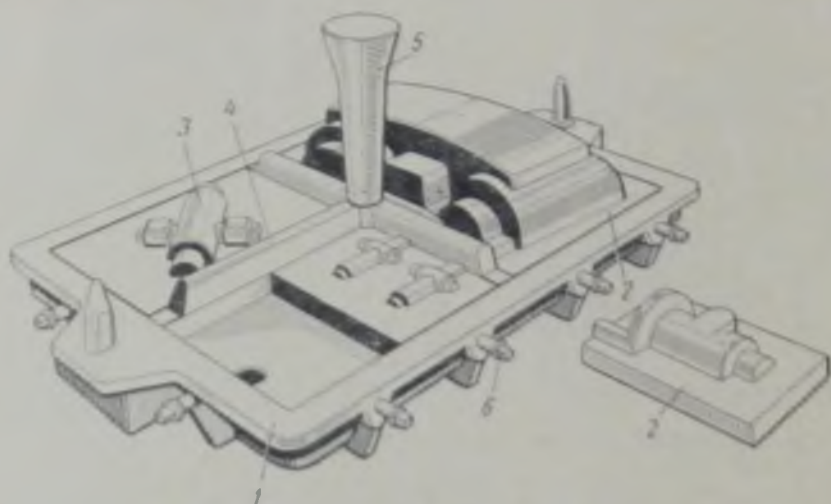


Рис. 63. Сборная модельная плита:

1 — основная плита; 2 — съемная модельная плита; 3 — модель; 4 — модель коллектора; 5 — модель стойки; 6 — упорные винты

Вспомогательные и транспортные операции (установка пустой опоки на машину, засыпка формовочной смеси в опоку, опрыскивание и обдувка модельной плиты, транспортировка готовых форм) выполняются специальными вспомогательными и транспортными механизмами машины.

В зависимости от степени механизации вспомогательных и транспортных операций различают механизированную формовку, когда рабочий вручную управляет работой механизмов, выполняющих основные, вспомогательные и транспортные операции, и автоматическую формовку, когда управление работой механизмов осуществляется машиной.

Наиболее трудоемкими и ответственными являются операции уплотнения литейной формы и извлечения модели.

Существует несколько методов уплотнения формовочных смесей на машинах: прессованием, прессованием с вибрацией, встряхиванием, встряхиванием с подпрессовкой, уплотнением песком, прессово-пескодутьный способ.

§ 2. УПЛОТНЕНИЕ ПРЕССОВАНИЕМ

Наиболее простым, производительным и экономичным является уплотнение форм прессованием: верхним или нижним.

Схемы верхнего и нижнего прессования. При верхнем прессовании на столе 1 (рис. 64, а) прессовой машины укрепляется модельная плита с моделью 2. На модельную плиту по штырям устанавливается опока 3 и наполнительную рамку 4. Выше наполнительной рамки расположена траверса 6 с прикрепленной к ней прессовой колодкой 5. Высота прессовой колодки равна высоте наполнительной рамки. При подъеме стола траверса неподвижна, а прессовая колодка входит внутрь наполнительной рамки, вы-

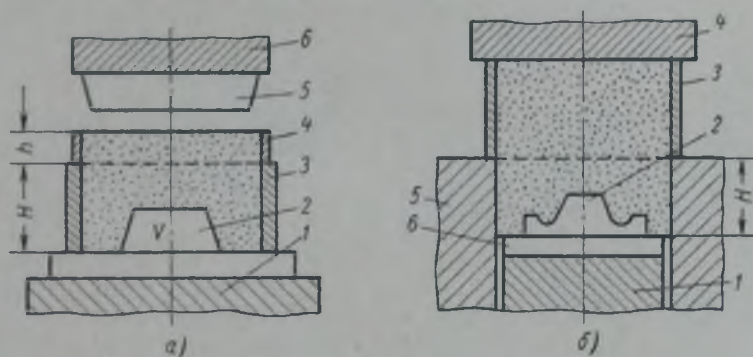


Рис. 64. Схема нижнего и верхнего прессования

тесняя из нее формовочную смесь в опоку. Нижняя плоскость колодки в конце прессования доходит до уровня верхней кромки опоки. На некоторых прессовых машинах опускается траверса с прессовой колодкой, а стол машины остается на месте.

При нижнем прессовании смеси (рис. 64, б) стол машины 1 с модельной плитой и моделью 2 может перемещаться вертикально относительно неподвижной рамки 5. Модель 2 с модельной плитой перед прессованием расположена ниже верхней плоскости рамки 5, на которую по штырям устанавливается опока 3. Снизу опоки делается запас формовочной смеси для прессования, объем V который определяется высотой слоя H и площадью опоки. Когда опока наполнена формовочной смесью, над ней устанавливают неподвижную траверсу 4. При подъеме стола смесь из рамки 5 впрессовывается в опоку снизу. Формовочная смесь в опоке прессуется модельной плитой 6, укрепленной на столе машины, при ее движении вверх. Ход стола должен быть равен высоте слоя смеси H , для того чтобы в конце прессования плоскость модельной плиты совпала с плоскостью разъема опоки.

Наиболее широко применяется способ верхнего прессования и верхней подпрессовки форм, так как при нижнем прессовании

вследствие попадания формовочной смеси между столом 1 и рамкой 5 быстро изнашиваются трущиеся поверхности. Кроме того, затруднена переналадка формовочных машин на другой размер опоки. Для получения заданной плотности формы необходимо подобрать высоту наполнительной рамки. При определении высоты наполнительной рамки (рис. 65) учитывают, что масса формовочной смеси до прессования равна массе смеси после прессования.

Введем обозначения: δ_0 , δ — плотность формовочной смеси соответственно до прессования и после прессования; F — площадь опоки в плане; H — высота опоки; h — высота наполнительной рамки; V — объем модели.

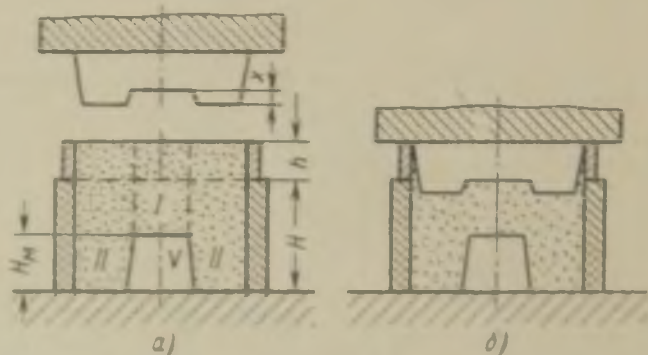


Рис. 65. Схема прессования профильной прессовой колодки:

а — до уплотнения; б — после уплотнения

Справедливым является равенство

$$F\delta_0(H+h) = F\delta H,$$

из которого находим высоту наполнительной рамки

$$h = H \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right).$$

Если же в опоке имеется модель, тогда высоту рамки h можно подсчитать по формуле:

$$[F(H-h) - V] \delta_0 = (FH - V) \delta,$$

откуда

$$h = \left(H - \frac{V}{F} \right) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right).$$

При уплотнении смеси происходит изменение плотности формовочной смеси. Плотность неуплотненной формовочной смеси обычно равна 1—1,1 г/см³, а уплотненной 1,4—1,6 г/см³.

Плотность формовочной смеси в различных местах формы определяется обычно методом высверливания (рис. 66). Опока 1 устанавливается на специальный стол, в соответствующее место устанавливается сверло 2, которое может вращаться и высверли-

вать определенный объем V формовочной смеси, последняя по лотку 3 ссыпается в чашку 4, а затем взвешивается. Зная массу G , легко определить плотность смеси

$$\delta = \frac{G}{V}.$$

Последовательным высверливанием объемов V и т. д. можно узнать зависимость плотности по высоте. Плотность формовочной смеси этим методом можно определить в различных местах по плоскости опоки. Способ трудоемкий и применяется только в исследованиях процесса уплотнения.

В производственных условиях измерение плотности заменяют измерением твердости поверхности формы твердомерами. Поверхность твердомера с выступающим шариком прикладывают к поверхности формы. При этом шарик твердомера диаметром 10 мм углубляется в форму лишь на некоторую величину в зависимости от твердости формы: чем тверже форма, тем меньше углубляется в нее шарик. Внутри прибора на шарик постоянно давит точно тарированная пружина с силой, равной 1 кг (9,81 н). Поэтому глубина погружения шарика в форму зависит только от твердости поверхности формы. Перемещение шарика передается на вращающуюся стрелку. Шкала твердомера разделена на 100 частей. Чем тверже форма, тем большую цифру показывает стрелка прибора. Твердость формы по делениям шкалы твердомера составляет при слабом уплотнении 25—30, среднем 50—60, сильном 70—80 и очень сильном 85—90 единиц.

Процесс уплотнения формовочной смеси в опоке прессованием можно представить следующим образом. Формовочная смесь состоит из зерен разных размеров, покрытых пленками раствора глины с водой и некоторых добавок. Между зернами формовочной смеси имеются поры. Весь процесс прессования можно условно разделить на два периода. В первый период прессования происходит пластическая деформация смеси за счет перемещения зерен относительно друг друга и разрушения отдельных комков, а также заполнения пор между зернами. Формовочная смесь приобретает однородную по плотности структуру, при которой большинство пор имеет одинаковые размеры.

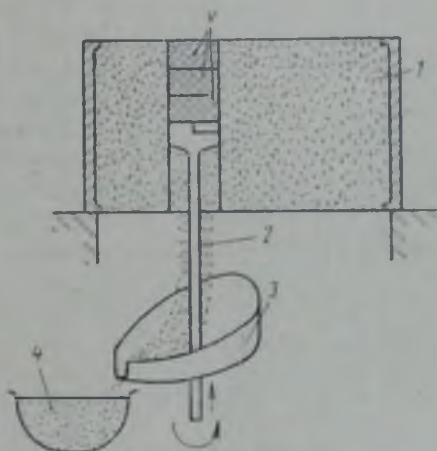


Рис. 66. Метод высверливания формовочной смеси после ее уплотнения

Во второй период прессования смесь уплотняется за счет взаимного перемещения песчинок и деформации их глино-водяных оболочек. Так как зерна и пленки обладают определенной упругостью, то деформации в этот период приобретают характер упругих деформаций. С повышением упругости смеси увеличивается боковое давление на стенки опоки и трение формовочной смеси о стенки опоки. Величина бокового давления составляет 30—40%

давления под колодкой. Вследствие этого уплотнение формовочной смеси идет неравномерно.

Н. П. Аксеновым была получена общая картина, характеризующая распределение плотности по высоте опоки при верхнем и нижнем прессованиях. Установлено, что плотность непрерывно уменьшается по мере удаления от пресовой колодки. Это объясняется трением смеси о стенки опоки. Наличием трения смеси о стенки опоки объясняется и значительно меньшая, чем в центре опоки, плотность формы у стенок опоки.

Н. П. Аксенов указывает, что чем выше опока, тем больше неравномерность распределения плотности по высоте. Поэтому с увеличением высоты формы средняя плотность уменьшается, а неравномерность уплотнения возрастает.

Л. Е. Комаров на основании большого числа опытов установил, что величина и характер распределения плотности в литейной форме зависят не от ее высоты H , а от отношения высоты уплотненной формы к ее наименьшему размеру B_{\min} в плане. При

величине $\frac{H}{B_{\min}} \leq 1 + 1,25$ плотность в центре формы распределяется равномерно. С увеличением этого отношения плотность формы распределяется неравномерно (рис. 67).

Приведенные данные относятся к уплотнению смесей в опоке без моделей. Если в опоке имеются модели, то за величину $\frac{H}{B_{\min}}$ принимают минимальное расстояние между моделью и опокой.

Исследованиями было установлено, что уплотнение формы зависит от величины трения формовочной смеси об опоку, давления, качества формовочной смеси и состояния модельно-опочной оснастки.

На основании проведенных исследований Н. П. Аксеновым была установлена эмпирическая зависимость средней плотности

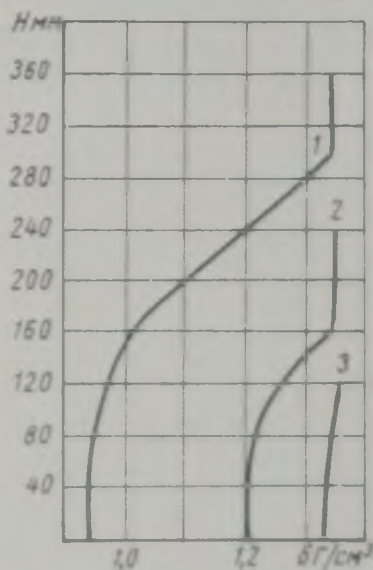


Рис. 67. Распределение плотности формы при уплотнении прессованием в зависимости от соотношения размеров опоки:

$$1 - \frac{H}{B_{\min}} = 4,03; \quad 2 - \frac{H}{B_{\min}} = 2,4; \quad 3 - \frac{H}{B_{\min}} = 1$$

Исследованиями было установлено, что уплотнение формы зависит от величины трения формовочной смеси об опоку, давления, качества формовочной смеси и состояния модельно-опочной оснастки.

На основании проведенных исследований Н. П. Аксеновым была установлена эмпирическая зависимость средней плотности

Исследованиями было установлено, что уплотнение формы зависит от величины трения формовочной смеси об опоку, давления, качества формовочной смеси и состояния модельно-опочной оснастки.

Исследованиями было установлено, что уплотнение формы зависит от величины трения формовочной смеси об опоку, давления, качества формовочной смеси и состояния модельно-опочной оснастки.

На основании проведенных исследований Н. П. Аксеновым была установлена эмпирическая зависимость средней плотности

литейной формы от давления в пределах $1-4 \text{ кг/см}^2$ ($0,1-0,4 \text{ Мн/м}^2$):

$$\delta_{cp} = 1 + C\rho^{0,25},$$

где δ_{cp} — средняя плотность формовочной смеси в форме;

p — давление прессования (под колодкой);

C — опытный коэффициент уплотнения, зависящий от размера формы и качества формовочной смеси.

Для преодоления трения формовочной смеси о стенки опоки и модели и достижения равномерного уплотнения формы принимают различные меры: повышают давление прессования, применяют вибрацию во время прессования, используют специальные формовочные смеси, применяют различные технологические приемы, многоколодочное (дифференциальное) прессование, прессование резиновой диафрагмой.

Для получения равномерного уплотнения формы прессованием при низких и средних давлениях часто применяют профильные колодки, размеры выступов которых делают в соответствии с моделью (см. рис. 65). Высоту выступов x профильной колодки можно определить так: в соответствии с обозначениями для столба смеси I можно написать формулу

$$h = (H - H_m) \left(\frac{\delta}{\delta_m} - 1 \right),$$

а для столба II

$$h + x = (H - x) \left(\frac{\delta}{\delta_m} - 1 \right). \quad (5)$$

Затем подставим в формулу (5) выражение для h и после соответствующих преобразований получим

$$x = H_m \left(1 - \frac{\delta_m}{\delta} \right).$$

Кроме того, при прессовании применяют вибрацию. Вибрация уменьшает трение формовочной смеси о стенки опоки вследствие образования зазора между смесью и опокой, что позволяет достичь равномерной плотности формы.

На рис. 68 приведены сравнительные данные, характеризующие влияние вибрации на уплотнение формы (опоки $300 \times 300 \times 600 \text{ мм}$), из которых видно, что прессование с одновременной вибрацией увеличивает равномерность уплотнения формы.

В Ленинграде на заводе им. Кирова литейные формы изготавливают на гидравлических прессах инж. И. С. Исаева мощностью 50, 200, 400, 2000 т.

На быстроходном прессе мощностью 50 000 кг изготавливают формы по-сырому по деревянным и металлическим моделям, смонтированным на металлических плитах. Твердость форм достигала 70—75. Схема уплотнения литейной формы на гидравлическом прессе приведена на рис. 69.

На стальную стационарную плиту устанавливают деревянную или металлическую плиту 1. В гнездо плиты помещают вкладыш с деревянной или металлической моделью 2. Такая наборная плита позволяет производить быструю смену моделей на модельных плитах.

На модельную плиту 1 устанавливают опоку 3 с дополнительной рамкой 4. Плита подается толкателем под бункер для заполнения опоки и рамки формовочной смесью.

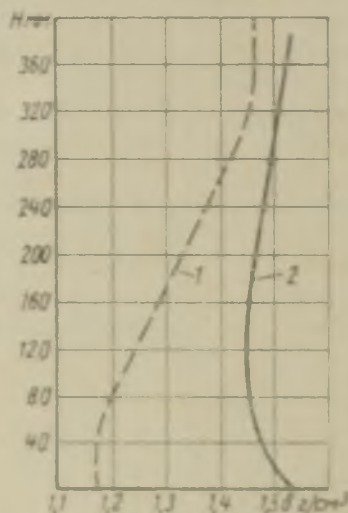


Рис. 68. Распределение плотности по высоте формы при уплотнении:

1 — без вибрации, 2 — с вибрацией

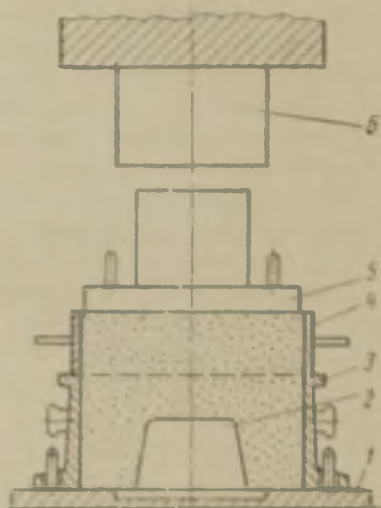


Рис. 69. Схема изготовления формы на гидравлическом прессе

После заполнения формовочной смесью и установки на нее специальной прессовой колодки 5, модельную плиту с опокой передвигают под пресс 6. Затем после прессования опоку из-под пресса выталкивают толкателем на другую сторону стола, где снимают прессовую колодку 5 и дополнительную рамку 4. Также опоку 3 снимают с модельной плиты 1 и поворачивают на 180°.

Вкладыш с моделью вынимают из формы и устанавливают в гнездо модельной плиты, которая толкателем возвращается под бункер.

Форму собирают и по рольгангу подают на заливочный участок.

Продолжительность прессования одной формы в опоке высотой 350 мм составляет 1 мин. Отливки получают более точные и чистые по сравнению с формовкой этих же отливок на встряхивающих машинах.

Кроме гидравлических прессов, применяются также рычажные и клинорычажные пневматические формовочные прессы.

Недостатком всех прессующих формовочных машин является неравномерное уплотнение формовочной смеси, особенно по вы-

соте формы. В этой связи перспективным методом является прес-сование, осуществляемое эластичной диафрагмой.

На рис. 70 приведена схема уплотнения формовочной смеси резиновой диафрагмой. К таким машинам относят пневматические машины с диафрагмой системы «Таккон» США. В этом случае процесс уплотнения форм отличается тем, что сжатый воздух, поступая под диафрагму, осуществляет равномерное давление на формовочную смесь со всех сторон. Это позволяет достичь вы-

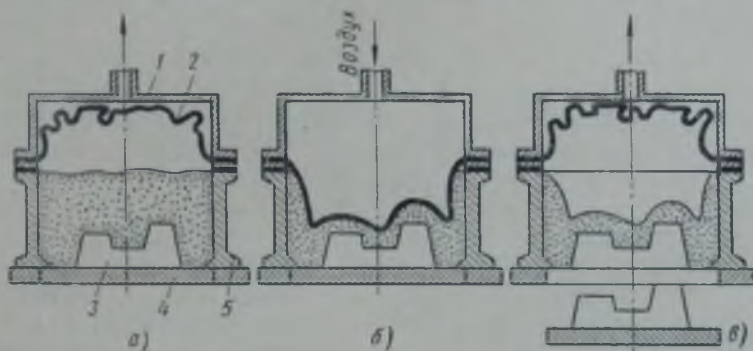


Рис. 70. Схема уплотнения формовочной смеси резиновой диафрагмой:

а — перед началом прессования; б — прессование; в — выхлоп, подъем диафрагмы, вытяжка модели; 1 — кожух; 2 — резиновая диафрагма; 3 — модель; 4 — модельная плита; 5 — опока

сокой и равномерной плотности формы во всех ее местах. На таких машинах можно изготовлять и оболочковые формы из быстротвердеющих смесей с последующей продувкой углекислым газом. Отливки с повышенной точностью размеров на машинах с диафрагменным уплотнением можно получать при давлении 7 кг/см^2 ($0,7 \text{ Мн/м}^2$). На подобных машинах можно изготовлять от 50 до 270 форм в час. Недостатком таких машин является низкая стойкость диафрагмы, последняя обычно не превышает 60 000 съемов. Несмотря на недостатки, эти машины широко применяются в США.

§ 3. УПЛОТНЕНИЕ ВСТРЯХИВАНИЕМ

На столе формовочной машины крепится модельная плита, на нее ставится опока и заполняется формовочной смесью. Стол машины поднимается на высоту 50—60 мм и, падая, ударяется о станину машины. Кинетическая энергия при ударе переходит в работу уплотнения формовочной смеси в опоке. В результате повторных ударов происходит уплотнение формовочной смеси. Число ударов в минуту 120. Продолжительность встряхивания обычно 15—20 сек.

Работа уплотнения формы при встряхивании

$$A = \eta Qhn,$$

где Q — вес формовочной смеси;

h — высота подъема стола;

n — число ударов;

η — коэффициент использования энергии, для пневматических формовочных машин равен 0,3—0,7.

Удельная работа уплотнения, затрачиваемая на 1 см² площади опоки F ,

$$a = \frac{Q}{F} \eta hn.$$

Н. П. Аксенов предложил эмпирическую формулу для определения среднего уплотнения формы δ в зависимости от величины удельной работы:

$$\delta = 1 + ka^{0,3},$$

где k — опытный коэффициент уплотнения встряхиванием, зависит от размеров формы и качества формовочной смеси, $k = 0,35 \div 0,55$.

Распределение плотности смеси в форме при уплотнении встряхиванием неравномерно. Слой смеси, лежащий у модельной плиты, гораздо более уплотнен, чем лежащий в верхней части формы. Так происходит потому, что при ударе каждый

Рис. 71. Распределение плотности смеси по высоте формы с моделью при уплотнении встряхиванием

верхний слой воздействует на нижний. По этой причине верхние слои формы имеют малую плотность, практически равную насыпному весу смеси, что не обеспечивает требуемой прочности формы. Особенно большая неравномерность уплотнения формы возникает вблизи углов модели (рис. 71).

При сопоставлении встряхивания и прессования следует отметить, что наряду с такими недостатками, как быстрый износ трущихся частей машины, очень большой шум, необходимость дополнительного уплотнения верхней части формы, возможность переуплотнения в нижней части формы, образование рыхлоты на вертикальных поверхностях около углов и т. д., уплотнение встряхиванием имеет существенное преимущество — возможность уплотнения форм большой высоты. Поэтому уплотнение форм встряхиванием широко применяется в литейных цехах.

В промышленности эксплуатируются встряхивающие формовочные машины различных типов: с допрессовкой, с поворотной или откидной траверсой типа 271 применяют для изготовления небольших по размеру верхних полуформ, с допрессовкой с поворотным

столом типа 253М применяют обычно для изготовления нижних полуформ; с перекидным столом типа 231 применяют для изготовления крупных форм. На встряхивающих столах изготавливают особо крупные формы.

Схема встряхивающей с допрессовкой формовочной машины типа 271 приведена на рис. 72. На таких машинах изготавливают небольшие (500 × 400 × 200 мм) формы. Перед формовкой модель обдувают сжатым воздухом и опрыскивают керосином или составом из 50% керосина и 50% мазута. Затем устанавливают опоку 9 на подмодельную плиту 8 машины. Наполняют ее из бункера формовочной смесью, включают встряхивающий механизм машины и уплотняют смесь в опоке. По окончании встряхивания устанавливают дополнительную рамку, досыпают смесь и допрессовывают. Затем счищают излишки формовочной смеси. После этого включают механизм съема опоки. Для облегчения съема формы с модельной плиты одновременно с механизмом съема включается вибратор, установленный на плите. После съема со стола машины полуформу осматривают, продувают сжатым воздухом и отправляют на сборку.

Для формовки нижних опок применяются формовочные машины модели 333, 253М, 254, 255. Они работают в паре с машинами, применяемыми для формовки верхних опок. Производительность этих машин от 50 до 60 опок в час.

В последнее время в НИИЛитмаш разработаны новые модели формовочных машин для изготовления нижних полуформ: 94265А, 94265, 94267 и 94267А.

Изготовление нижних полуформ на встряхивающей машине с поворотным столом и подпрессовкой. Встряхивающая формовочная машина типа 253М (рис. 73) имеет прессовый цилиндр, встроенный в станину. Прессовый поршень является одновременно цилиндром встряхивающего механизма. При пуске машины прессовый поршень поднимается, соединяет встряхивающий механизм с воздушной магистралью. Сжатый воздух поступает под встряхива-

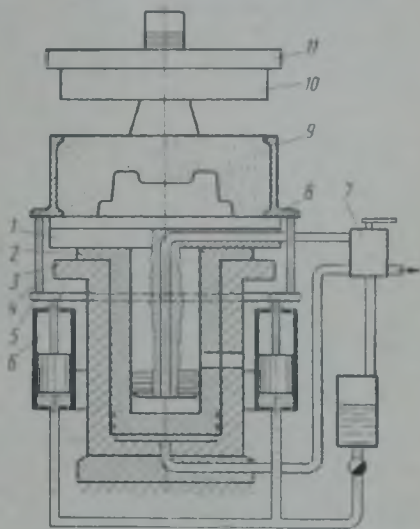


Рис. 72. Схема работы встряхивающей формовочной машины с допрессовкой:

1 — встряхивающий поршень; 2 — цилиндр встряхивающего поршня, он же прессовый поршень; 3 — цилиндр прессового поршня; 4 — штифт для съема опоки; 5 — уравнивательная связь; 6 — цилиндр механизма вытяжки; 7 — клапан управления; 8 — модельная плита с моделью; 9 — опока; 10 — прессовая колодка; 11 — траверса

ющий поршень и начинается уплотнение формы встряхиванием. Затем срезают лишнюю смесь с опоки механическим скребком; накладывают на опоку подпочный щиток и пневмозажимами закрепляют их на столе. Специальным механизмом стол с полуформой поворачивается на 180° . Включают механизм прессования и подпрессовывают форму. Затем автоматически срабатывают пневмозажимы и освобождают опоку от щитка. Готовую полуформу сталкивают с прессового стола на рольганг сборки. Поворотный стол возвращается в исходное положение.

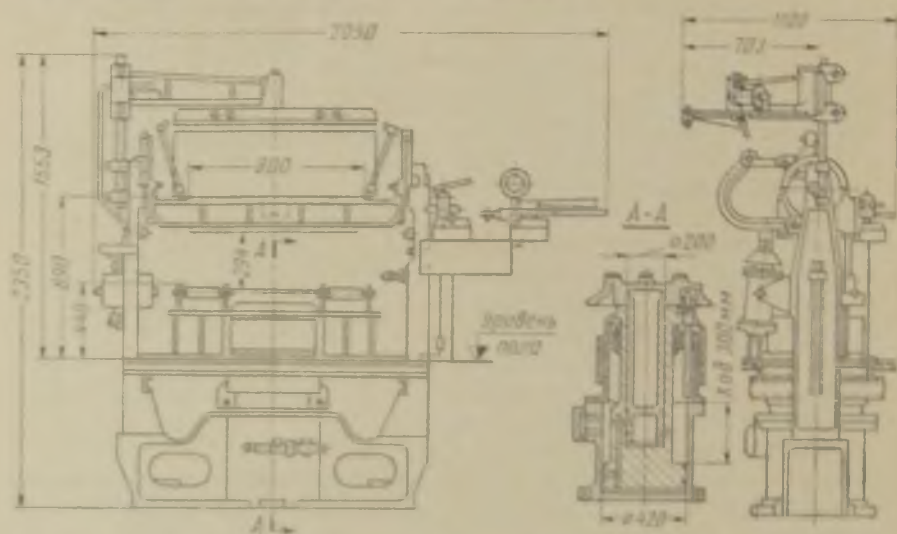


Рис. 73. Встряхивающая формовочная машина 253М

На машине такого типа уплотняют нижние полуформы для отливки тормозного барабана (рис. 74).

Верхняя полуформа для отливки тормозного барабана ЗНЛ-130 изготавливается на встряхивающей машине с рамочным съемом (рис. 75).

При изготовлении верхней полуформы для отливки тормозного барабана ЗНЛ-130 используются встряхивающие с допрессовкой формовочные машины с рамочным съемом.

На столе машины установлена плита с моделью 2. Уплотнение смеси в опоке 3 осуществляется встряхиванием. Уплотненная форма 4 (рис. 75, а) допрессовывается плитой 5 (рис. 75, б). После допрессовки полуформы стол машины 1 (рис. 75, а) опускается вместе с модельной плитой 6 и моделью 2, а верхняя полуформа 4 остается на протяжной рамке 7. Затем полуформа 4 снимается с протяжной рамки и подается на сборку формы.

Формовка на встряхивающих машинах с перекидным столом. Формовка крупногабаритных и высоких опок производится на

машинах с перекидным столом. Формовочная смесь уплотняется только встряхиванием без дополнительного прессования. Верхние слои формовочной смеси уплотняют ручными пневматическими

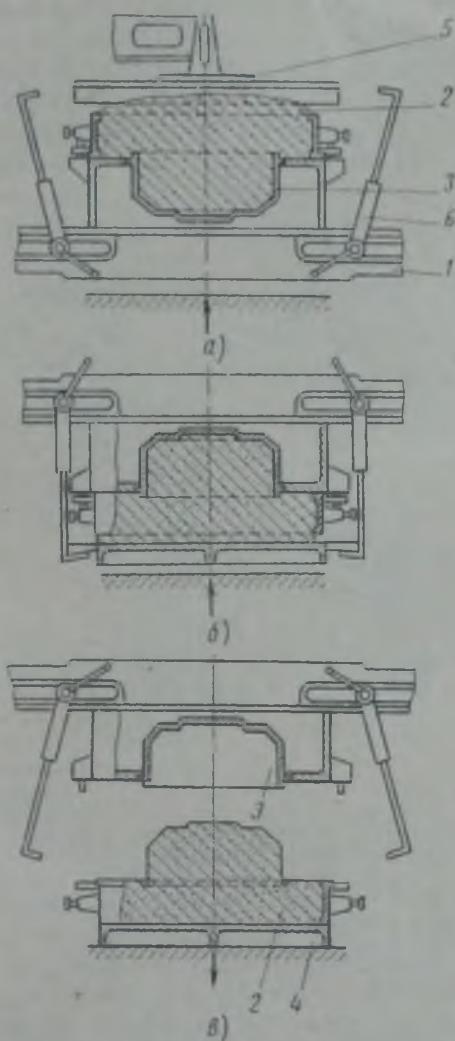


Рис. 74. Схема уплотнения полуформ на машине 253М:

a — встряхивание; *б* — прессование;
в — съем модели; *1* — поворотный стол;
2 — опока с формовочной смесью; *3* — модель;
4 — щиток; *5* — механический скребок; *6* — пневмозажимы

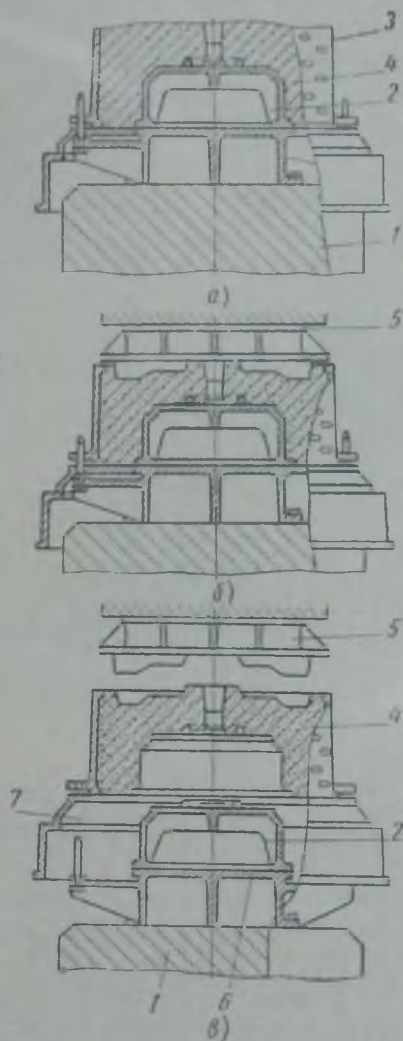


Рис. 75. Схема изготовления верхней полуформы для отливки тормозного барабана

трамбовками. Размеры опок на машинах с перекидным столом до $300 \times 200 \times 600$ мм. Эти машины часто применяют для формовки круглых стержней.

На рис. 76 приведена схема работы формовочной машины модели 231 с перекидным столом. Машина этой конструкции состоит из трех основных частей: встряхивающего механизма, перекидного и приемно-вытяжного столов. Эти машины обычно снабжены клапаном времени встряхивания. Опока устанавливается на модельную плиту машины (рис. 76, а); модель обдувается сжатым воздухом и опрыскивается смесью керосина с мазутом. Опока наполняется формовочной смесью из бункера. Включается встряхи-

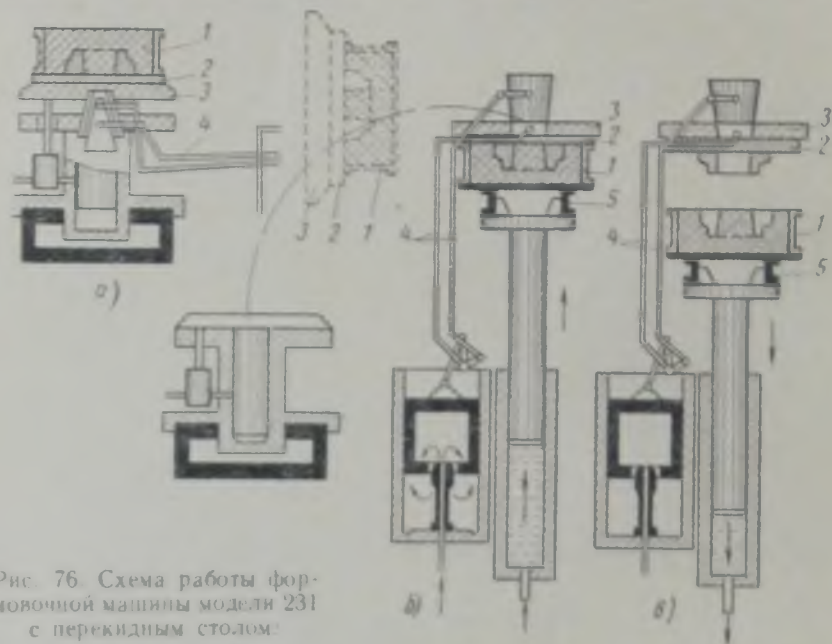


Рис. 76. Схема работы формовочной машины модели 231 с перекидным столом:

а — встряхивание; б — поворот стола с опокой; в — вытяжка модели; 1 — опока; 2 — модельная плита; 3 — перекидной стол; 4 — рычаги; 5 — приемное устройство

вающий стол и смесь в опоке уплотняется, а затем с помощью пневматических трамбовок подуплотняют верхний слой полуформы. После этого на опоку устанавливается деревянный подоплочный щиток и крепится к столу пневматическими зажимами, скобами или клиньями. Включается механизм поворота стола, опока поворачивается и устанавливается на стол приемно-вытяжного механизма (рис. 76, б). Опока отсоединяется от стола, включается вибратор и вытяжной стол вместе с опокой медленно опускаются; модель извлекается из формы (рис. 76, в). Заформованная опока подается на приемный рольганг, и перекидной стол возвращается в исходное положение.

Безопочная формовка. При массовом производстве мелких (от 0,1 до 3 кг) несложных отливок с целью уменьшения числа опок на конвейере применяют безопочную формовку. Безопочная формовка обычно производится по двухсторонним модельным

плитам на одной формовочной машине. При этом способе формовки используют специальные опоки, которые снимают с формы после ее уплотнения. Перед заливкой на форму надевают особые жакеты для предохранения формы от разрушения во время заливки. Наиболее распространенные размеры безопочных форм 400×250 ; 400×300 ; 450×300 и 450×350 мм при высоте полуформы 150 мм. Формовку начинают с изготовления нижней опоки. Подмодельная двухсторонняя плита (рис. 77, а) лежит на перевернутой верхней съемной опоке. На плите стоит также перевернутая нижняя опока. После уплотнения нижней опоки на нее накладывают подопочный щиток (рис. 77, б). Обе опоки с мо-

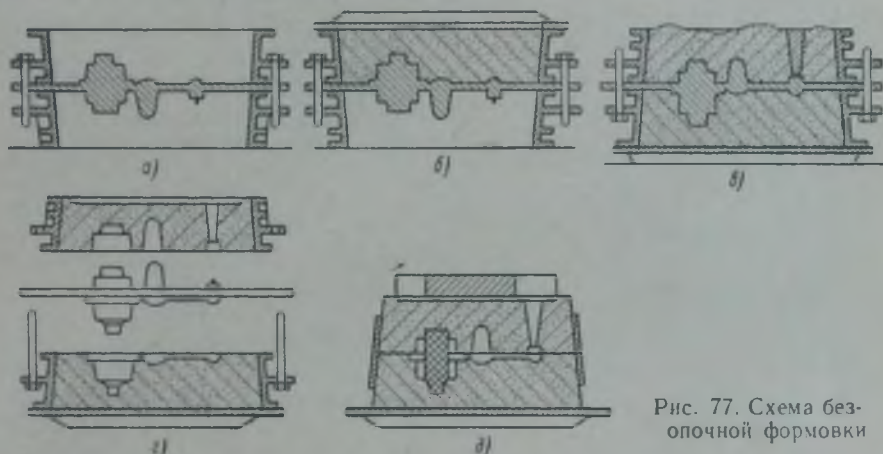


Рис. 77. Схема безопочной формовки

дельной плитой и щитком переворачивают и уплотняют верхнюю опоку (рис. 77, в). Перед уплотнением верхней и нижней полуформ модельная плита очищается от приставшей к ней формовочной смеси сжатым воздухом и обе стороны плиты опрыскиваются разделительной смесью (керосином, мазутом).

Если по технологическому процессу применяется облицовочная смесь, то обе половины плиты покрываются облицовочной смесью. Формы уплотняются на встряхивающих с допрессовкой формовочных машинах модели 271. После уплотнения разбирают форму, для чего снимают щиток и поднимают верхнюю опоку с модельной плиты и извлекают модель стояка, а с нижней опоки снимают модельную плиту (рис. 77, г). Затем в нижнюю полуформу ставят стержни, накрывают ее верхней, после чего безопочную форму на щитке передают на заливку, где на нее надевают жакет и кладут груз в виде чугунной плиты (рис. 77, д).

Для предохранения от сдвига верхней полуформы относительно нижней, а также прорыва металла по разъему формы на модельных плитах для безопочной формовки делают уступы с замком высотой 10 мм и уклоном 45° . Уступ делается в верхней опоке для того,

чтобы облегчить вес полуформы и упростить съем ее с модельной плиты. В последнее время для облегчения труда формовщиков применяют раздельную формовку верхней и нижней полуформ на двух отдельных формовочных машинах по односторонним модельным плитам.

Стопочная формовка. Основным преимуществом стопочной формовки является экономия формовочных площадей. Наиболее распространена формовка в опоках; возможна также и формовка в разъемных рамках и стержнях. Готовые полуформы собираются в стопки (рис. 78), устанавливаемые на специальном поддоне, и заливаются через общий стояк. При стопочной заливке со ступен-

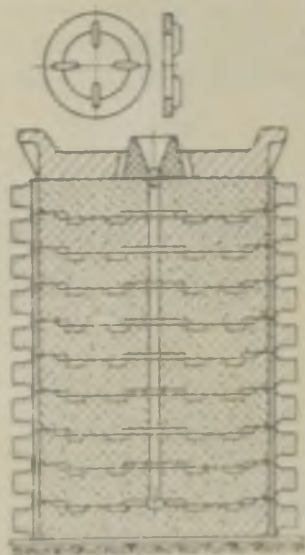


Рис. 78. Формы, собранные в стопку

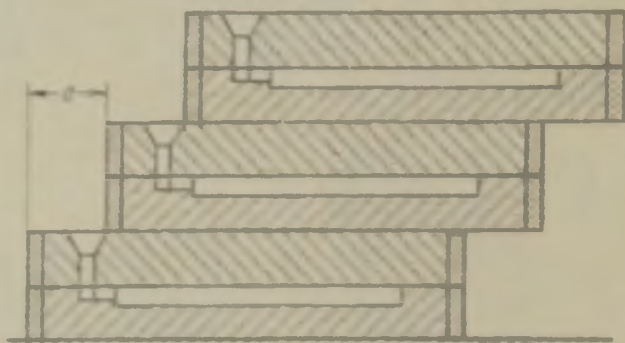


Рис. 79. Схема стопочной ступенчатой установки форм

чатой установкой форм (рис. 79) последние изготовляют и собирают обычным путем, но для экономии площади три-четыре формы устанавливают друг на друга. Каждая вышележащая форма сдвинута относительно нижележащей на расстояние a , зависящее от размера литниковой чаши. Каждая форма заливается отдельно через свой стояк.

§ 4. УПЛОТНЕНИЕ ПЕСКОМЕТОМ

Основным рабочим органом пескомета является метательная головка (рис. 80). Головка имеет корпус-кожух 1, внутри которого на валу 2 насажен ротор с метательной лопаткой 4. Формовочная смесь через отверстие в торцевой стенке кожуха подается ленточным транспортером 3 внутрь головки пескомета. Вал 2 с ротором и метательной лопаткой 4 вращается (1450 об/мин). Метательная лопатка, захватывая порцию формовочной смеси (пакеты), с большой скоростью (до 16—30 м/сек) выбрасывает эти пакеты через окно 5, практически непрерывной струей. Падая в опоку, пакеты формовочной смеси ударяются о модель и модельную плиту, уплотняются за счет кинетической энергии движения. Для обеспечения требуемого уплотнения формовочной смеси в опоке необ-

ходимо метательную головку равномерно перемещать над опокой, что требует определенных навыков рабочего. При достаточном навыке пескомет обеспечивает равномерную плотность. Метательная головка пескомета закреплена на малом рукаве пескомета (рис. 81), который может вращаться вокруг вертикальной оси, закрепленной на конце большого рукава пескомета. Большой рукав пескомета может поворачиваться практически на 320° вокруг вертикальной колонны, укрепленной на тумбе пескомета. Такая конструкция пескомета позволяет обслуживать значительную площадь. Малый и большой рукава пескомета приводятся специальными гидравлическими устройствами, что облегчает труд рабочего.

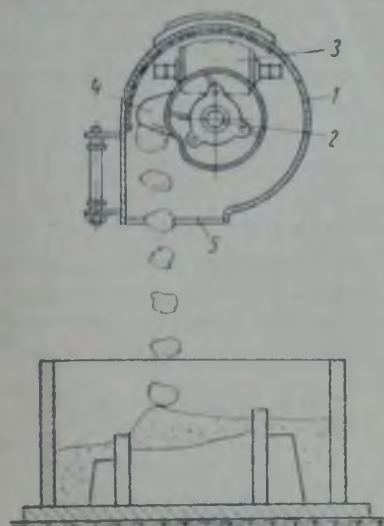


Рис. 80. Схема головки пескомета

В отличие от встряхивающих и прессовых формовочных машин пескомет осуществляет сразу две операции: подачу формовочной смеси в опоку и ее уплотнение. Пескомет является высокопроизводительной машиной — $3-12,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ уплотненной формовочной смеси. Поэтому целесообразно пескомет применять для уплотнения крупных и особо крупных форм в опоках размерами в свету более $700 \times 600 \text{ мм}$ и вы-

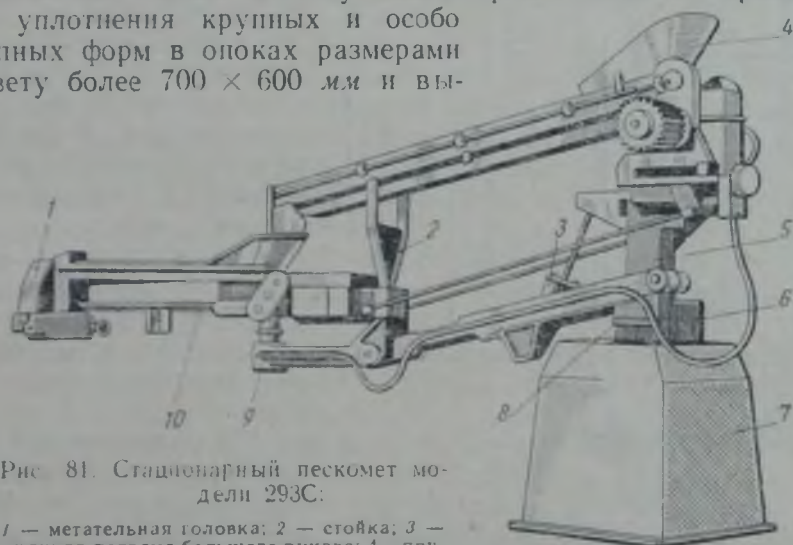


Рис. 81. Стационарный пескомет модели 293С:

1 — метательная головка; 2 — стойка; 3 — цилиндр подъема большого рукава; 4 — приемная воронка; 5 — вертикальная колонна; 6 — упор; 7 — станина пескомета; 8 — стойка большого рукава; 9 — ось поворота малого рукава; 10 — малый рукав

сотой более 150 мм . Пескометы бывают двух типов: стационарные моделей 292, 293, 294 и передвижные 295, 296. Стационарные песко-

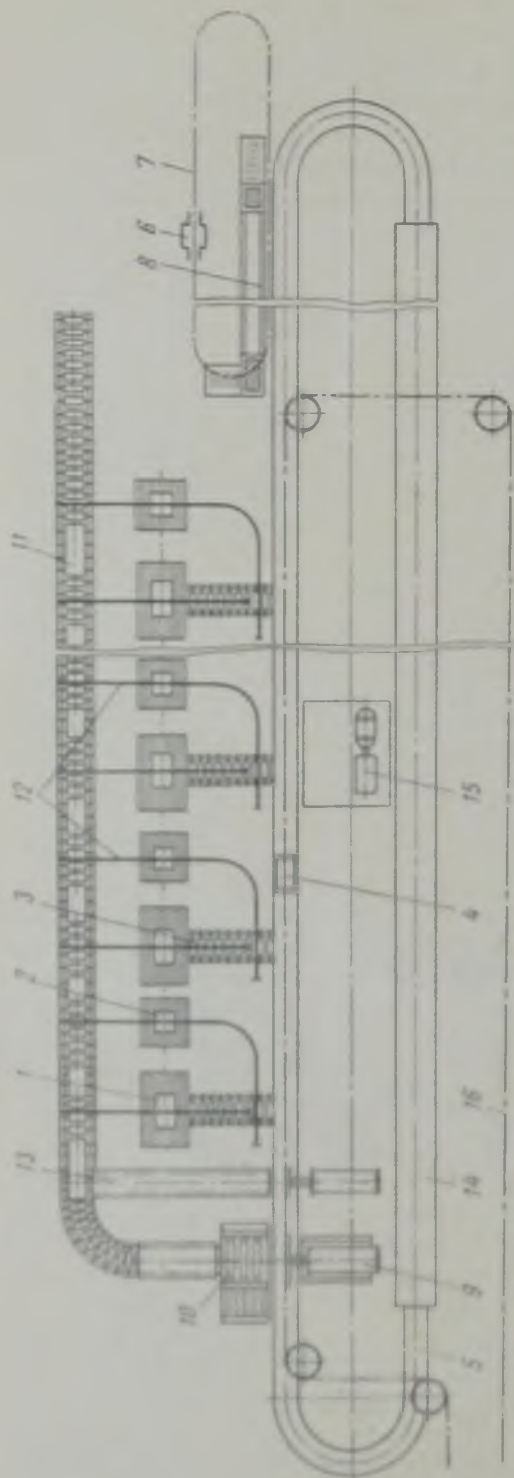


Рис. 82. Схема горизонтально-замкнутого литейного конвейера

меты на колонне (рис. 81) обычно устанавливаются так, чтобы максимально использовать зону, обслуживаемую пескометом. Передвижные пескометы могут перемещаться по рельсам вдоль пролета цеха и уплотнять опоки, установленные вдоль него. Управление пескометом обычно автоматизировано: пескомет обслуживает, как правило, один рабочий формовщик.

§ 5. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ФОРМОВОЧНОМ ОТДЕЛЕНИИ

В современных формовочных отделениях поточно-массового производства отливок широко внедряется комплексная механизация и автоматизация, охватывающая все этапы технологического процесса получения форм. В литейных цехах массового и крупносерийного производства работу отделений объединяют в единый производственный поток, осуществляемый на литейном конвейере или же на автоматической формовочной линии.

На рис. 82 приведена схема современного литейного конвейера, наиболее часто применяемого в литейных цехах мелкого и среднего литья. Формы изготавливаются на формовочных машинах 1 (формовка

нижних полуформ) и 2 (формовка верхних полуформ), затем собираются на рольгангах 3, после чего сталкиваются на платформы 4 конвейера 5, который доставляет их в заливочное отделение. Формы заливаются из ковша 6, наполняемого расплавленным металлом из вагранки и доставляемого по монорельсу 7 к подвижной заливочной площадке 8. Залитые формы проходят через охлаждающее устройство 14, а затем сталкиваются толкателями 9 на выбивную решетку 10.

Выбитая из опок формовочная смесь проваливается через решетку и ленточным транспортером, расположенным ниже уровня пола литейного цеха, доставляется на переработку в смесеприготовительное отделение. Пустые опоки после выбивки подаются по рольгангу 11 к формовочным машинам для повторного использования. Отливки проваливаются в люк выбив-

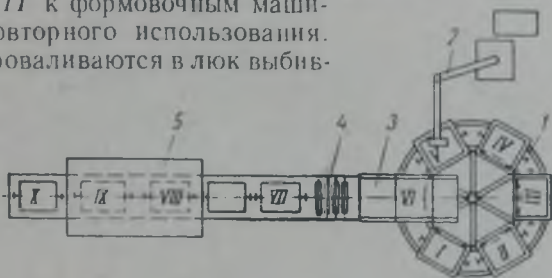


Рис. 83. Механизированная поточная линия пескометной формовки ЭЗТМ

ной решетки и пластинчатым транспортером передаются в очистное отделение. Опоки ставятся на формовочные машины пневматическими подъемниками,двигающимися по монорельсу 12. Подопочные щитки с конвейера подаются ленточным транспортером 13 на рольганг для подачи пустых опок 11, а затем к формовочным машинам 1 и 2. Конвейер приводится в движение приводной станцией с электродвигателем 15.

Формовочная смесь из смесеприготовительного отделения к формовочным машинам доставляется ленточными транспортерами, расположенными над рабочими местами. При этом смесь поступает в бункеры, из которых затем подается в опоки. Стержни из стержневого отделения к местам сборки форм на этажерках транспортируются подвесным конвейером 16.

Механизированная поточная линия пескометной формовки. На Электростальском заводе тяжелого машиностроения построена и работает механизированная поточная линия (рис. 83) изготовления крупных форм. Линия состоит из карусели 1, пескомета 2, кантователя 3, рольганга 4 и установки 5 для подсушки форм. На конвейере перемещается шесть тележек, на которые установлены модельные плиты и опоки. Тележки перемещаются по рельсам с помощью гидравлического привода.

На позиции *I* на координатную плиту устанавливают модель, ее натирают смесью серебристого графита с керосином. На позиции *II* на координатную плиту ставят опоку и наносят слой облицовочного состава по плоскости разреза полуформы. Первую и вторую позиции обслуживает консольный кран. На позиции *III* на ребра опоки навешивают крючки и уплотняют слой облицовочного состава. На позиции *IV* уплотняют опоку формовочной смесью. На позиции *V* подтрамбовывают верх полуформы, удаляют излишнюю формовочную смесь, накалывают иглой вентиляционные каналы, удаляют модели выпоров и прибылей.

На позиции *VI* кантуют полуформы и извлекают из них модели. Повернутая полуформа по наклонному рольгангу кантователя

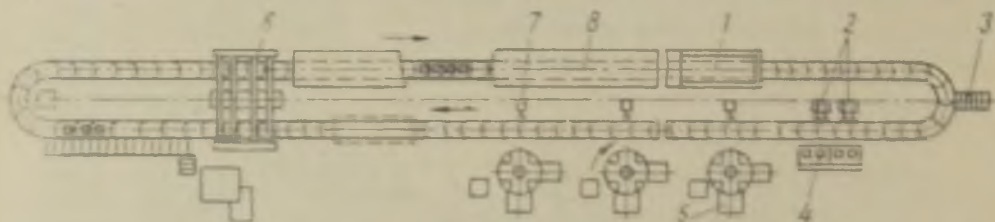


Рис. 84. Автоматическая линия для формовки и выбивки опок Подольского механического завода им. Калинина

скатывается на механизированный рольганг. На позиции *VII* отделяют полуформы, окрашивают и готовят к подсушке. На позициях *VIII* и *IX* производится подсушка формы в сушильной установке. Сушильная установка имеет две позиции. На позиции *X* полуформы снимаются с механизированного рольганга мостовым краном и транспортируются для сборки на плацу. На случай отсутствия крана предусмотрена резервная позиция. На этой линии формуют опоки длиной 2000—3000 мм, шириной 1000—2500 и высотой 300—900 мм. Максимальная масса полуформы 2000 кг, ход вытяжки модели (при высоте опоки 900 мм) — 630 мм. Производительность линии 4 полуформы в час. Производительность пескомета марки 296М — 20 м³ формовочной смеси в час. Скорость перемещения полуформы по рольгангу — 8 м/мин; скорость поворота кантователя 0,5 об/мин; продолжительность перемещения тележек карусели с одной позиции на другую 60—70 сек.

Формовочная автоматическая линия для формовки и выбивки опок. На Подольском механическом заводе им. Калинина работает автоматическая линия для формовки и выбивки опок АЛФ-2 (рис. 84). Линия состоит из литейного конвейера, приводимого в движение пульсирующим приводом *1*, формовочных агрегатов *5*, переключателя грузов *6* и пульта управления. Пройдя через охлаждающую камеру *8*, четыре рядом стоящие на конвейере залитые опоки во время паузы в движении конвейера подаются толкателем *2* на приемный стол гидравлического пресса *4* с четырьмя

головками для одновременного выдавливания из опок формовочной смеси и отливок. Выбитые формы попадают на решетку. Горелая смесь поступает в смесеприготовительное отделение цеха, а отливки направляются пластинчатым транспортером 3 в обрубное отделение. Пустые опоки подаются толкателями 7 на формовочные автоматы 5. Формовочный автомат одновременно прессует верхнюю и нижнюю опоки по двухсторонней модельной плите, сборка форм производится на автомате без кантовки нижней опоки. Готовая собранная форма сталкивается на конвейер. Точность установки формы на площадке обеспечивается специальным устройством — кондуктором. Грузы укладываются на формы перекладчиком 6. После заливки формы металлом этим же перекладчиком

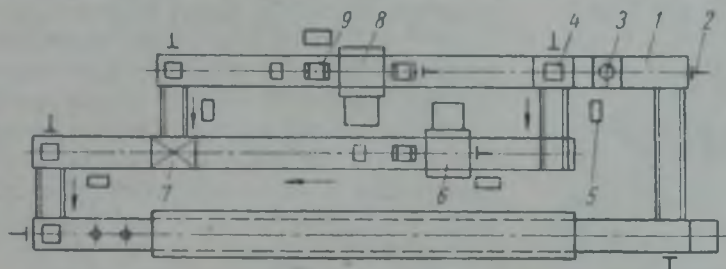


Рис. 85. Схема автоматической формовочной линии завода Ростсельмаш

снимается груз с залитой опоки. Производительность автоматической формовочной линии 880 форм в час, размер опок $420 \times 278 \times 80$ мм. Давление прессования 5 кг/см^2 (500 кн/м^2).

Автоматическая линия изготовления литейных форм. В литейном цехе серого чугуна завода Ростсельмаш внедрена комплексно-автоматизированная линия изготовления литейных форм. В состав линии входят: две линии автоматической формовки; установки для автоматического распределения формовочных смесей по бункерам к формовочным автоматам; литейный вертикально-замкнутый конвейер; автоматическая установка для нагружения форм перед заливкой и автоматическая установка для выбивки форм.

Работа на этой автоматической формовочной линии производится следующим образом. После заливки и охлаждения форма с конвейера 1 (рис. 85) сталкивается толкателем 2 на выбивную установку 3. Выбивка форм осуществляется методом продавливания, т. е. специальная плита опускается на полуформу и выжимает из опоки смесь и отливки. Формовочная смесь с отливками падает на вибрационную решетку, находящуюся ниже уровня пола. С решетки отливки попадают в галтовочный барабан, где отбиваются литники от отливок и очищаются от приставшей формовочной смеси, а затем отливки поступают в очистное отделение для их очистки. С выбивной установки опоки по рольгангу подаются к распаровщику опок 4. Опоки в распаровщике по заданию

командоконтроллера 5 поднимаются подъемным механизмом и разжимают подпружиненные ползки-захваты, на которые затем опирается буртик верхней опоки. При обратном ходе подъемного механизма нижняя опока опускается на рольганг и проходит на участок изготовления нижних полуформ. На ее место в распаровщик входят следующие спаренные опоки. Верхняя опока с ползков-захватов распаровщика подается сталкивателем в формовочный автомат 6 и выталкивает с его ползков готовую верхнюю

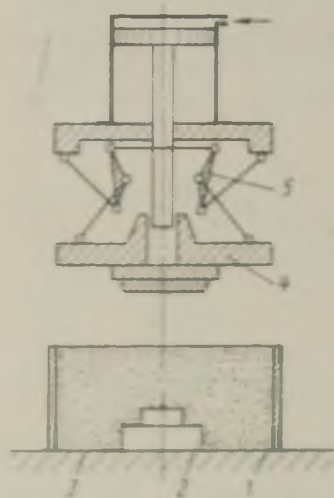


Рис. 86. Схема прессового механизма с рычажным усилителем:

1 — опока; 2 — модель; 3 — стол; 4 — прессовая колодка; 5 — рычажный усилитель

полуформу в спариватель 7. Верхняя полуформа изготавливается в формовочном автомате 6. Однопозиционный проходной прессовый автомат изготавливает песчано-глинистые полуформы в опоках $600 \times 600 \times 100$ мм методом верхнего прямого дифференциального прессования под давлением 40 кг/см^2 (4 Мн/м^2). Прессовый механизм автомата имеет рычажный усилитель. Рычажный усилитель обеспечивает десятикратное увеличение усилия главного цилиндра в конце хода, т. е. до 140 т .

Смесь в опоке уплотняется колодкой, закрепленной на подвижной плите пресса (рис. 86). Для вытяжки модели из формы на автомате имеется кривошипный механизм. Автомат снабжен механизмом автоматической обдувки и опрыскивания модельного комплекта. Для удобства обслуживания и быстрой переналадки в автомате имеется клиновое крепление модельного

комплекта и подъемный роликовый склиз для его смены. Поэтому смена модельных плит производится одним рабочим за 30 мин . Автомат управляется командоконтроллером с участка формовки с темпом $18\text{--}20 \text{ сек}$. Изготовленная на формовочном автомате 8 нижняя полуформа (см. рис. 85) подается на секцию кантователя 9 и поворачивается на 180° .

При следующем цикле в кантователь подается следующая полуформа, выталкивая из нее перевернутую. Затем в нижнюю полуформу устанавливаются стержни и по рольгангу подаются на участок изготовленных верхних полуформ, в спариватель 7, где и происходит сборка формы. Готовые формы поступают на участок заливки.

В настоящее время автоматизированных и механизированных формовочных линий недостаточно. Причина этого заключается в сложности автоматизации действующих формовочных отделений литейных цехов массового и крупносерийного производства.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ И УСТАНОВКА СТЕРЖНЕЙ В ФОРМЕ

Технологический процесс изготовления стержней должен обеспечивать высокую производительность труда стерженичников. Конструкция стержневых ящиков должна быть простой, без съемных частей, глубоких впадин и выступов. Съемные части вызывают отклонения размеров стержня от чертежных. В случае необходимости целесообразнее изготовлять вытряхной ящик, в котором вместо съемной части будет установлен вкладыш с выступающей частью. При определении границ стержня необходимо стремиться к тому, чтобы в процессе изготовления небольшие и средние стержни кантовались не более одного раза.

Необходимо также, чтобы стержень после извлечения его из ящика укладывался на сушильной плите в таком положении, в каком его ставят в форму. В этом случае красить, транспортировать стержень значительно легче. При разработке конструкции ящика для изготовления крупного стержня, транспортируемого краном, стремятся устранить операцию кантовки.

Выбранные границы стержня должны обеспечить удобную установку его в форму и контроль всех размеров (рис. 87). Порядок установки стержней в форму совпадает с их нумерацией. Сначала в форму устанавливают стержень *Ст. 1*, а затем стержни *Ст. 2* и *Ст. 3*. Стержни *Ст. 2* и *Ст. 3* нельзя объединить, так как общий стержень невозможно будет установить в форму. Для удобства установки стержня *Ст. 2* в форму размеры знаковой части стержня *Ст. 3* должны быть больше углубления a в стержне *Ст. 1* на 15 мм.

Если отливка имеет две небольшие полости, соединенные каналом, то эти полости получают с помощью двух стержней. Изготовление же одного стержня в данном случае привело бы к поломке стержня в месте тонкой перемычки (рис. 88).

При изготовлении стержней на встряхивающих прессовых машинах и пескометах, а также при ручном уплотнении отверстие в стержневом ящике со стороны набивки следует делать как можно большим. В стержневых же ящиках для пескодувных машин нет необходимости в больших отверстиях, так как заполнение стержневой смесью происходит через вдвунное отверстие.

Разбивка сложных стержней на отдельные части позволяет применять машинный способ изготовления с последующей склей-

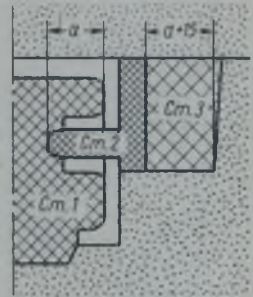


Рис. 87. Выбор границ, обеспечивающих удобство установки стержней при сборке формы

кой или сборкой стержней. При определении границ стержней следует учитывать не только конфигурацию отливок, но и габаритные размеры, определяющие расход формовочных смесей на их изготовление. Повышенная прочность формовочных смесей в сухом состоянии позволяет изготавливать пустотелые стержни вместо сплошных. При этом улучшается газопроницаемость стержней, сокращается продолжительность их сушки и расход формовочной смеси. Для отливок, в которых необходимо получить особо чистые внутренние поверхности, желательно применять пустотелые оболочковые стержни из смесей на основе кварцевых или циркононовых песков и пульвербакелита в качестве связующего.

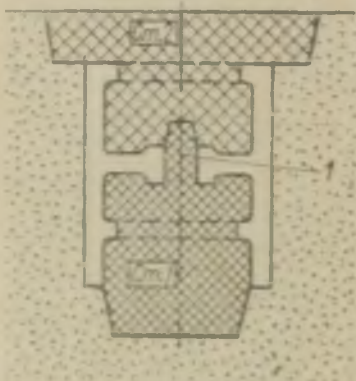


Рис. 88. Выбор границ стержней при соединении полостей в отливке каналом малого сечения

Стержни применяются главным образом для образования в отливках внутренних полостей и отверстий, а также для получения наружных поверхностей отливок. Получение в отливке полостей точных размеров, соответствующих размерам чертежа отливки, обуславливается, помимо геометрических размеров стержней, их правильной установкой в форме. Для этой цели стержни, как было сказано ранее, должны иметь достаточное число знаков определенных размеров, обеспечивающих устойчивое положение стержня в форме.

Стержни изготавливают по стержневым ящикам, по шаблону, на специальных машинах. Наиболее распространен способ изготовления стержней по стержневым ящикам. Уплотнение стержней производится ручным или машинным способом. Практикой установлено, что крупные стержни в крупносерийном и массовом производствах лучше уплотнять на встряхивающих формовочных машинах, а в индивидуальном производстве на пескометах. В массовом производстве при работе с песчаными смесями на органических крепителях целесообразно применять пескодувные и пескострельные машины, на которых можно изготавливать стержни массой 600—750 кг. В массовом и крупносерийном производстве пескодувный и пескострельный способы изготовления стержней должны вытеснить все остальные способы.

Знаки стержней. Для получения точных размеров внутренних полостей и отверстий в отливках стержни должны иметь достаточное число знаков. Размеры знака стержня определяют исходя из наименьшей поверхности, при которой не повышается давление на участок формы, сопряженной со знаком стержня. Допускаемое усилие на единицу площади формы не должно превышать 50—75% прочности смеси на сжатие $\sigma_{сж}$. Поверхность знака в ниж-

ней форме зависит (рис. 89) от массы стержня Q и определяется по формуле

$$S = \frac{Q}{\sigma_{сж}}$$

После заливки металла в форму стержень можно рассматривать как тело, погруженное в жидкость; тогда силу действия стержня на верхнюю полуформу найдем по формуле

$$P = V\gamma - Q,$$

где V — объем стержня без знаков;
 γ — плотность металла;
 Q — масса стержня со знаками.

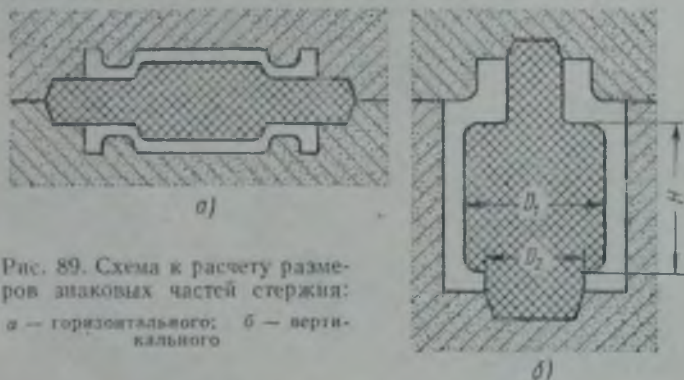


Рис. 89. Схема к расчету размеров знаковых частей стержня:
 а — горизонтального; б — вертикального

Поверхность каждого знака в верхней полуформе (рис. 89, а) определяется по формуле

$$S = \frac{0,5P}{\sigma_{сж}}$$

Сила всплывания стержня в случае, изображенном на рис. 89, б, будет

$$P = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) H \gamma - Q.$$

Зная количество знаков в верхней части стержня и допустимое напряжение на сжатие $\sigma_{сж}$ верхней опорной части формы, можно определить минимальную поверхность сопряжений верхних знаков. Если при расчете число знаков и их поверхность оказались недостаточными и знаки нельзя увеличить, то в форме устанавливают жеребейки, которые выполняют роль знаков и удерживают стержень в заданном положении.

Для предупреждения смещения стержней в горизонтальном и вертикальном направлениях делают специальные фиксаторы (см. рис. 6).

Каркасы стержней. Для увеличения прочности стержней в них заформовывают специальную упрочняющую их арматуру — каркас, который изготавливают из стальной проволоки или чугунных литых рамок. Арматура для стержней должна отвечать следующим требованиям: 1) обеспечить достаточную прочность и жесткость стержня; 2) не пружинить и не отставать от стержневой смеси, для этой цели проволока должна быть мягкой и отожжен-

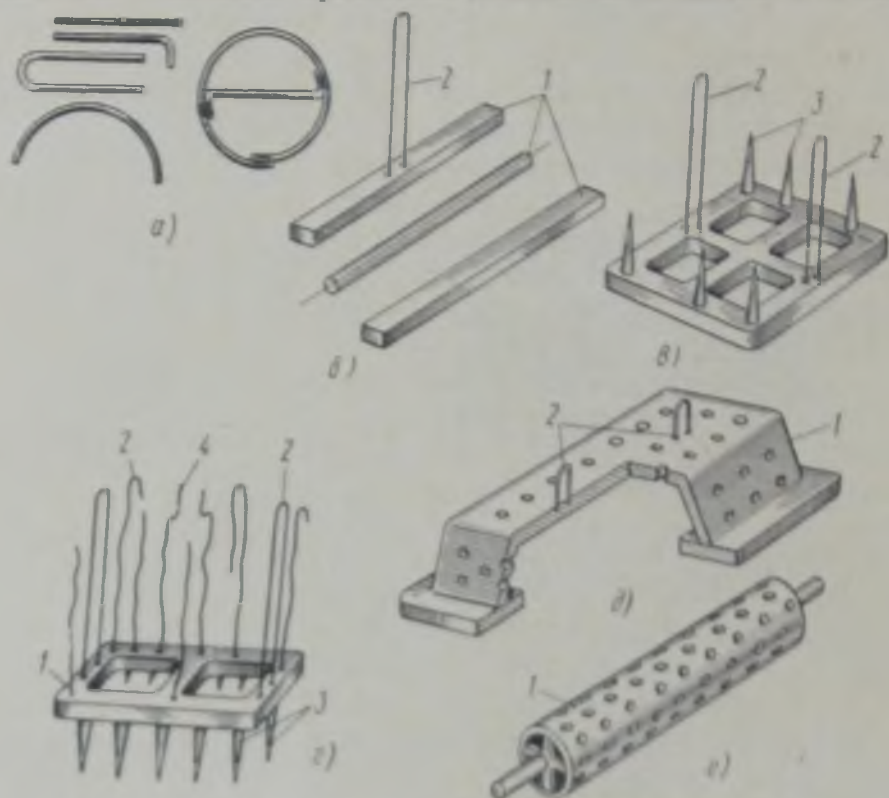


Рис. 90. Каркасы стержней:

a — мелких, *б* — цилиндрических мелких, *в*, *г*, *д* — призматических, *е* — крупных цилиндрических; 1 — основа; 2 — подъемы; 3 — литые прутья; 4 — проволоочные элементы

ной; 3) не препятствовать усадке отливки; 4) не мешать устройству в стержнях вентиляционных каналов; 5) легко удаляться из отливки при выбивке стержня.

При изготовлении тонких стержней в стержневые ящики закладывают арматуру из проволоки диаметром от 1 до 12 мм.

Для мелких и средних стержней используют главным образом вязаные каркасы из проволоки диаметром 6—10 мм, а для связывания отдельных частей каркаса применяют более тонкую проволоку. В крупных стержнях из песчано-глинистых смесей применяют литые каркасы (рамки) из чугуна и стали с залитой в них проволокой диаметром 6—10 мм.

В каркасах для крупных и средних стержней делают подъемы, за которые стержни подвешивают на кране при транспортировании и установке их в форму. На рис. 90 изображены проволоочные и ли-

тые каркасы различной формы. Проволочные каркасы укладывают вдоль стержня. Они должны быть короче стержня в знаках не более чем на 2—3 мм с каждой стороны. Концы каркаса для создания большой прочности должны заходить в знаки. Если в стержне имеются два знака, расположенные один против другого, то каркас должен их соединять. Располагать каркас слишком близко к поверхности стержня или на его поверхности нельзя, так как это приводит к привариванию каркаса к отливке и образованию в ней газовых раковин и горячих трещин.

Проволоку, составляющую остоу каркаса, называют основной, а проволоку, которая повторяет очертания стержня и укрепляет отдельные его части, называют контурной. Допускаемое расстояние от проволочного каркаса до поверхности стержня должно быть 5—10 мм. Для литых каркасов это расстояние колеблется в следующих пределах:

Размеры стержня в мм	Допустимое расстояние от поверхности стержня до каркаса в мм
До 500 × 500	20—30
От 500 × 500 до 1000 × 1000	25—30
Св. 1000 × 1000	30—35

Если в стержень ставят один каркас, то его следует располагать в центре стержня, а несколько каркасов располагают равномерно по сечению. В изогнутые стержни лучше укладывать несколько тонких каркасов вместо одного толстого, чтобы облегчить удаление их из отливки.

Устройство вентиляционных каналов в стержнях (рис. 91). При заливке формы металлом ее стенки и стержни быстро нагреваются и выделяют большое количество газов. Особенно сильно прогреваются в момент заливки стержни, поэтому стержни, изготовляемые из песочных смесей, должны иметь газоотводные вентиляционные каналы. Их выполняют в стержнях следующими способами: накалыванием стержней душником; заформовыванием железных прутков в стержневом ящике с последующим их извлечением; заформовыванием труб железных или чугунных, которые часто служат каркасами; заформовыванием в стержнях восковых фитилей; воск при сушке стержня выплавляется, шнуры вынимают; заформовыванием при изготовлении труб и цилиндров соломенных жгутов, которые выгорают при заливке металла в формы; вводом кокса или гари внутрь крупного стержня при его изготовлении.

В стержнях, склеиваемых из двух половинок, вентиляционные каналы выполняются прорезкой их по плоскости разъема в одной или двух половинках стержня. Наилучшие результаты дают вентиляционные каналы, полученные при помощи прутков, пропускаемых через отверстия в стенке ящика до наполнения его

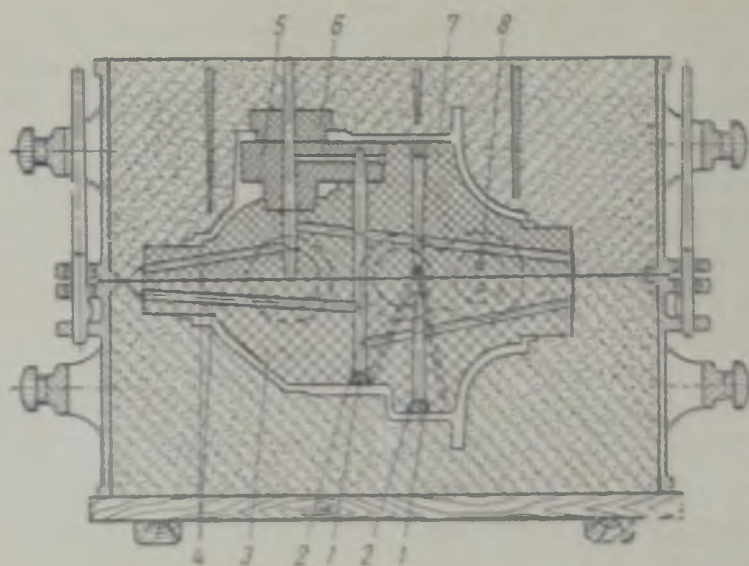


Рис. 91. Схема расположения вентиляционных каналов в стержневых и форме чугуна корпуса коробки скоростей трактора:

1—стержневые пробки. 2—вентиляционные, вертикальные каналы; 3, 5, 7—стержни; 4, 8—вентиляционные наклонные и горизонтальные каналы; 6—стержень, установленный перед формовкой на модель верха

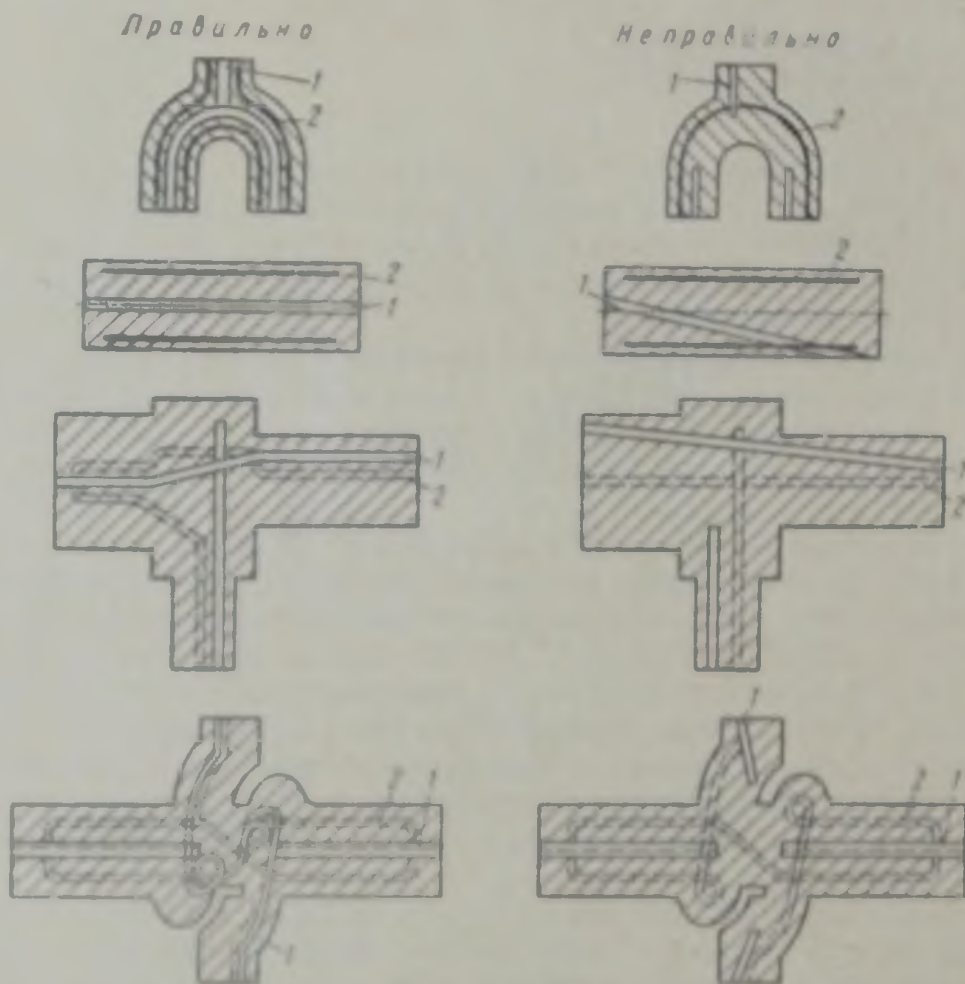


Рис. 92. Способы установки каркасов 2 и устройства вентиляционных каналов 1 в стержнях

смесью; после уплотнения стержня прутки из ящика удаляют и в стержне получаются вентиляционные каналы.

Правильные и неправильные способы устройства вентиляционных каналов в стержнях приведены на рис. 92.

§ 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ РУЧНЫМ СПОСОБОМ

Наиболее простым и распространенным является изготовление стержней в стержневых ящиках. Этот способ более производительен и не требует высокой квалификации стерженщиков.

Стержень по неразъемному вытряхному ящику изготавливается следующим образом (рис. 93). Вначале готовят стержневой

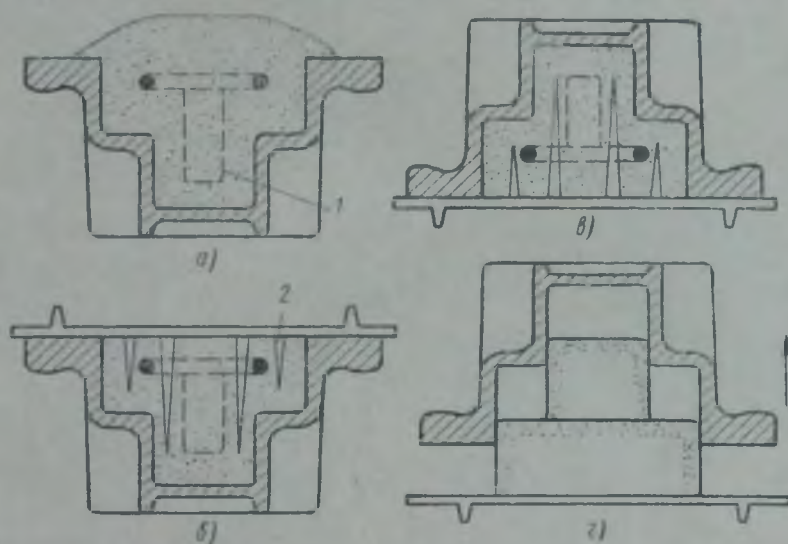


Рис. 93. Изготовление стержня по неразъемному вытряхному ящику

ящик к работе: очищают, обдувают, опрыскивают или припыливают рабочую полость ящика.

После очистки ящик опрыскивают разделительной смесью (керосин-мазут) из пульверизатора или припыливают ящик дикопидием или его заменителями. Затем наполняют стержневой ящик смесью (рис. 93, а). В зависимости от размеров стержня эта операция выполняется совком, лопатой, непосредственно из бункера или из расположенного над стержневым ящиком резервуара со смесью.

Для повышения прочности стержней устанавливаются карасы 1. Смесью уплотняют ручными или пневматическими трамбовками, снабженными резиновыми или из мягкого цветного сплава наконечниками. В процессе формовки стержня делают вентиляционные наколы 2 (рис. 93, б). Затем поворачивают

стержневой ящик на 180° (рис. 93, в) и извлекают стержень (рис. 93, г). Готовые стержни подаются в сушильные печи.

На рис. 94 приведен пример изготовления стержня из смеси пониженной прочности по разъемному деревянному ящику. Поло-

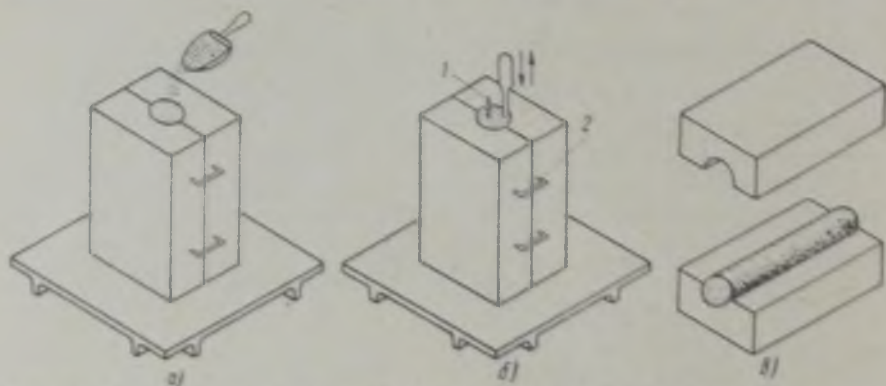


Рис. 94. Технологический процесс изготовления стержня по разъемному ящику

винки стержневого ящика скрепляют скобами или струбцинками и затем ставят его на верстак вертикально. Стерженщик совком или лопатой постепенно насыпает стержневую смесь в ящик и уплотняет

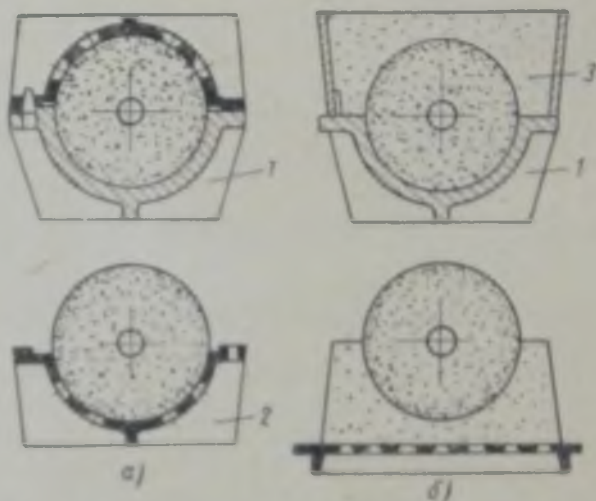


Рис. 95. Укладка стержня на сушильную фанерную плиту (а) и песчаную постель (б).

1 — половина стержневого ящика; 2 — дранер; 3 — песчаная постель

ее трамбовкой (рис. 94, а). После наполнения ящика и уплотнения стержневую смесь (рис. 94, б) счищают скребком, вставляют проволочный каркас 1, делают вентиляционные каналы и произ-

водят несколько слабых ударов по стержневому ящику молотком, чтобы облегчить извлечение стержня. Слишком сильные и резкие удары по ящику могут исказить формы стержня. При расталкивании стержня лучше ударять по торцу ящика, когда ящик находится еще в вертикальном положении. После изготовления стержня снимают скобы 2 или струбицы, удаляют одну половину ящика (рис. 94, в), вынимают стержень из ящика и укладывают его на сушильную плиту или песчаную постель, а затем транспортируют в сушило. В тех случаях, когда нет фасонной сушильной плиты — драйера, а контур стержня имеет сложную конфигурацию, применяют песчаную постель или, как говорят, подсыпку. Такая постель выполняет те же функции, что и драйер, с той лишь разницей, что после снятия верхней половины ящика на вторую половину накладывают деревянную или металлическую рамку и затем полностью заполняют ее сырым кварцевым песком до краев рамки (рис. 95); накладывают на рамку сушильную плиту и все вместе поворачивают на 180° ; удаляют вторую половину стержневого ящика, и стержень на рамке в постели транспортируют в сушило.

Изготовление крупного стержня по вытряхному ящику (рис. 96). Вначале подготавливают литой каркас: загибают проводочные прутки по внутреннему контуру рабочей поверхности стержневого ящика, для чего литой каркас опускают в полость ящика для проверки. Затем очищают ящик от приставшей смеси и пыли, протирают его рабочую поверхность тряпкой, смоченной керосином; наполняют стержневой смесью слоем 50—70 мм и уплотняют ручной трамбовкой.

Затем устанавливают в стержневой ящик 2 каркас 1, смазанный раствором глины, а в выступающие и узкие места стержня устанавливают стальные крючки 3 (рис. 96, а). Рабочие поверхности ящика обкладывают стержневой смесью и уплотняют ее в узких полостях и углублениях ручной трамбовкой, а затем пневматической трамбовкой, имеющей резиновый наконечник (для того чтобы не разбить деревянный ящик).

После этого устанавливают деревянный вкладыш 4 (рис. 96, б), образующий в стержне полость для засыпки кокса или гари газотводной постели. Затем засыпают ящик смесью вокруг вкладыша и уплотняют смесь пневматической трамбовкой.

Толщина стенки стержня зависит от его габаритных размеров и устанавливается практически. Затем вкладыш 4 вынимают, накалывают душником газотводные каналы 5 и засыпают полость стержня коксовой гарью 6, смесью и уплотняют трамбовкой (рис. 96, в).

После этого на стержневой ящик накладывают сушильную плиту (рис. 96, г) и поворачивают его вместе с плитой на 180° .

Стержневой ящик расталкивают деревянным молотком и снимают верхнюю его часть (рис. 96, б), затем осторожно отводят

в стороны вкладыши 9 и 10 ящика (рис. 96, е). Стержень отделяют, проверяют его плотность, ремонтируют испорченные при извлечении места, скругляют острые углы, прошлифовывают тонкие

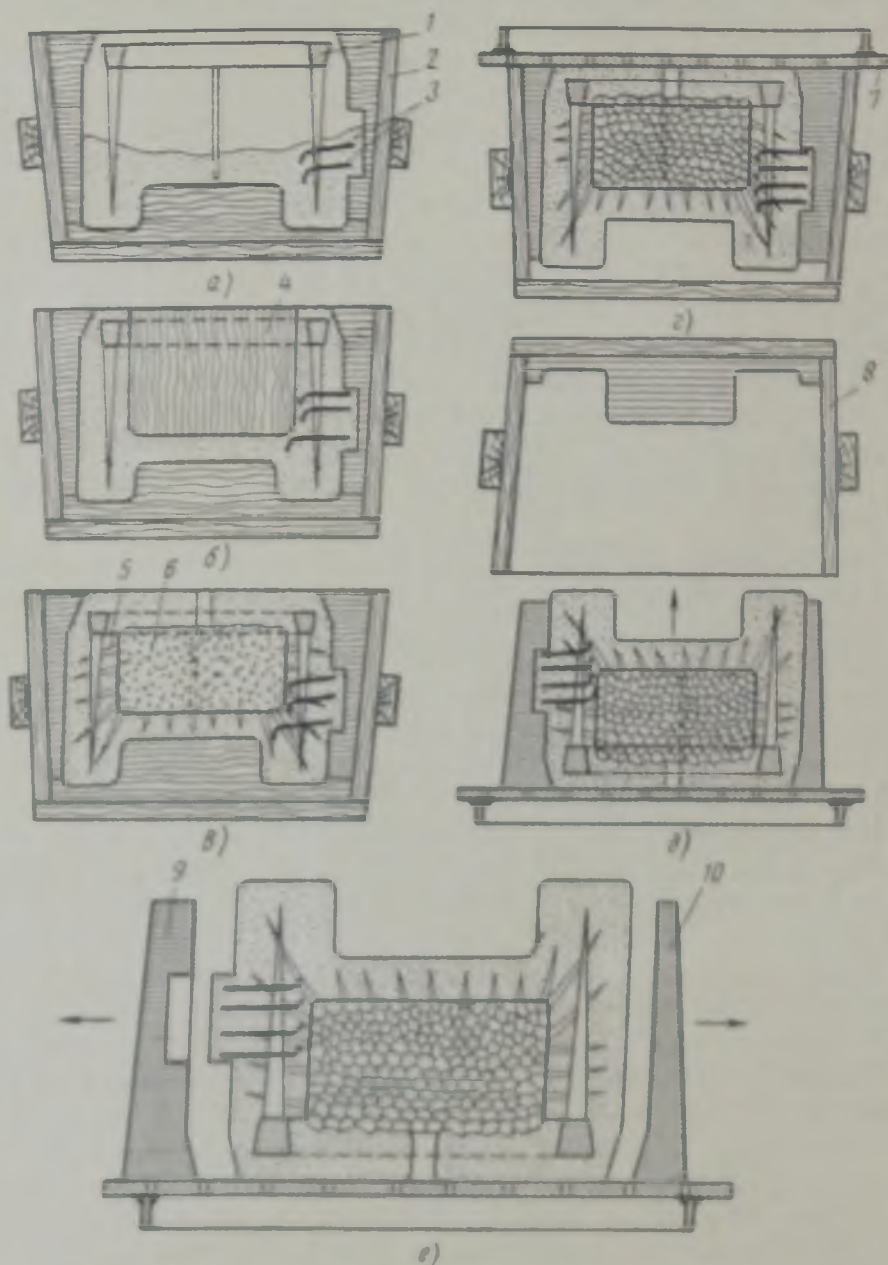


Рис. 96. Последовательность операций при изготовлении крупного стержня в встряхном ящике

места и углы. Готовый стержень направляют в сушило, затем его окрашивают.

На рис. 97 показан технологический процесс изготовления стержня отливки шкива насоса гидроусилителя для автомашин

ЗИЛ-150. Стержень имеет тонкие стенки и поэтому приходится его сушить вместе с вкладышем. Такой стержень изготавливается следующим образом. После подготовки стержневого ящика 1 в нем на штырь 2 устанавливается вкладыш 3 (рис. 97, а). Затем насыпают стержневую смесь и уплотняют ее трамбовкой. Каркас устанавливают в середину стержня.

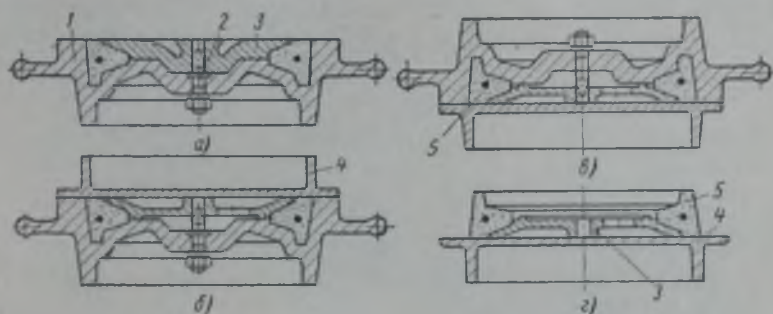


Рис. 97. Изготовление стержня для отливки шкива насоса гидроусилителя

После уплотнения смеси и снятия с ящика лишней смеси на него кладут сушильную плиту (рис. 97, б). Затем ящик вместе с плитой 4 переворачивают на 180°, ящик расталкивают деревянным молотком и снимают со стержня 5 (рис. 97, в). Стержень вместе с вкладышем 3 (рис. 97, г), оставшимся на плите 4, подаются в сушильную печь.

Изготовление комбинированного стержня. Комбинированным называется стержень, состоящий из двух половинок, одна из которых предварительно высушивается, а вторая изготавливается из обычной сырой формовочной смеси.

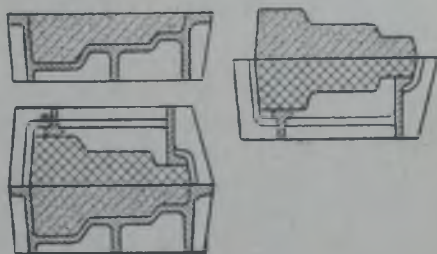


Рис. 98. Изготовление комбинированного стержня

Комбинированный стержень (рис. 98) изготавливают в ящике. После уплотнения сырой половины стержня на нее накладывают сухую половину со съёмным приспособлением, затем все переворачивают на 180°. Нижнюю часть ящика снимают. Стержень подают к месту сборки формы, где вынимают его из съёмного приспособления. Такой способ изготовления стержней применяется в массовом производстве (например, при изготовлении детали коробки скоростей).

Технологический процесс изготовления стержней при помощи шаблона (рис. 99). Различают несколько способов изготовления

стержней по шаблонам: заточка стержня неподвижным шаблоном, заточка протяжными шаблонами, заточка на шпинделе с вращающимся шаблоном и др. Изготовление стержней по шаблонам менее производительно по сравнению с изготовлением по стержневым ящикам и требует высокой квалификации стерженщиков.

На стойках 1 устанавливается каркас 3 стержня 5. Каркас представляет собой трубу с большим числом отверстий на поверхности, служащих для отвода газов из стержня. Для обеспечения

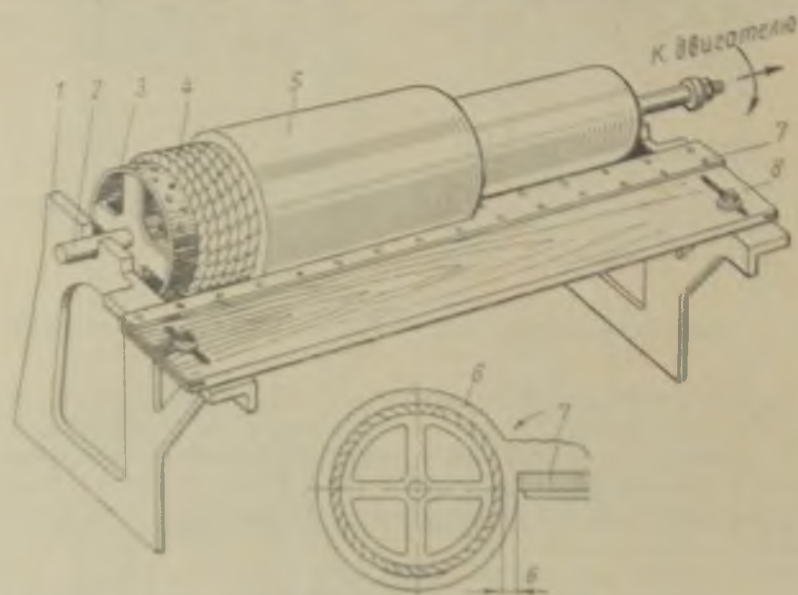


Рис. 99. Изготовление цилиндрического стержня при помощи шаблона

податливости стержня на каркас наматывается соломенный жгут 4. Жгут смазывают жидкой глиной, чтобы стержневая смесь хорошо соединялась с ним. Затем на шаблон 8 накладывают стержневую смесь и, поворачивая каркас 3, проталкивают смесь в зазор 6 между рабочей частью 7 шаблона и жгута. Эта операция называется заточкой стержня. После первой заточки стержень сушат и вторично накладывают указанным выше способом слой стержневой смеси. Поверхность стержня отделывают и после сушки красят.

Изготовление стержней из смесей на жидком стекле. Стержни из жидкостеклянных смесей можно изготовлять как вручную, так и на стержневых машинах. Продувка стержней углекислым газом может быть осуществлена через знаковую часть отверстия в стенках ящика или стержня, через трубки с отверстиями, в мелких стержнях — под общим зонтом. В крупных стержнях душником делают наколы диаметром 6—10 мм с шагом 120—150 мм. Затем

на ящик накладывают зонт, через который подводят углекислый газ.

На рис. 100 приведен стержневой ящик, который имеет двойные стенки. В каждой наружной стенке сделано по одному отверстию

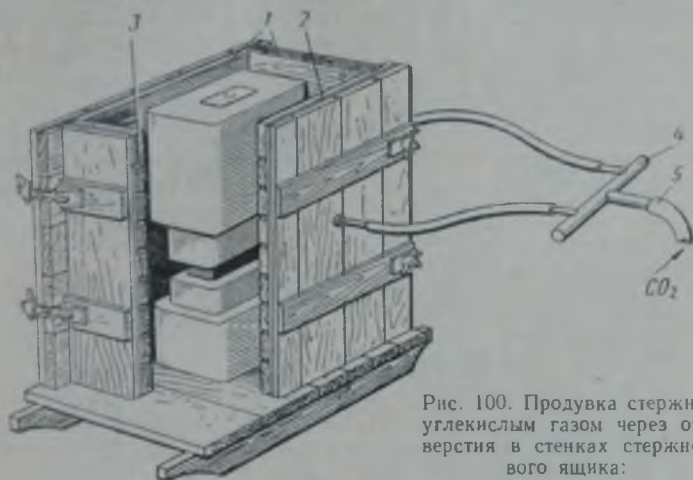


Рис. 100. Продувка стержня углекислым газом через отверстия в стенках стержневого ящика:

1 — стенки ящика; 2 — зазор между стенками; 3 — отверстия во внутренней стенке; 4 — коллектор; 5 — шланг подвода CO_2 .

стию и к нему от коллектора подведены трубки с углекислым газом. Внутренние стенки имеют отверстия, через которые углекислый газ проходит в стержень.

§ 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ НА МАШИНАХ

Изготовление стержней на специальных машинах все шире внедряется в производство, даже в мелкосерийное. Стержневые машины увеличивают производительность труда рабочих-стерженщиков, облегчают их труд и обеспечивают большую точность стержней. На стержневых машинах применяют смеси пониженной прочности, обеспечивающие хорошую заполняемость ящика по всему объему.

Для изготовления стержней применяют различные типы машин: мундштучные, прессовые, встряхивающие, пескометы, пескодувные, пескострельные и специальные.

Мундштучная машина предназначена для изготовления мелких стержней круглого, квадратного, прямоугольного и других простых сечений (рис. 101). Форма стержня определяется формой выходного отверстия мундштука. На мундштучных машинах (рис. 102) стержни 4 изготовляют выдавливанием стержневой смеси 3 шнеком 1 (или поршнем) через мундштук 2.

Встряхивающие машины. Несмотря на широкое внедрение пескодувных и пескострельных машин, на практике с успехом применяют для изготовления стержней встряхивающие машины,

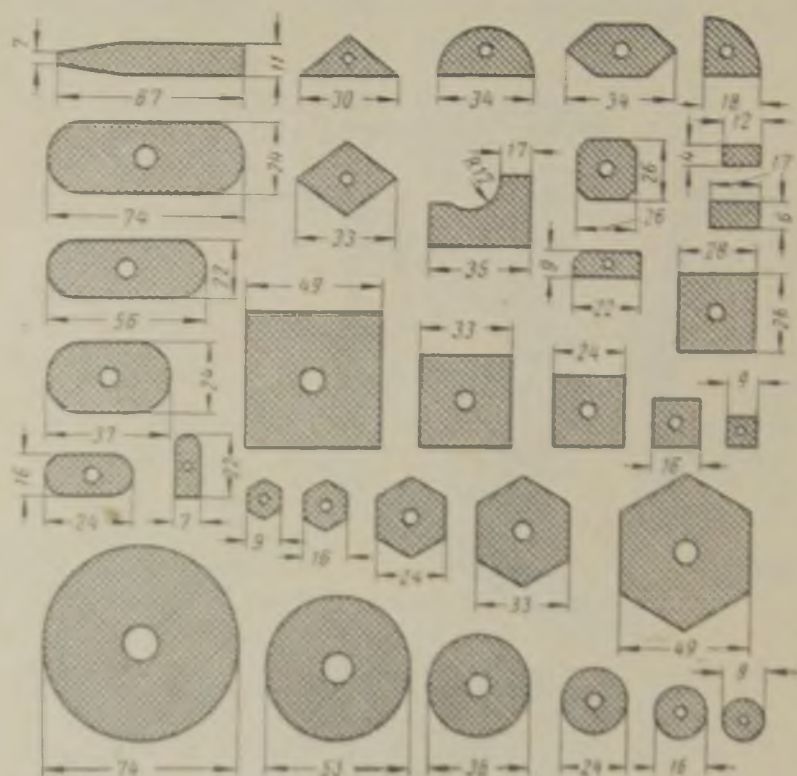


Рис. 101. Сечения стержней, изготавливаемых на мундштучных машинах

особенно при серийном производстве, когда изготовление металлических стержневых ящиков экономически невыгодно.

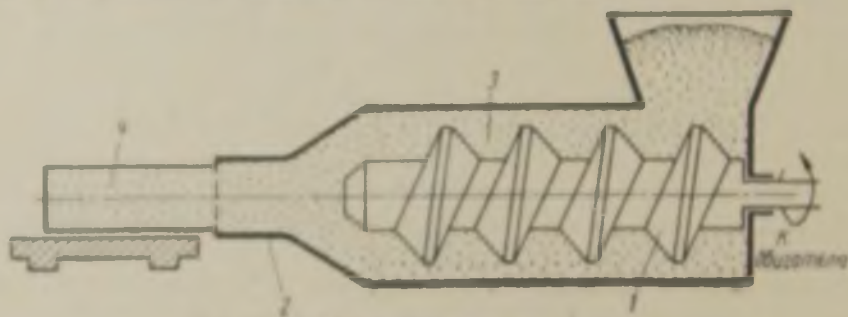


Рис. 102. Схема мундштучной машины

На встряхивающих машинах изготавливают средние и реже крупные стержни в открытых ящиках. Для более крупных стержней, например для станков, применяют встряхивающие

машины с перекидным столом модели 845 или с поворотным столом модели 233 (рис. 103).

После уплотнения смеси встряхиванием стержневой ящик 2, закрепленный на столе 1, вместе с находящимся в нем стержнем 3 и сушильной плитой 4 (она закреплена ручными или пневматическими зажимами) перекидывается на 180° и устанавливается на приемном столе 5. Стержень 3 извлекается из ящика 2 при опускании приемного стола 5. Расталкивание стержня в ящике осуществляется с помощью вибратора, укрепленного на столе машины, что дает возможность получать стержни более точных размеров по сравнению с ручной формовкой.

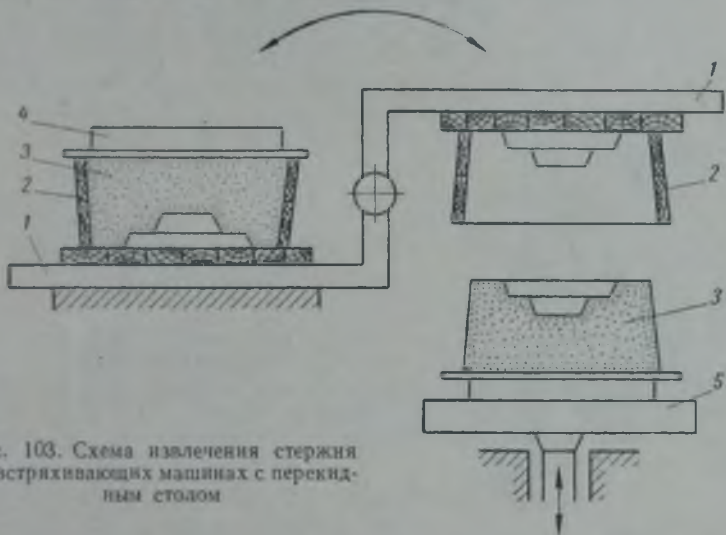


Рис. 103. Схема извлечения стержня на встряхивающих машинах с перекидным столом

При изготовлении небольших стержней применяют встряхивающую машину модели 283 с перекидным столом (рис. 104). На этой машине все технологические операции осуществляются ручным способом.

Пескометы. Способ уплотнения стержневой смеси с помощью пескомета применяется сравнительно редко, главным образом для изготовления крупных стержней. При изготовлении стержня плотность смеси можно регулировать изменением подачи смеси в головку пескомета, а также увеличением или уменьшением числа оборотов ротора. Сырая прочность применяемых стержневых смесей составляет $0,3 \text{ кг/см}^2$ (30 кн/м^2). При большой окружной скорости лопатки хорошие результаты получаются и в случае использования смесей с сырой прочностью до $0,55 \text{ кг/см}^2$ (55 кн/м^2).

Для поворота средних и крупных стержневых ящиков и вытяжки стержня после уплотнения пескометом применяют поворотно-вытяжные машины модели 787.

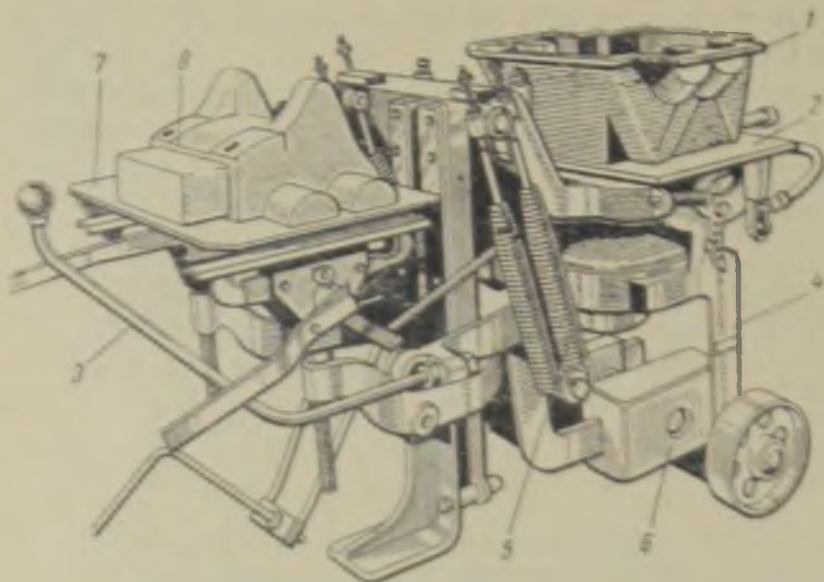


Рис. 104. Ручная формовочная машина, модель 283:

- 1 — стержневой ящик;
- 2 — стол машины;
- 3 — рукоятка;
- 4 — станина машины;
- 5 — пружины;
- 6 — противовес;
- 7 — сушильная плита;
- 8 — стержень

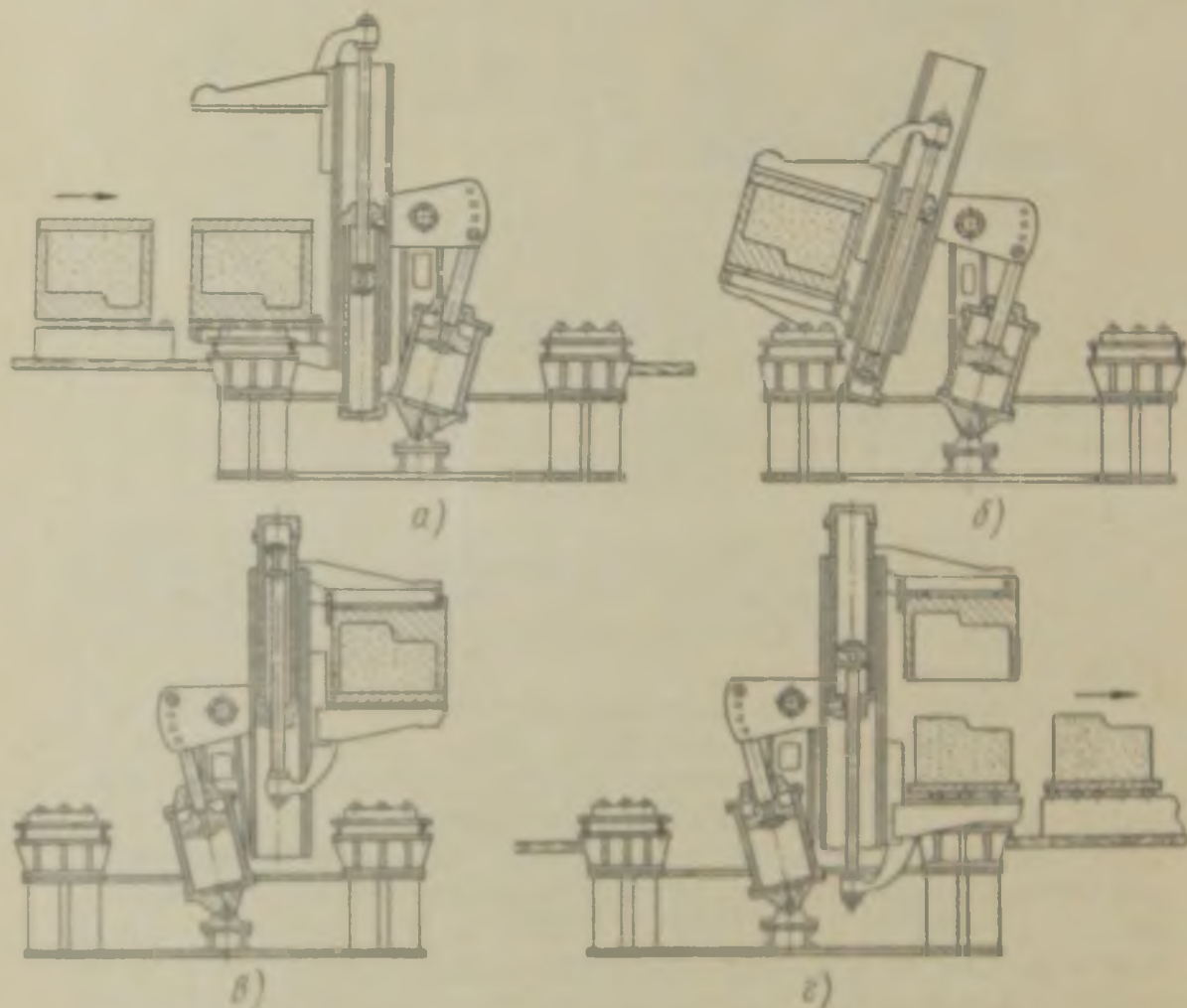


Рис. 105. Схема работы машины модели 787:

- а — подача стержневого ящика на поворотный стол машины;
- б, в — поворот ящика;
- г — извлечение стержня на ящике

Стержни изготовляют на стационарных и передвижных пескометах. В новейших конструкциях головка пескомета может поворачиваться вокруг горизонтальной оси на некоторый угол. На рис. 105 приведена схема работы машины модели 787, предназначенной для кантовки стержневых ящиков и извлечения стержней. Машина состоит из поворотно-вытяжного механизма, бака с гидроприводом и пульта управления. Наибольшие размеры стержневых ящиков в мм: длина — 3000, ширина — 1300, высота с сушильной плитой 1000; ход вытяжки 1000 мм; грузоподъемность 5000 кг. Максимальная производительность 15 ящиков в час. Такая машина в паре с пескометом обеспечивает механизацию трудоемких процессов изготовления крупных стержней и высвобождает подъемные краны для выполнения операции по перевортыванию стержневых ящиков.

Пескодувные машины. Это наиболее высокопроизводительные машины. Пескодувный процесс широко применяется для изготовления стержней и является наилучшим методом машинной формовки мелких и средних стержней, любой сложности и высокого качества.

Принцип работы пескодувной машины (рис. 106) заключается в том, что сжатый воздух, проходя через головку — резервуар пескодувной машины, наполненную стержневой смесью увлекает смесь через отверстия в днище головки (пескодувной плиты) в стержневой ящик и уплотняет ее. Сжатый воздух выходит из ящика через неплотности по плоскости разъема ящика или в зазор между ящиком и пескодувной плитой, а также через специально сделанные в стенках стержневого ящика венты — щелевые или сетчатые отверстия. Стержневой ящик 1 при помощи механизма 2 прижимается к надувной плите 3 рабочего резервуара 4, периодически наполняемого стержневой смесью. Сжатый воздух, поступающий в рабочий резервуар из клапана 5, устремляется в стержневой ящик, увлекая за собой такое количество стержневой смеси, которое необходимо для заполнения рабочей полости ящика. Воздух из ящика удаляется через разъем и венты 6. Машины работают под давлением воздуха в сети не менее 8 кг/мм^2 (800 кн/м^2). Такое

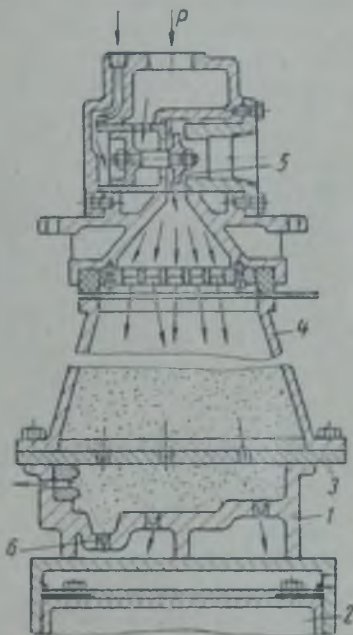


Рис. 106. Схема пескодувной головки

повышенное давление необходимо для изготовления стержней особо сложной конфигурации. Как показали исследования, смесь в пескодувном процессе уплотняется за счет кинетической энергии песка, вдуваемого сжатым воздухом в полость стержневого ящика, и разности входного и выходного давления воздуха $p_1 - p_2$, проходящего и фильтрующегося через слой смеси в стержневом ящике.

Недостаток пескодувного способа изготовления стержней — применение стержневых смесей с низкой прочностью (до $0,03 \text{ кг/см}^2$ в сыром состоянии), что затрудняет транспортировку, извлечение стержней из ящиков и т. д.

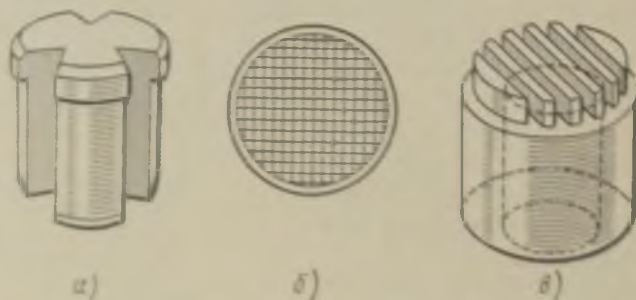


Рис. 107. Конструкция вент:

а — с прорезными отверстиями. б — с проволочной сеткой.
в — с щелевыми прорезями

Выбор и расположение вент в стержневых ящиках. Венты устанавливаются в стержневых ящиках для удаления воздуха из ящика при изготовлении стержня. Кроме того, они обеспечивают направленность потока смеси и воздуха. На рис. 107 приведены конструкции вент, применяющиеся для пескодувных стержневых ящиков. Выбор размеров и числа вдувных отверстий, а также их расположения в стенках стержневых ящиков имеет существенное значение. Неправильный подбор вент и мест их расположения приводит к получению недоброкачественных стержней, неравномерно уплотненных на различных участках. Рациональное расположение вент в стержневых ящиках определяется опытным путем. В стержневых ящиках простой конфигурации с горизонтальным разъемом венты располагаются равномерно в нижней половине ящика. В стержневых ящиках сложной конфигурации венты устанавливаются в стенках и дополнительно во всех местных углублениях ящика, чем обеспечивается необходимое направление потока воздуха и смеси. В ящиках с вертикальным разъемом венты делают в дне ящика и нижней части его боковых стенок. Так как венты часто приходится менять вследствие их быстрого износа (засоряются отверстия и прорези), а на это затрачивается много времени, то вместо вент можно применять универсальные плиты.

В плите для нескольких групп стержневых ящиков имеется заслонка, передвигая которую можно открыть те или иные отверстия. Для изготовления мелких стержней массой до 0,3 кг диаметр вдувного отверстия можно принимать из конструктивных соображений 8—12 мм, а больших стержней — 16—20 мм.

Число вдувных отверстий определяется опытным путем: одного отверстия указанных размеров бывает достаточно на 50—60 см² площади стержня в плане. Плотность стержня зависит от отноше-

ния суммарных площадей поперечного сечения вент $F_{вент}$ к живому сечению вдувных отверстий $F_{ад. отв}$. По данным НИИТАвтопрома для мелких стержней (массой до 0,04 кг)

$$\frac{F_{вент}}{F_{ад. отв}} = 0,15 \div 0,60;$$

для стержней с прочностью по сырому 0,15—0,20 кг/см² (15—20 кн/м²)

$$\frac{F_{вент}}{F_{ад. отв}} = 0,1 \div 0,9.$$

Пескострельные машины.

Пескострельный процесс является разновидностью пескодувного процесса уплотнения смесей; принципиальная схема его приведена на рис. 108.

Сжатый воздух из резервуара 1, в качестве которого обычно используется станина машины, через дутьевой быстродействующий клапан 2 большого сечения поступает непосредственно в пескострельный резервуар 3 машины. Давление в нем мгновенно повышается и воздух ударно действует на столб смеси, выталкивая его через конусный насадок 7 в стержневой ящик. Подача сжатого воздуха в рабочий резервуар ограничивается закрытием клапана, и цикл продолжается за счет расширения воздуха, находящегося в резервуаре.

Гильза 4 устанавливается с зазором и имеет на боковой поверхности прорези, через которые действует сжатый воздух, уменьшая трение смеси о стенки и ликвидируя зависание. Благодаря этому в пескострельных машинах можно применять малотекучие стержневые смеси с большой сырой прочностью.

В пескострельном процессе не происходит образования воздушно-песчаной струи и воздух практически попадает в полость ящика во время надува стержня в небольшом количестве. Воздух из стержневого ящика отводится через отверстия 8. В обычных

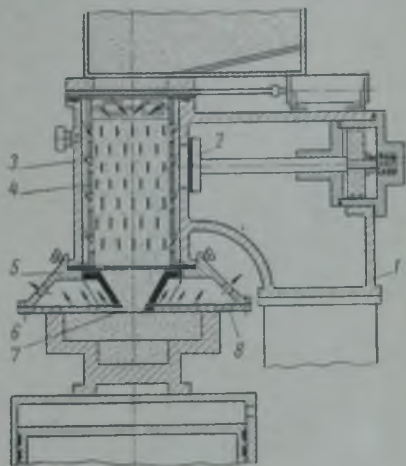


Рис. 108. Схема пескострельной стержневой машины

пескодувных машинах отношение объема воздуха к объему выдуваемого песка составляет от 60 : 1 до 100 : 1, тогда как в машинах ударного действия примерно 20 : 1, т. е. в 3—5 раз меньше.

Для изготовления стержней различной конфигурации пескострельные машины снабжаются комплектом быстросменных пескострельных головок.

Большинство простых стержней изготавливается с помощью универсальной пескострельной головки со сменными насадками (рис. 108). Головка состоит из корпуса 5, вентиляционной плиты 6 с вентилями 8 и сменного насадка 7. Отверстие в насадке может быть сделано круглой, продолговатой или крестообразной формы.

Основные преимущества пескострельных машин: 1) возможность применения деревянных стержневых ящиков, что имеет большое значение для мелкосерийного и индивидуального производства; 2) уменьшается износ стержневых ящиков вследствие отсутствия абразивного действия воздушно-песчаной струи; 3) возможность применения смесей с более высокой сырой прочностью, чем при пескодувном способе изготовления; 4) уменьшение числа вент, необходимых для удаления атмосферного воздуха из полости стержневого ящика; 5) меньший расход сжатого воздуха.

§ 4. СБОРКА СТЕРЖНЕЙ

Сложные стержни целесообразно изготавливать по частям в ящиках, а затем собирать в одно целое. Обычно каждый стержень устанавливается в форму отдельно, но укладка нескольких стержней занимает много времени, а сложные стержни зачастую вообще нельзя установить в форму по одиночке.

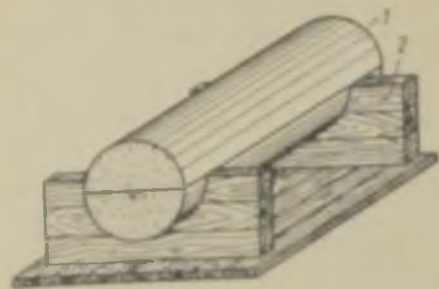


Рис. 109. Схема склеивания цилиндрического стержня

В таких случаях стержни предварительно собираются в узлы, склеиваются между собой и уже в собранном виде устанавливаются в форму. Стержни склеивают декстриновым или сульфитным клеем, жидким стеклом и др. Клей наносится кистью или специальным шприцем.

Примером наиболее простой сборки может служить склейка половин цилиндрического стержня, показанная на рис. 109. Половина стержня 1 укладывается в приспособление 2 плоской стороной вверх. Затем на нее накладывается другая половина, и их притирают друг к другу. Для возможности притирки стержневой ящик делают с припуском 0,5—1 мм на притирку. Во время притирки половин стержня двигаются одна по другой в про-

дольном направлении. После притирки верхняя половина стержня снимается, и с нижней половины стряхивается или сдвигается песок. Затем половины стержня снова складывают и проверяют шаблоном точность диаметра стержня.

После этого на плоскую поверхность наносится клей двумя полосками с таким расчетом, чтобы после складывания половин он распространился по всей склеиваемой поверхности, но не залил вентиляционный канал и не выступил наружу. Для точной склейки применяют кондукторы. После склейки швы заделывают пастой,

Таблица 19

Режим подсушки стержней
(по данным московского завода
«Станколит»)

Масса стержня в кг	Продолжительность подсушки в мин	Температура подсушки в °С
До 5	10	200—220
5—20	12	
20—50		
50—100	12—15	220—250
100—200	15—20	

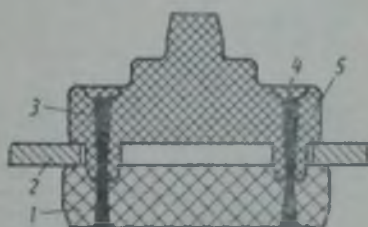


Рис. 110. Соединение стержней цинковым сплавом:

1 — нижний стержень; 2 — кондуктор;
3 — залитое цинком отверстие; 4 — замазка; 5 — верхний стержень

затем стержни направляют на подсушку. Если стержни склеивались теплыми, подсушка не производится. Подсушка применяется для стержневой смеси, нанесенной на поломанные во время сборки места стержней, а также для слоя краски, если она наносилась на холодный стержень. Продолжительность и температура подсушки (табл. 19) зависят от массы стержней, состава краски и клея.

Подсушивают стержни в небольших вертикальных печах, обычных камерных сушилах или специальных проходных установках с конвейерной загрузкой и выгрузкой. Подсушенные стержни поступают на склад или участок комплектовки, откуда направляются на участки сборки форм.

В массовом производстве части ответственных стержней скрепляют заливкой легкоплавкого сплава в специально предусмотренные в знаках стержня каналы (рис. 110). В отверстия заливается сплав с низкой температурой плавления. Отверстия необходимо делать так, чтобы сплав после заливки не выступал на рабочей поверхности стержня, а оставшееся углубление в нем заполняют стержневой смесью или пастой.

В автомобильной, тракторной и станкостроительной промышленности для упрощения сборки стержней и обеспечения наибольшей точности отливки при машинном изготовлении отдельных частей их собирают в блоки, при этом пользуются шаблонами

и кондукторами. Перед сборкой в кондукторах плоскости стержней зачищают специальными ножами или на шлифовальных станках абразивным кругом. На рис. 111 показан блок стержней шпиндельной бабки расточного станка, собранный в кондукторе перед установкой его в форму.

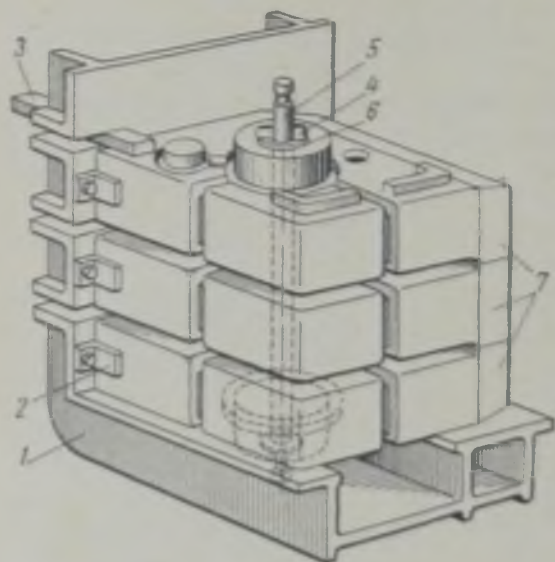


Рис. 111. Блок стержней шпиндельной бабки расточного станка:

1 — кондуктор-кантователь; 2 — упорный угольник; 3 — контрольная планка; 4 — клин; 5 — стальная стяжка; 6 — шайба; 7 — части стержня

Главное, на что надо обращать внимание при сборке сложных стержней — на правильное устройство вентиляционных каналов, предупреждение сдвига стержней (смещения) и попадания в вентиляционные каналы клея и мусора.

Формы для особо тонкостенных и сложных отливок собирают целиком из стержней в специальных металлических ящиках, так называемых жакетах. В этом случае стержни можно не склеивать.

§ 5. СУШКА СТЕРЖНЕЙ И ФОРМ

Сушка форм и стержней применяется с целью увеличения их газопроницаемости, прочности и уменьшения газотворной способности. Режим сушки стержней и форм устанавливается для различных групп стержней и форм опытным путем. Процесс сушки форм и стержней условно можно разделить на три этапа. На первом этапе прогревается вся толщина формы или стержня. Так как влажная смесь значительно теплопроводнее сухой, то в этот период сушки необходимо, по возможности, стремиться удерживать влагу в стержнях и не давать ей быстро испаряться.

Повышение температуры в сушиле не должно быть слишком быстрым. Присутствие влаги в атмосфере печи и умеренная температура уменьшают скорость испарения влаги с поверхности формы и способствуют ее прогреву. Чтобы удержать газы в сушиле, в этот период следует прикрывать заслонку на дымовом борове (для отходящих газов) и топку вести интенсивно.

На втором этапе сушки необходимо быстро повысить температуру до максимальной и выдерживать стержни при этой температуре в течение некоторого времени. Быстрое повышение температуры сушила после предварительного прогрева стержней способ-

ствует интенсивному испарению влаги с поверхности и притоку ее из внутренних слоев стержней к наружным. В этот период сушки шибер на дымовом борове должен быть полностью открыт и вместо уходящих газов, содержащих испарившуюся из форм и стержней влагу, в сушило поступают свежие более сухие топочные газы.

В третьем же периоде сушки формы и стержни охлаждаются при выключенной топке и полуоткрытом дымовом шибере до температуры разгрузки. Стержни в этот период не только охлаждаются, но и досушиваются за счет аккумулированного в них тепла.

Продолжительность сушки стержней зависит от многих факторов: температуры сушки, толщины стержней, условий передачи тепла в сушиле и т. д., и колеблется от нескольких минут до нескольких часов. Время сушки устанавливается экспериментально. Продолжительность подсушки форм и стержней также колеблется от нескольких минут до часа и выше в зависимости от габаритных размеров стержней.

Из рассмотрения основных процессов, сопровождающих сушку форм и стержней, можно установить, что для хорошей сушки и подсушки форм и стержней необходимы следующие условия: а) постепенный подъем температуры в камере сушила, а затем поддержание равномерной максимально допустимой температуры в течение периода сушки; б) колебания температуры в различных зонах рабочего объема сушила не должны превышать при сушке $10-15^{\circ}\text{C}$; в) обеспечение равномерного движения газов во всем объеме сушила со скоростью $1,8-2,2$ м/сек.

При сушке стержней, изготовленных на масляных крепителях и их заменителях, помимо удаления влаги, происходит процесс окисления и полимеризации. Процесс окисления заключается в нарушении связи между атомами углерода, входящими в состав масла и в присоединении кислорода. В процессе полимеризации укрупняются молекулы. В результате химических изменений, а также удаления при нагревании некоторых составляющих, которые выделяют газ, масло переходит в густую клейкую массу (линоксин), образуется прочная пленка, соединяющая зерна песка.

Окисляемость масла улучшается при добавке солей марганца и свинца. Масло начинает окисляться при $110-140^{\circ}\text{C}$, а при $170-230^{\circ}\text{C}$ окисление его происходит очень быстро. При окислении масло поглощает от 20 до 30% (по массе) кислорода. Кроме того, выделяется тепло, повышающее температуру стержней, что способствует ускорению окисления масла. После охлаждения этот материал вновь твердеет, а при повторном нагревании способен расплавляться. К таким материалам относится канифоль, которая плавится при $60-65^{\circ}\text{C}$ и заполняет пространство между зернами песка, связывая их при затвердевании. Битум и пек так же как и канифоль, расплавляются при нагревании, а при охлаждении связывают зерна песка между собой.

При сушке стержней, изготовленных на искусственных термоактивных смолах, после нагрева и выделения воды смолы становятся неплавкими и нерастворимыми в воде. Термоактивные смолы при высушивании стержней образуют пленки на песчинках. Такие смолы до сушки растворяются в воде. Высушенные стержни отличаются незначительной гигроскопичностью. Стержни на таких крепителях сушат при 150—160° С.

При сушке стержней, изготовленных на сульфитной барде, декстрине, патоке, пектиновом клее и др., вода испаряется, частицы связующего сближаются, в результате чего между молекулами этих веществ возникают силы молекулярного сцепления. В стержнях, изготовленных на крепителе, содержащем крахмал, помимо удаления влаги при 60—80° С происходит процесс клейстеризации. При дальнейшем нагревании в водном растворе зерна крахмала переходят в коллоидальный раствор. Крахмалосодержащие смеси рекомендуется нагревать до 165—190° С. В смесях, содержащих патоку, после удаления воды образуется сахароза, а в смесях, содержащих сульфитный щелок, — смола, которая обладает склеивающей способностью.

Сушка стержней, изготовленных на глине, гипсе, цементе и др., должна производиться при 350—400° С, а при использовании бентонитовых глин — при 200° С.

Кроме обычной сушки стержней и форм применяют проявление форм и стержней. Проявление осуществляется при температуре от 40 до 100° С как с подогревом воздуха, так и без подогрева. Проявлением можно получить на поверхности форм и стержней прочную корочку. Хорошие результаты получаются при применении песчано-цементных смесей, а также смесей с жидким стеклом, с небольшими добавками к песчано-глинистым смесям 0,5—0,8% патоки или сульфитной барды.

Твердение стержней из смесей на жидком стекле. При приготовлении стержневой или формовочной смеси на жидком стекле зерна песка в результате их перемешивания в бегунах покрываются тонкой пленкой раствора жидкого стекла (силиката натрия). При продувке стержневой смеси углекислым газом последний растворяется в воде и частично реагирует с ней, образуя угольную кислоту.

В результате взаимодействия с углекислотой, водой жидкое стекло разлагается и образуется гель кремниевой кислоты, который связывает зерна смеси. Общая химическая формула для кремниевой кислоты $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Образовавшийся между зернами стержневой смеси гель связывает песчинки.

Чем больше удаляется воды из геля, тем выше будет прочность стержня.

Тепловая обработка стержней, изготовленных из смесей на жидком стекле, производится при 200—250° С. При таком способе сушки стержней прочность стержня выше, чем при продувке углекислым газом.

Продолжительность сушки стержней с крепителями на глинистых составляющих колеблется в зависимости от массы стержня (табл. 20).

Формы в зависимости от их размеров, массы, состава смеси и назначения отливок требуют различного режима сушки.

Сушка форм производится полная или поверхностная. Для большинства форм крупных отливок с целью сокращения процесса сушки применяют только поверхностную сушку. Полную или сквозную сушку форм производят при изготовлении особо ответственного литья. Мелкие, средние и крупные, тонкостенные и сложные формы также должны подвергаться сквозной сушке.

Поверхностная сушка форм производится на глубину от 10 мм и более различными способами: 1) использованием загоряющихся красок на бензине и спирте, которые обеспечивают подсушку слоя (1—2 мм) формы; 2) факелом с помощью газовых

Таблица 20

Продолжительность сушки стержней

Масса в кг	Продолжительность сушки в ч	Содержание глинистых составляющих в %
До 1	0,75—1,0	2
1—15	1,15—2,0	3
15—25	2,0—3,0	4
25—50	3,0—4,0	6
50—100	4,0—5,0	8
100—200	5,0—6,0	12

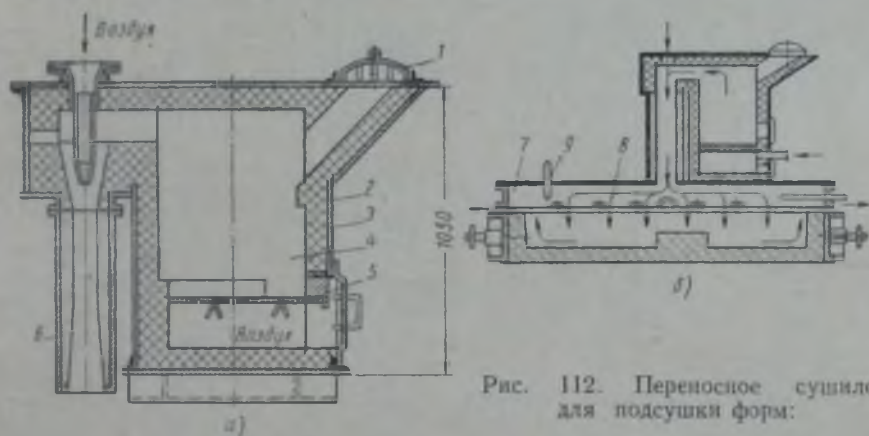


Рис. 112. Переносное сушило для подсушки форм:

а — переносное сушило; б — схема установки сушила на форму; 1 — крышка отверстия для загрузки топлива; 2 — стальной кожух; 3 — футеровка; 4 — камера; 5 — колосниковая решетка; 6 — патрубок; 7 — распределительная камера; 8 — отверстия для прохода горячих газов; 9 — термopара

и керосиновых горелок; при этом способе достигается просушка слоя формы толщиной 2—3 мм.

Для поверхностной подсушки форм на некоторых заводах применяют переносное сушило (рис. 112). Это сушило состоит из топki, в которой продукты горения разбавляются вторичным

воздухом до необходимой температуры и вводятся в распределительную камеру, откуда их вдувают в форму. Температура газов в распределительной камере контролируется пирометрами.

Подсушка может производиться инфракрасными лучами, получаемыми от специальных электроламп мощностью 250—500 вт. Лампы смонтированы на раме таким образом, что они могут перемещаться в вертикальном направлении, благодаря чему можно изменить высоту ламп над формами. Способ этот простой и дешевый, и его можно применять там, где имеется в достаточном количестве электроэнергия. Поверхностный слой формы, изготовленной из смеси на жидком стекле, можно упрочнять химической сушкой. Через толщину облицовочного слоя продувается газ CO_2 , и смесь приобретает необходимую прочность.

В табл. 21 приведены рекомендуемые режимы поверхностной подсушки форм по данным завода «Станколит».

Таблица 21

Рекомендуемые режимы поверхностной подсушки форм

Отливки	Масса отливок в кг	Формовочная смесь	Краска	Режим подсушки форм			
				Принадлежность	Температура в °С	Продолжительность в мин	Глубина высушенного слоя в мм
Мелкие	До 100	Обычная песчано-глинистая	Графитовая, наносится до подсушивания	Горелки	—	2—3	1—3
Средние	100—1000	Облицовочная с крепителями КТ, СП и СБ			260—290	20—30	8—10
Крупные	1000—5000	Обычная песчано-глинистая	Упрочняющая до подсушивания, после подсушивания графитовая	Переносные сушила	280—320	40—60*	15—20
		На жидком стекле	Графитовая, до и после подсушивания		270—300	70—80**	18—25
						20—35*	18—20
						45—70**	20—25

* При глубине полости формы до 400 мм.
 ** При глубине полости формы до 1000 мм.

Сушка форм, полная или сквозная, производится в различных сушилах. В большинстве случаев применяют сушила периодического действия: 1) тупиковые, представляющие собой камеры с полками и дверцами, причем последние имеются только с одной стороны; 2) проходные, отличающиеся от тупиковых наличием дверей с двух сторон; 3) ямные, представляющие собой камеры, расположенные ниже уровня пола.

Проходные сушила загружают формами с помощью тележек, а явные сушила через верх мостовым краном; для этой цели свод сушила делается съемным из отдельных секций.

Сушила периодического действия отапливаются твердым, жидким и газообразным топливом (рис. 113), в них можно производить и сушку стержней.

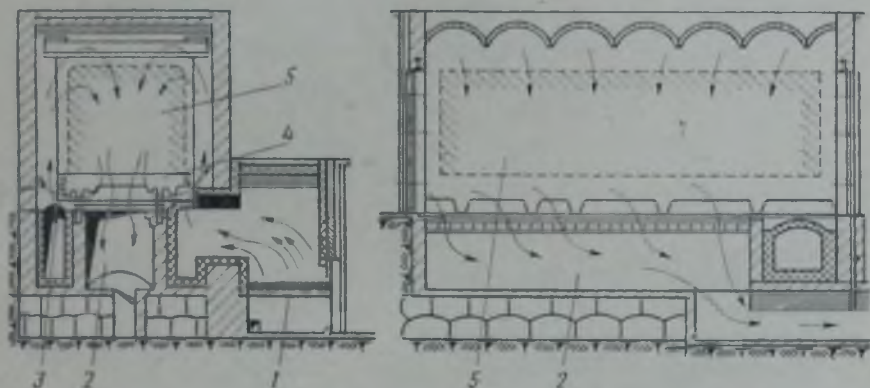


Рис. 113. Схема тупикового сушила периодического действия для сушки форм и крупных стержней:

1 — топка; 2 — вытяжной боров; 3 — газовые боровы; 4 — тележка; 5 — допускаемые габаритные размеры стержня

В табл. 22 приведены режимы сушки форм в зависимости от габаритных размеров форм и опок.

При применении быстросохнущих облицовочных смесей время сушки сокращается до нескольких минут.

Окраска и сушка стержней. После изготовления стержни окрашивают для получения чистой поверхности отливки и предупреждения пригара. Стержни окрашивают окунанием, пульверизатором или натиранием его специальной пастой. При нанесении на поверхность стержня большого слоя густой краски после сушки она может растрескиваться и осыпаться. При окраске стержня очень жидкой краской на отливке может появиться пригар.

В случае разового окрашивания стержня, краску рекомендуется наносить до сушки, так как на влажной поверхности поры между зёрнами смеси

Таблица 22

Продолжительность сушки форм в ч

Размер опок в мм	При литье	
	чугуна и цистых сплавов	стали
До 500×400×250	4—6	6—8
» 1000×800×400	6—8	8—12
» 3000×2000×500	8—12	12—16
» 5000×3000×700	12—24	16—24
Св. 5000×3000×700	24—36	24—36

лучше заполняются, выравнивается поверхность и создается прочный противопопригарный слой.

Крупные формы для толстостенных отливок окрашиваются два раза с последующей подсушкой при 120—150° С. Вторичное окрашивание рекомендуется производить при температуре не выше 50—70° С, так как при более высокой температуре краска неравно распределяется на поверхности стержня. При окрашивании стержней при температуре выше 100° С краска кипит, растрескивается и отслаивается. Стержни, изготовленные из смесей на жидком стекле, окрашивают безводными самовысыхающими красками. Стержни после окраски выдерживаются на воздухе в течение 2—2,5 ч.

Стержни, окрашенные водными красками, необходимо подсушивать. В случае натирки стержней пастой подсушивание не производят.

Крупные стержни для стальных отливок окрашивают пастой; на поверхность стержня наносят слой пасты, состоящий из 82—85% измельченного хромистого железняка, 3% патоки и 12—15% воды. Пасту наносят слоем 3—5 мм, а затем выравнивают гладилкой, провяливают и прошлифовывают.

При поверхностном упрочнении стержней для крупных отливок можно применять менее прочные смеси, снижающие брак отливок по ужиминам и трещинам в отливках. Упрочняющий слой наносится до окрашивания стержней. В качестве упрочнителей применяют различные крепители: КВ, сульфитный щелок, жидкое стекло и др. После сушки на поверхности стержня образуется корка толщиной 2—3 мм, имеющая прочность при растяжении более 3 кг/см² (0,3 Мн/м²). В мелкосерийном производстве отливок для сушки стержней мелких и средних габаритных размеров применяют сушильные шкафы различных конструкций: с секторными или выдвижными полками, а также тупиковые сушила с вытяжными стеллажами. Стеллажи загружают стержнями у рабочих мест стерженщиков и завозят в сушила электрокарами или автокарами с подъемной площадкой. Такие сушила занимают большую площадь и не обеспечивают высокой производительности.

Мелкие стержни массой до 600 г сушат в электрических печах с помощью воздуха, нагреваемого в калориферах, установленных сверху сушила. В литейных цехах массового и поточно-массового производства отливок для сушки стержней применяют четырехходовые горизонтальные и вертикальные конвейерные сушила. Стержни сушат также и в печах, нагреваемых токами высокой частоты. В табл. 23 приведена продолжительность сушки стержней в зависимости от их размеров и связующих материалов.

На рис. 114 приведена схема горизонтального четырехходового сушила конструкции ЗИЛ для сушки мелких и средних стержней. Сушило представляет собой конструкцию 1 коридорного типа, установленную на стойках. Внутри сушила над потолком проходит замкнутый цепной конвейер 2. На этом конвейере подвешены

этажерки 3 для высушивания стержней. Скорость конвейера от 0,52 до 2,43 м/мин. Длина конвейера в сушиле 154 м с числом этажерок 146. Полезная площадь этажерки для укладки стержней 4 м².

По характеру происходящих в сушиле процессов сушило делится на три зоны: подогрев, сушку и охлаждение. Соответ-

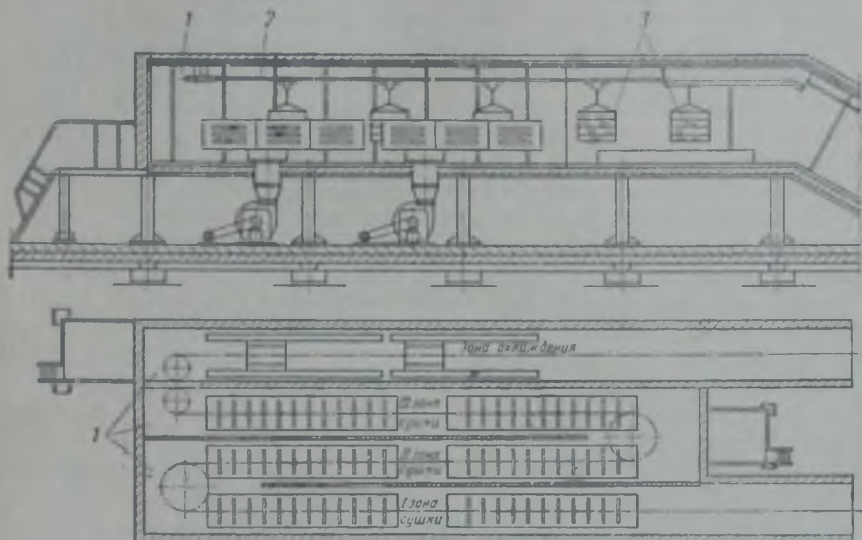


Рис. 114. Схема горизонтального конвейера четырехходового сушила для стержней

ственно этому сушило делится на три самостоятельных коридора. В зоне подогрева проходит одна ветвь конвейера, в зоне сушки — две, в зоне охлаждения — одна. Зона подогрева имеет длину 37 м, температура 40—80° С. Зона сушки имеет длину 83 м. Температура сушки колеблется от 200 до 235° С в зависимости от крепителя. Продолжительность сушки 110—120 мин при ско-

Таблица 23

Продолжительность сушки стержней в ч

Связующие материалы	Температура сушки в °С	При толщине стенок стержней в мм		
		до 100	100—200	св. 200
Органические	160—240	0,75—1,5	1,5—3,0	3,0—7,0
Глина	300—350	1,0—2,0	2,0—5,0	5,0—24,0
Жидкое стекло	200—250	0,75—1,0	1,0—2,0	2,0—5,0
Термореактивные смолы	300—400	0,3—0,75	0,75—1,5	—

ростн конвейера 1—1,5 м/мин. Производительность сушила до 3000 кг ч.

Вертикальное сушило применяется для сушки небольших стержней после склейки, ремонта и окраски. В вертикальном кожухе, стоящем на фундаменте, перемещается вертикально-замкнутый конвейер с подвешенными этажерками. Загрузка сырых стержней на этажерки производится через загрузочное окно. Стержни на этажерках поднимаются, попадают в зону более высоких температур, затем опускаются к разгрузочному окну. При этом стержни охлаждаются потоком холодного воздуха. Топка находится внутри сушила несколько выше загрузочного и разгрузочного окон. Сушило отапливается газом или мазутом. Производительность сушила от 0,8 до 2,5 т сухих стержней в час.

В электрическом поле высокой частоты сушат стержни, изготовленные на связующих, не требующих окислительного процесса. Особенностью сушки стержней в электрическом поле высокой частоты является то, что выделение тепловой энергии происходит в самой массе нагреваемого материала. Если стержень поместить между двумя параллельными электродами — металлическими пластинками, присоединенными к высокочастотному генератору, то возникает высокочастотное переменное поле. В стержне выделяется определенное количество тепла. Такой способ сушки исключает пережог стержней, так как температура стержня сначала резко повышается, а затем, достигнув наибольшей величины, падает по мере удаления влаги и уменьшения диэлектрических потерь. В печь необходимо загружать стержни одинаковых размеров и без каркасов, чтобы избежать местного перегрева стержней. При сушке стержней в высокочастотном поле необходимо соблюдать следующие условия: 1) сушильная камера должна иметь тепловую изоляцию и быть проходного типа (для создания потока); 2) сушка должна быть комбинированная, т. е. стержни нагреваются токами высокой частоты и в камеру подается воздух, подогретый до 120—180° С; 3) сушильные плиты должны быть подогреты до 30—50° С; 4) газы, выделяющиеся из стержней, должны удаляться из печи с помощью вентиляционного устройства.

9 в. ОТДЕЛКА, КОНТРОЛЬ И ХРАНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

После сушки стержни до отправки на склад подвергаются дополнительной обработке: зачистке заусенцев, замазке мелких дефектов и другим операциям. Зачистка заусенцев производится при помощи наждачного камня, напильника, проволоки, твердой резины и наждачной бумаги. Операция зачистки стержней в массовом и крупносерийном производстве осуществляется механизированным способом на карусельно-шлифовальных станках в специальных кондукторах. Поверхность стержней после сушки зачищают для того, чтобы придать им точные размеры. Припуск на зачистку стержней обычно составляет 1,5—2 мм.

Зачистка стержней производится в специальных кондукторах, изготовленных главным образом из алюминиевых сплавов и укрепленных на столе карусельного станка. В зависимости от габаритных размеров стержня на карусели шлифовального станка (рис. 115) устанавливается от 4 до 8 кондукторов. После зачистки стержень имеет ровную поверхность, обеспечивающую точные размеры при спаривании двух половинок.

Максимальное число оборотов камня в минуту — 8, а минимальное — 4. Производительность станка до 700 кусков стержней в час.

Заусенцы на стержнях зачищаются ручным способом на столах, а в механизированных цехах — на конвейерах.

При склеивании нескольких стержней один из них должен быть основанием, базой для остальных. Положение стержней проверяется шаблонами, щупом или мерительным инструментом. Чтобы предупредить сдвиг одного стержня относительно другого, их закрепляют прокладками, которые вынимают после высыхания клея или затвердевания легкоплавкого сплава.

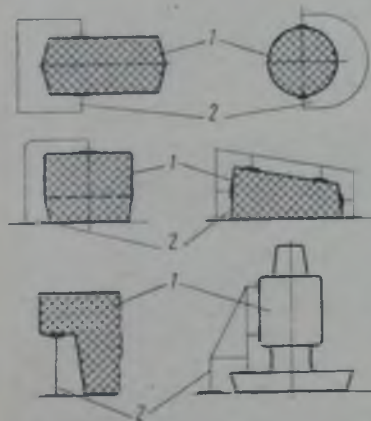


Рис. 116. Шаблоны для проверки стержней:
1 — стержень; 2 — шаблон

шаблоны, величину зазора между стержнем и шаблоном определяют при помощи щупа. Контроль размеров стержней может осуществляться и по двум шаблонам (рис. 116): проходному и непроходному. Стержень считается годным, если проходной шаб-

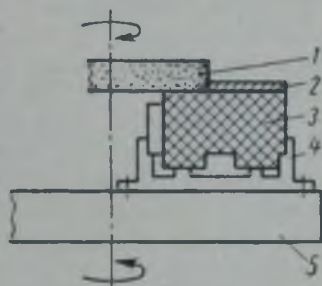


Рис. 115. Схема станка для обработки стержней:

1 — шлифовальный круг; 2 — припуск; 3 — стержень; 4 — кондуктор; 5 — стол шлифовального станка

Приемка стержней. После изготовления стержни должны контролироваться как по внешнему виду, так и по размерам. При внешнем осмотре стержней следует обращать внимание на плотность стержня, состояние поверхности, взаимное положение частей, образованных верхней и нижней половинками ящика, на точность спаривания стержней, заделку швов, окраску и сушку. При проверке по геометрическим размерам, оговоренным в операционных технологических картах на данные стержни, применяют мерительный инструмент, различные шаблоны, скобы и приспособления. Размеры стержней контролируются и по одному

лон, определяющий максимальный размер стержня, проходит, а непроходной не проходит.

Хранение стержней. После окончательной приемки стержней работниками ОТК цеха они поступают на склад готовых стержней, где их укладывают на специальные обитые войлоком стеллажи, для того чтобы они не обтирались и не изменяли размеров. Мелкие стержни складывают в специальную тару, которую затем устанавливают на подвесной конвейер для подачи их на рабочие места. Стержни аккуратно ставят на дно металлического ящика; иногда между ними делают прокладки из тонкого войлока. Стержни, находящиеся на складе, нельзя подавать горячими в формовочное отделение, так как они быстро впитывают влагу и в отливках образуются газовые раковины. Помещение на складе должно быть сухим. Стержни должны находиться там не больше определенного времени, так как при длительном их хранении они разрушаются. Срок хранения стержней, изготовленных на безмасляных крепителях, не должен превышать 5—7 дней.

Стержни в формовочное отделение можно подавать на тележках, подвесных конвейерах, краном или электрокарами и другими средствами. Стержни, поданные на рабочее место формовщика, укладывают на специальные стеллажи, обитые войлоком.

ГЛАВА VII

ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТЛИВОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

§ 1. ЭЛЕМЕНТЫ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Одним из важнейших условий получения качественной отливки является правильное устройство литниковой системы. Литниковая система служит для плавного подвода расплава в полость литейной формы. Подвод металла в форму имеет очень большое значение, так как при неправильном подводе расплавленного металла, даже в хорошо изготовленной форме, можно получить отливку с дефектами. Место подвода литников к отливке во многом определяет ее плотность, внешний вид и образование различных литейных пороков. Выбор литниковой системы, обеспечивающей получение отливок хорошего качества, является наиболее сложной частью литейной технологии. Поэтому формовщик, мастер и технолог при выборе литниковой системы должны учитывать совокупность элементов литейной технологии.

Правильно построенная литниковая система должна удовлетворять следующим требованиям: 1) обеспечить хорошее заполнение формы металлом и питание отливки в процессе ее затвердевания; 2) способствовать получению отливки с точными размерами,

без поверхностных дефектов (засоров, ужимки, шлаковых включений и др.); 3) литниковая система должна способствовать направленному затвердеванию отливки; 4) расход металла на литниковую систему должен быть наименьший.

Литниковая воронка для мелких отливок или литниковая чаша-резервуар для крупных отливок предназначены для приема струи металла, вытекающего из ковша, и задержания шлака, попадающего вместе с металлом в чашу. При полной до краев чаше чистый металл идет в стояк со дна ее, а более легкий шлак всплывает наверх. Кроме того, обеспечивается непрерывная подача металла в форму при одном и том же напоре. На рис. 117 приведена чугунная отливка с литниковой системой. Для задержания шлака отверстия стояков иногда закрывают чугунными пробками (рис. 118), тонкими жестяными пластинками. Пробки открывают после того как вся чаша заполнена металлом, пластинки же расплавляются горячим металлом. Форма должна заполняться металлом по возможности быстро, и металл должен быть достаточно горячим.

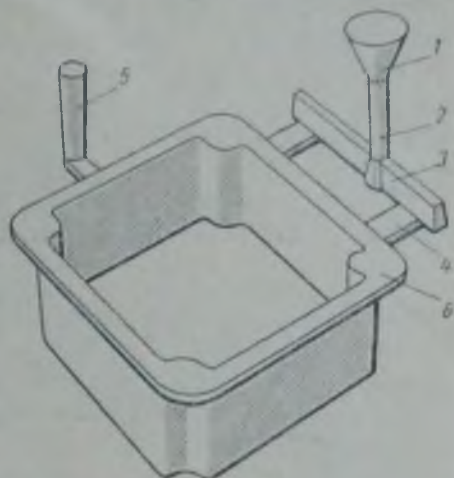


Рис. 117. Чугунная отливка с литниковой системой:

1 — литниковая воронка; 2 — стояк;
3 — шлакоуловитель; 4 — питатель;
5 — выпор; 6 — отливка

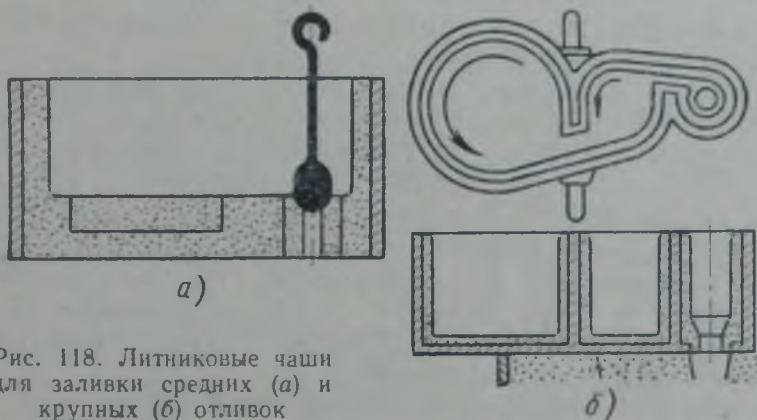


Рис. 118. Литниковые чаши для заливки средних (а) и крупных (б) отливок

Стояк — вертикальный канал, передающий металл из воронки к другим элементам литниковой системы.

Шлакоуловитель, обычно лежащий в горизонтальной плоскости, служит для задержания шлака и передачи из стояка металла, свободного от шлака, к питателям.

Питатели (литники) — каналы, предназначенные для подачи жидкого металла непосредственно в полость формы.

Выпоры служат для вывода газов из полости формы и для питания отливки. Они же уменьшают динамическое давление металла на форму и сигнализируют о конце заливки. В зависимости от величины формы ставят один или несколько выпоров. Сечение выпора в основании принимается обычно равным $1/2$ — $1/4$ сечения стенки отливки. Выше основания сечение выпора увеличивается.

К числу элементов литниковой системы, обеспечивающих питание

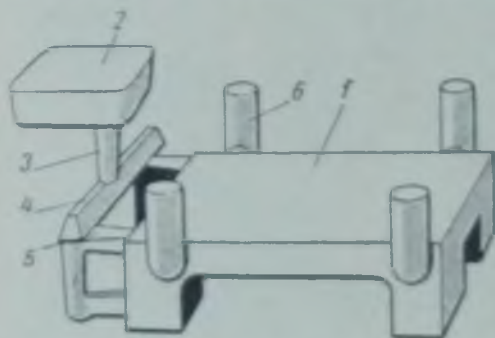


Рис. 119. Чугунная отливка с отводными питающими выпорами:

1 — отливка; 2 — литниковая чаша; 3 — стояк; 4 — шлакоуловитель; 5 — питатели; 6 — выпоры

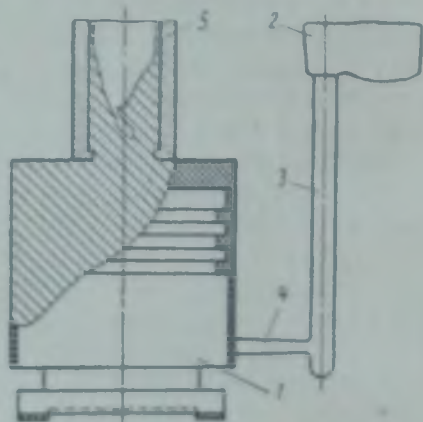


Рис. 120. Чугунная отливка с прямой прибылью:

1 — отливка; 2 — литниковая чаша; 3 — стояк; 4 — питатель; 5 — прибыль

отливки жидким металлом в процессе ее затвердевания, относятся питающие выпоры (рис. 119) и прибыли.

Прибыли и питающие выпоры применяют для изготовления отливок из белого низкоуглеродистого, легированного, высокопрочного чугуна, а также для толстостенных отливок из обычного чугуна. Они служат для питания утолщенных мест отливки, застывающих последними и должны располагаться так, чтобы металл в них застывал последним. Для этой цели прибыль делают большей толщины, чем то место отливки, над которым она ставится. Прибыли очень больших размеров экономически невыгодны, так как снижается выход годного литья, а себестоимость тонны годного литья увеличивается.

При конструировании прибылей необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Прибыль должна затвердевать позже питаемого узла отливки.
2. Размеры прибыли должны быть достаточными, чтобы компенсировать усадку отливок.
3. Высота прибыли должна быть такой, чтобы вся усадочная раковина разместилась бы в прибыли выше ее шейки — места со-

единения с отливкой. Шейка должна быть возможно короткой и так же, как прибыль, застывать после отливки. Если отливка имеет несколько утолщенных мест, разделенных тонкими стенками,



Рис. 121. Отливка коленчатого вала с отводными при-
былями из чугуна с шаровидным графитом:

1 — литниковая воронка; 2 — отводная прибыль; 3 — отливка

то у каждого утолщенного места необходимо ставить отдельную прибыль.

Схемы установки прямых и отводных прибылей приведены соответственно на рис. 120 и 121.

§ 2. СПОСОБЫ ПОДВОДА МЕТАЛЛА В ФОРМУ И КОНСТРУКЦИИ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

При выборе подвода металла в форму необходимо принимать во внимание не только конструкцию отливки, но и свойства заливаемого сплава. Подвод металла в тонкое место отливки производится с целью выравнивания скорости охлаждения тонкой и толстой частей отливки. В толстое место металл подводят в тех случаях, когда отливка имеет массивное сечение или ее тонкие стенки расположены таким образом, что к ним нельзя подвести литники. Чтобы уменьшить напряжения в отливках цилиндрической формы, питатели устанавливают в нескольких местах. Подобная литниковая система применяется и для ряда отливок, имеющих равномерные стенки, например гладкие, тонкие плиты, плоские штампы и др.

Рассредоточенная литниковая система применяется для того, чтобы уменьшить коробление отливки и предохранить ее от зазора, «ужимин».

Литниковые системы делятся на сифонные, с подводом металла по плоскости разъема, дождевые, ярусные и комбинированные. Каждому из указанных способов подвода металла присущи опре-

деленные преимущества и недостатки. Тот или иной способ подвода металла выбирают в зависимости от конфигурации, назначения и материала отливки.

Литниковые системы с подводом металла по плоскости разъема (рис. 122) являются наиболее простыми и применяются широко для большинства отливок, имеющих глубину формы от линии разъема до 200 мм (допустимая высота, с которой входящий в форму расплавленный металл падает на дно формы, не причиняя ей сколько-нибудь заметных разрушений). В случае применения этой литниковой системы следует учитывать массу металла и давление его на стенки формы, которое зависит от высоты стояка. Для регулирования подачи металла в полость формы в литниковой системе делают «дрессели», назначение которых создать торможение на пути поступающего в форму металла. Дрессели также препятствуют попаданию шлака в форму вместе с металлом. Литниковая система с дресселями

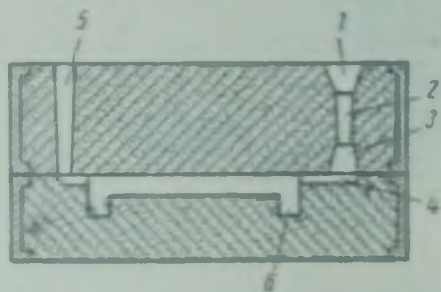


Рис. 122. Литниковая система с подводом металла по плоскости разъема формы:

- 1 — литниковая воронка; 2 — стояк;
- 3 — шлакоуловитель; 4 — питатель;
- 5 — выпор; 6 — отливка

применяется для отливок из высокопрочного серого чугуна, а также для отливок из серого чугуна с массивными узлами.

Сифонная литниковая система (рис. 124) обеспечивает спокойное заполнение металлом формы, ее применяют как для мелкого, так и для крупного чугунолития. В массовом производстве мелких отливок на формовочных машинах сифонную литниковую систему применяют редко, так как она требует изготовления специальных стержней.

Сифонная литниковая система широко применяется при ручной формовке. Принцип сифонной литниковой системы заключается в том, что металл подводится к нижней части отливки. Например, шестерни с литым зубом, где исключается подвод питателя к зубьям шестерни, металл подводится снизу к муфте.

Дождевые литниковые системы широко применяются при ручной формовке средних и крупных отливок, таких, как маховики, шестерни, цилиндры и т. д. Металл подается в форму сверху, через ряд литниковых отверстий малого диаметра, выполненных в верхней опоке или специальном литниковом стержне (рис. 125).

Дождевая литниковая система имеет недостаток: при падении струй металла на дно формы или зеркало металла возможно разбрызгивание и образование «корольков» — каплей затвердевшего металла на стенках формы, не сваривающихся с основным металлом отливки. Поэтому на практике применяют комбинированную литниковую систему.

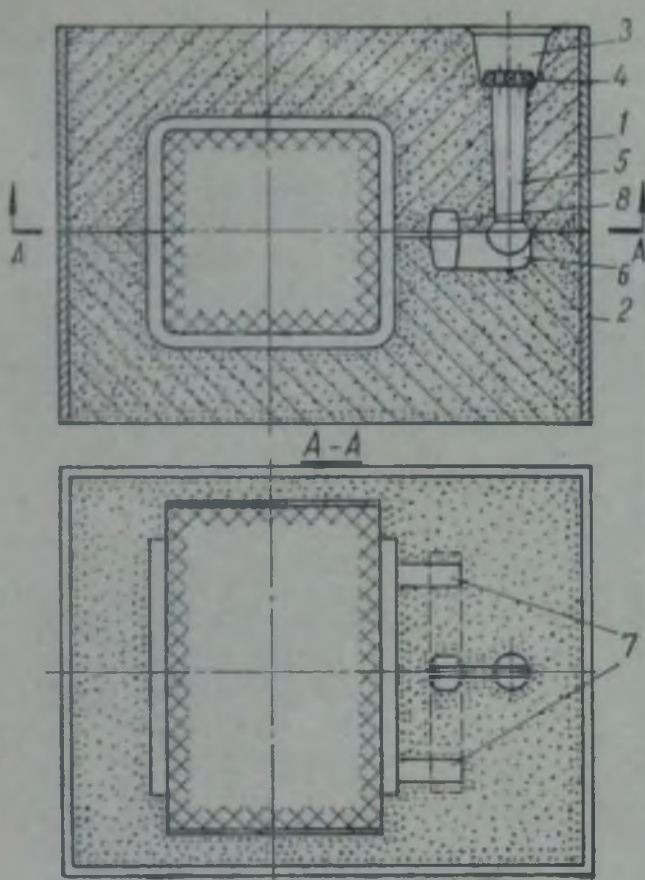


Рис. 123. Отливка с дроссельной литниковой системой:

1, 2 — верхняя и нижняя полуформы; 3 — чаша; 4 — фильтровальная сетка; 5 — стояк; 6 — дроссель; 7 — питатель; 8 — шлакоуловитель

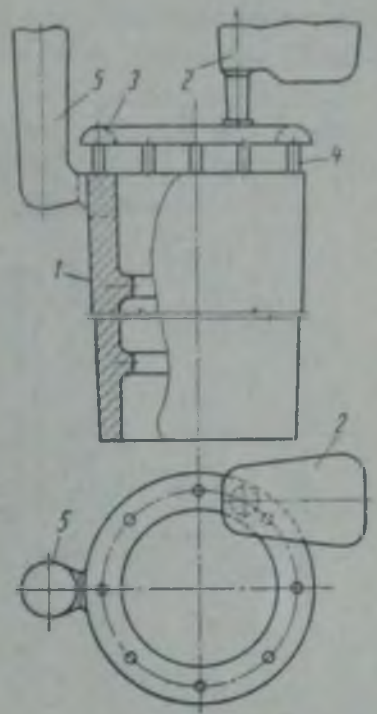


Рис. 125. Дождевая литниковая система для отливки чугуна цилиндра:

1 — отливка; 2 — литниковая чаша; 3 — шлакоуловитель; 4 — питатели; 5 — выпор

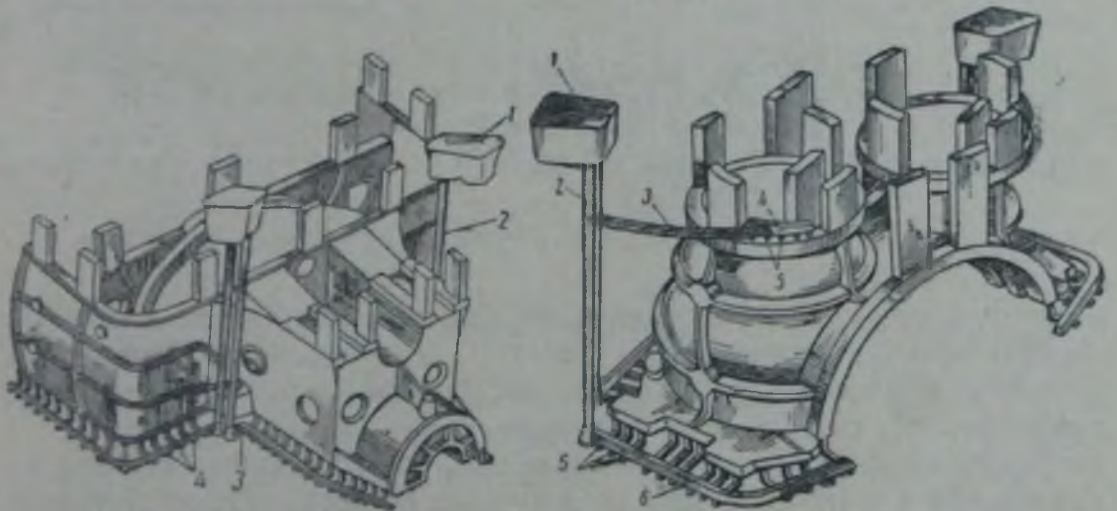


Рис. 124. Сифонная литниковая система для чугуна отливки паровой турбины:

1 — литниковая чаша; 2 — стояк; 3 — шлакоуловитель; 4 — питатели

Рис. 126. Отливка с комбинированной литниковой системой:

1 — литниковая чаша; 2 — стояк; 3 — верхний литниковый канал; 4 — верхний шлакоуловитель; 5 — питатели; 6 — нижний шлакоуловитель

Преимущество дождевой литниковой системы — равномерное заполнение расплавленным металлом всей формы без перегрева отдельных ее частей движущимся металлом. Благодаря этому тело отливки получается плотнее, без газовых раковин и шлаковых включений, кроме того, пористость и усадочные раковины в отливках уменьшаются.

Комбинированная литниковая система (рис. 126) применяется для высоких тонкостенных отливок, которые заливается сначала снизу,

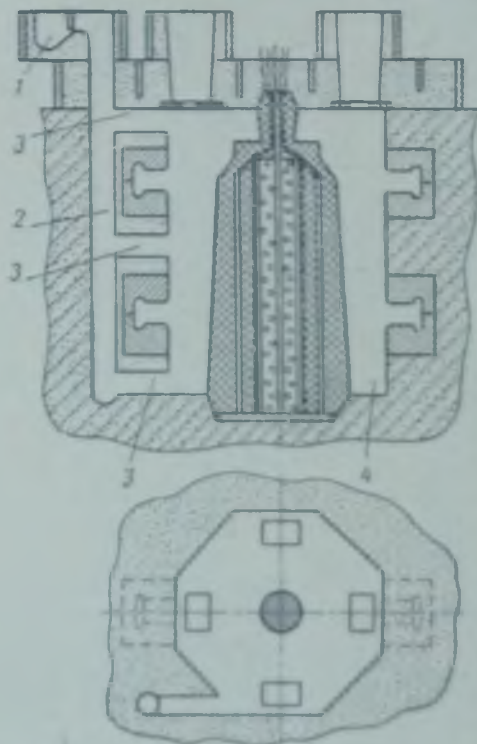


Рис. 127. Комбинированная литниковая система для высокой и толстостенной отливки.

1 — литниковая чаша; 2 — стояк; 3 — питатель; 4 — отливка

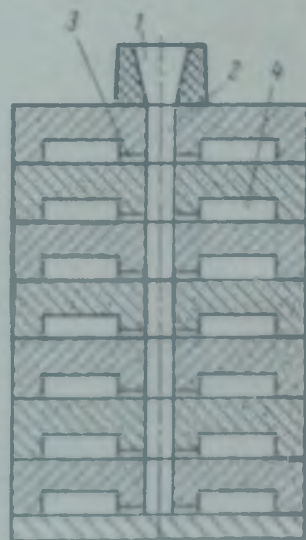


Рис. 128. Ярусная литниковая система:

1 — литниковая воронка; 2 — стояк; 3 — питатель; 4 — форма

а затем сверху. В начале заливки форма заполняется металлом через сифонную литниковую систему, а затем через дождевую. Благодаря такому заполнению форма предохраняется от разрушения, образования «корольков».

Комбинированная система, изображенная на рис. 127, применяется для изложниц и других крупных отливок. По мере заполнения формы уровень металла в распределительных стояках поднимается и с определенного момента начинают работать верхние питатели.

Ярусные литниковые системы (рис. 128) применяются при стопочной формовке мелких отливок.

§ 3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

При разработке технологии изготовления отливки технолог-литейщик должен не только выбрать способ подвода расплавленного металла в форму, но и определить размеры элементов литниковой системы. Последнее приобретает важное значение не только потому, что литниковая система оказывает непосредственное влияние на качество отливки, но и потому, что расход металла на литниковые системы в зависимости от массы отливки может составлять значительную величину (рис. 129).

Задача определения точных размеров литниковой системы в каждом конкретном случае является практически невыполнимой вследствие сложности явлений, происходящих при заполнении формы жидким металлом. Поэтому на практике используются упрощенные методы, основанные на следующих допущениях. Жидкий металл рассматривается как идеальная жидкость с постоянной вязкостью; тепловое взаимодействие металла и формы (охлаждение металла и нагрев формы) при ее заполнении не учитывается; истечение жидкого металла из питателя в полость формы подобно истечению жидкости под постоянным напором через отверстие в стенке сосуда.

Расчет литниковой системы по способу Озанна—Диттерта. Прежде всего находят суммарное сечение питателей, а затем размеры остальных элементов литниковой системы: стояка и шлакоуловителя.

Суммарное сечение питателей находят по формуле

$$F_n = \frac{G}{\gamma t v} = \frac{G}{\gamma t \mu \sqrt{2gH_p}} \quad (6)$$

где v — скорость истечения металла в $см/сек$;

μ — коэффициент сопротивления;

t — продолжительность заливки в $сек$;

G — масса отливки в $г$;

γ — плотность металла (для расплавленного чугуна $\gamma = 7 г/см^3$);

g — ускорение силы тяжести в $см/сек^2$;

H_p — расчетный статический напор металла в $см$.

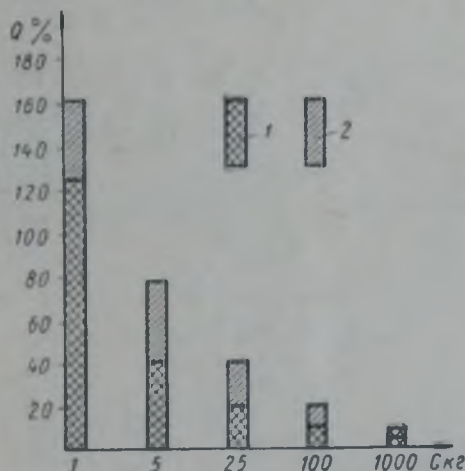


Рис. 129. Диаграмма зависимости расхода Q металла от массы G отливки: 1 — отливки среднего станочного машиностроения; 2 — отливки индивидуального литья

Неизвестными в формуле (6) являются H_p , μ , t . Расчетный статический напор зависит от размера отливки и определяется из следующего соотношения:

$$H_p = \frac{2HC - P^2}{2C} = H - \frac{P^2}{2C},$$

где H — высота стояка от места подвода металла в форму в см;

C — высота отливки в см;

P — высота отливки от места подвода металла в форму в см.

При сифонной заливке (рис. 130, а) $P = C$, $H_p = H - \frac{C}{2}$.

При заливке сверху $P = 0$ (рис. 130, б), $H_p = H$.

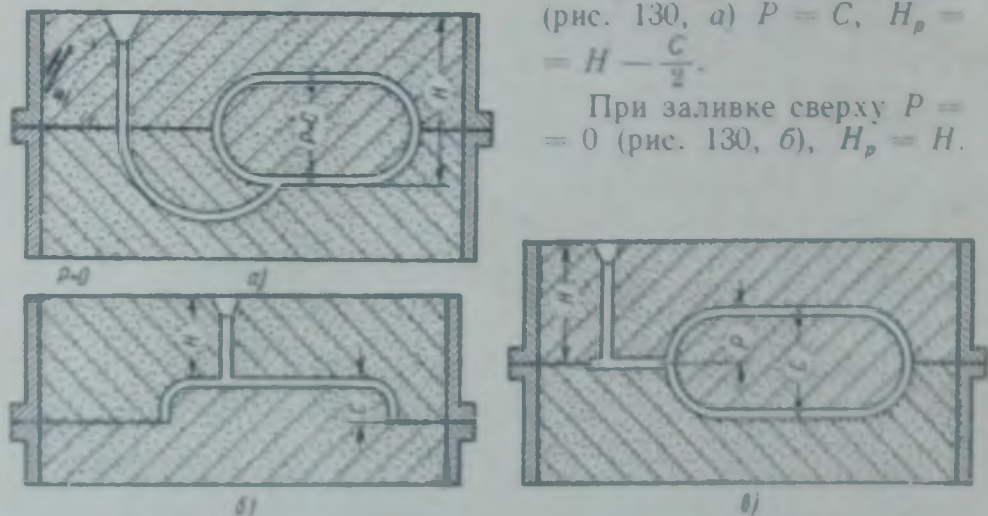


Рис. 130. К расчету напора металла при заливке

При подводе металла по плоскости разъема формы (130, а) при $P = \frac{C}{2}$, $H_p = H - \frac{C}{8}$.

Время заливки формы тонкостенных, сложных по конфигурации отливок со стенками толщиной 2,5—1,5 мм и массой до 450 кг определяется по формуле

$$t = s\sqrt{G},$$

где G — масса отливки с литниками в кг;

s — коэффициент, учитывающий толщину стенок отливки; при толщине стенок 2,5—3,5 мм, 3,5—8,0 мм, 8—15 мм s соответственно равен 1,68, 1,85, 2,2.

Для средних и крупных отливок массой до 1000 кг

$$t = s\sqrt{G\delta},$$

где δ — толщина отливки в мм

δ в мм	До 10	20	40	До 80 и выш.
δ в мм	1,0	1,35	1,5	ше 1,7

Значительно труднее определить коэффициент μ , который характеризует общее гидравлическое сопротивление формы движущемуся металлу и зависит от сопротивления в литниковой системе μ_1 и сопротивления в форме μ_2 :

$$\mu = \mu_1 \mu_2.$$

Исследованиями было установлено, что для чугунного литья среднее значение $\mu = 0,75 \div 0,85$, т. е. потери в литниковой системе на трение в каналах, повороты, завихрение, сужение струи и др. составляют приблизительно 20%. Коэффициент μ_2 формы зависит прежде всего от конфигурации отливки, количества выделяющихся газов из формы, газопроницаемости и влажности, завихрений и ударов расплава в форме. Величину μ невозможно подсчитать, поэтому ее принимают для расчетов на основании практических данных. Например, для тонкостенных чугунных отливок (толщина стенок до 10 мм) с большим сопротивлением формы

$$\mu = 0,34.$$

Подставляя значение μ в формулу (6), а также значение t , γ получим

$$F_n = \frac{G}{0,34s \sqrt{G} \cdot 0,31 \sqrt{H_p}}.$$

Обозначим через $x = \frac{1}{0,31 \cdot 0,34s}$, тогда формула примет следующий вид:

$$F_n = \frac{x \sqrt{G}}{\sqrt{H_p}}.$$

При толщине стенок отливки в мм: 2,5—3,5; 3,5—8,0 x соответственно равняется 5,8; 4,9; 4,3.

Из формулы видно, что при одной и той же массе отливки, но с уменьшением толщины стенки суммарная площадь питателей увеличивается и наоборот.

По найденной величине питателей F_n находят площадь шлакоуловителя $F_{шл}$ и стояка $F_{ст}$ при литье: тонкостенном мелком

$$F_n : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,06 : 1,11;$$

среднем и мелком

$$F_n : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,15;$$

среднем и крупном

$$F_n : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,5 : 2;$$

крупном

$$F_n : F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4.$$

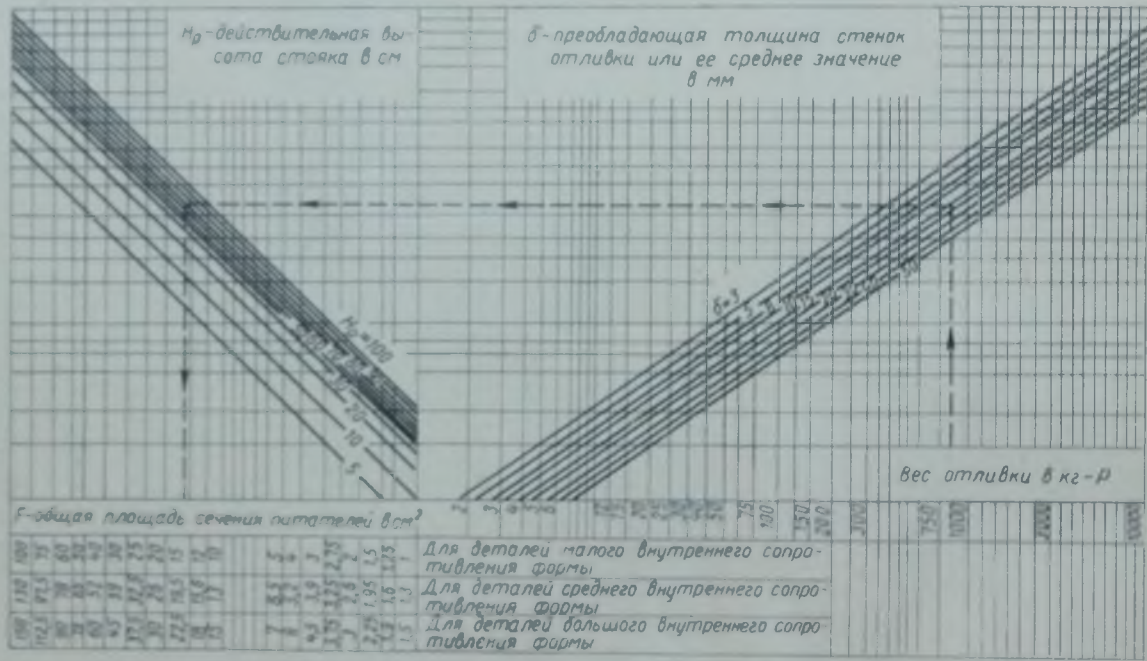


Рис. 131. Номограмма К. А. Соболева для расчета сечения питателей $F_{\text{пит}}$

Расчет литниковой системы по номограмме К. А. Соболева.
 На основании обобщения большого практического материала по конструированию и расчету литниковых систем для чугунного литья К. А. Соболев разработал номограмму, которая значительно упрощает расчет литниковой системы. По номограмме К. А. Соболева (рис. 131) рассчитываются площади сечения питателей для среднего машиностроительного литья. Номограмма К. А. Соболева позволяет определить суммарную площадь сечения питателей F_n в зависимости от массы (веса) отливки G , толщины стенки δ и расчетного напора H_p . Допустим, что необходимо рассчитать литниковую систему для чугунной отливки массой 900 кг с преобладающей толщиной стенки 15 мм. Расчетная высота стояка

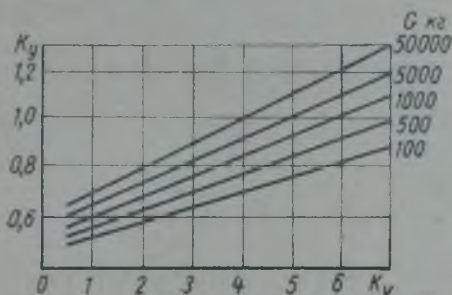


Рис. 132. График для определения удельной скорости заливки K_v

равна 60 см, форма отливки имеет среднее сопротивление. По номограмме в правой части находим точку, соответствующую 900 кг, затем восстановим в ней перпендикуляр к оси абсцисс и продолжим его до пересечения с наклонной линией, соответствующей толщине стенки 15 мм. Из найденной точки проводим влево линию, параллельно оси абсцисс, до пересечения с наклонной линией, которая соответствует расчетной величине напора 60 см, и из точки пересечения этих двух линий опускаем перпендикуляр на ось абсцисс. Пересечение этого перпендикуляра с осью абсцисс указывает на то, что для формы со средним сопротивлением суммарная площадь сечения питателей F_n для данной отливки равна 19,5 см². По данной номограмме определяется суммарная площадь питателей для сырых форм. Если же формы заливаются металлом по-сухому, то вводится поправочный коэффициент от 0,8 до 0,85.

Расчет литниковой системы по удельной скорости заливки.
 На Ново-Краматорском заводе суммарную площадь питателей для крупного чугунного литья определяют по формуле

$$F_n = \frac{G}{TK_v}, \quad (7)$$

где K_v — удельная скорость заливки в кг/см²·сек.

В формуле (7) неизвестными являются t и K_y . Продолжительность заливки находят по формуле

$$t = s \sqrt{2\rho G}, \quad (8)$$

где ρ — постоянный параметр, равный 0,62, вычисленный на основании того, что тонна чугуна заливается за 35 сек.

Удельная скорость заливки K_y определяется по графику (рис. 132). Сначала устанавливают объемный коэффициент K_V :

$$K_V = \frac{G}{V},$$

где G — масса жидкого металла с литниками;

V — объем отливки, взятый по крайним точкам (по чертежу), в дм^3 .

Удельную скорость заливки K_y находят по графику в зависимости от массы отливки и K_V . Затем найденные величины t и K_y подставляют в формулу (7) и находят F_n . Для определения площадей сечения элементов литниковой системы рекомендуется следующее соотношение:

$$F_n : F_{шл} : F_{от} = 1 : 1,2 : 1,4.$$

Другие способы расчета литниковых систем базируются на определении оптимальной продолжительности заливки или весовой скорости заливки. Эти способы часто основываются на производственных данных с учетом местных условий и поэтому они не являются универсальными.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЖИДКОГО ЧУГУНА

ГЛАВА I

ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
СЕРОГО ЧУГУНА

§ 1. ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Литейными свойствами называются технологические свойства металлов и сплавов, которые проявляются при заполнении формы, кристаллизации и дальнейшем охлаждении отливки.

Наиболее важные технологические литейные свойства сплавов: жидкотекучесть, усадка (объемная и линейная), склонность сплавов к образованию горячих трещин в отливках, герметичность сплавов в отливках, склонность к образованию газовой пористости, склонность к ликвации.

Жидкотекучесть. Жидкотекучестью сплава называется его способность в расплавленном состоянии заполнять полость формы. При заливке литейной формы расплавом с плохой жидкотекучестью в отливках получается брак по недоливкам. Особое значение жидкотекучесть сплава имеет при получении отливок сложной конфигурации с тонкими стенками.

Жидкотекучесть оценивается длиной пути, пройденного металлом в стандартной форме, и соответственно измеряется в мм и см. Жидкотекучесть сплавов измеряют при помощи заливки специальных технологических проб в виде тонких прутков, пластин, прямых или спиральных. Для чугуна часто применяют спиральную пробу (рис. 133), имеющую трапециевидное сечение площадью $0,56 \text{ см}^2$. После заливки измеряют длину заполнившейся части спирали, которая и характеризует жидкотекучесть. Жидкотекучесть зависит от химического состава сплава и температуры заливки.

При изучении влияния химического состава ($C + Si$) чугуна на его жидкотекучесть установлено, что жидкотекучесть возрастает с увеличением содержания кремния, фосфора и особенно углерода, достигая максимума в чугунах эвтектического состава, определяемого суммой $C + \frac{1}{3} Si + \frac{1}{2} P$ (рис. 134). Фосфор улучшает жидкотекучесть чугуна, уменьшая его поверхностное натяже-

ние и вязкость, образуя легкоплавкую фосфидную эвтектику. Большое значение имеет повышенное содержание фосфора до 1,0—1,5% для художественного литья, где требуется повышенная жидкотекучесть. Сера и марганец в отдельности слабо влияют на жидкотекучесть, но при наличии обоих этих элементов образуется MnS , сильно понижающий жидкотекучесть.

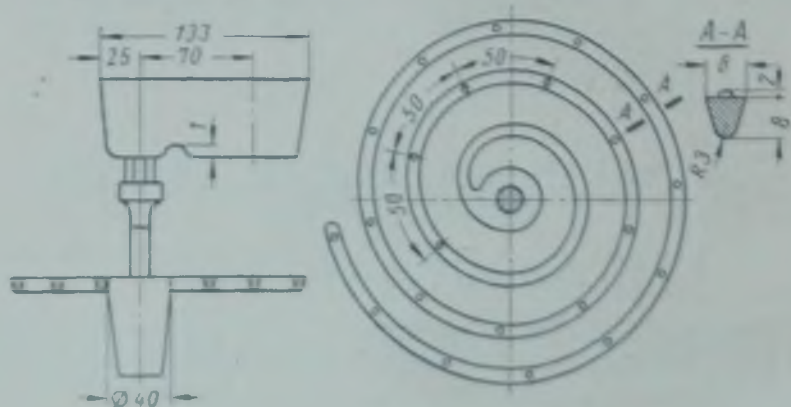


Рис. 133. Технологическая проба для определения жидкотекучести чугуна

Низкоуглеродистый перлитный чугун (2,8—3,0% С) на диаграмме состояния $Fe-Fe_3C$ располагается дальше от эвтектики (4,30% С), чем высокоуглеродистый (3,5% С), поэтому его жидкотекучесть ниже, чем у серого чугуна. Белые чугуны обладают еще худшей жидкотекучестью по сравнению с перлитными, так как белый чугун находится еще дальше по составу от эвтектического чугуна.

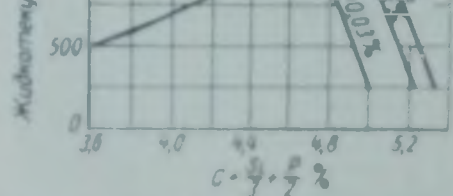


Рис. 134. Влияние углерода, кремния и фосфора на жидкотекучесть чугуна

В низколегированных чугунах никель и медь слабо повышают жидкотекучесть, присадка магния и церия не оказывает на нее влияния, а хром, молибден и титан понижают ее.

Усадка. Усадкой называется свойство металлов и сплавов изменять (уменьшать) объем при затвердевании и охлаждении.

В период охлаждения жидкого чугуна происходит уменьшение его объема. Одновременно с этим происходит графитизация чугуна, способствующая увеличению его объема. Суммарная объемная усадка чугуна в жидком состоянии составляет 1,1—1,8% на каждые 100° С понижения температуры расплава.

Объемная усадка чугуна в период затвердевания тем меньше, чем меньше интервал кристаллизации и больше количество графита, выделяющегося непосредственно из жидкого металла в процессе затвердевания. В процессе графитизации увеличивается объем чугуна, в связи с этим усадка колеблется в пределах от 1 до 1,3%. Усадка в твердом состоянии (определяется обычно как линейная) состоит из нескольких этапов (рис. 135), из которых имеют практическое значение три: предусадочное расширение $\epsilon_{рас}$, доперлитная усадка $\epsilon_{дп}$ и послеперлитная усадка $\epsilon_{пп}$. Кроме того, различают полную ϵ_n и действительную ϵ_d усадку. В чугунах предусадочное расширение $\epsilon_{рас}$ зависит от процесса графитизации,

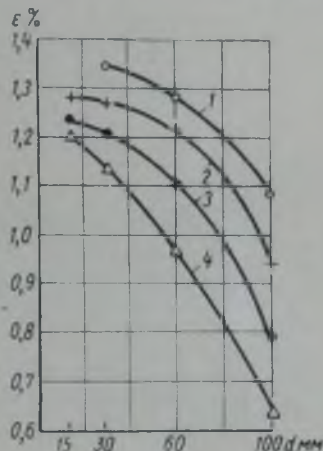
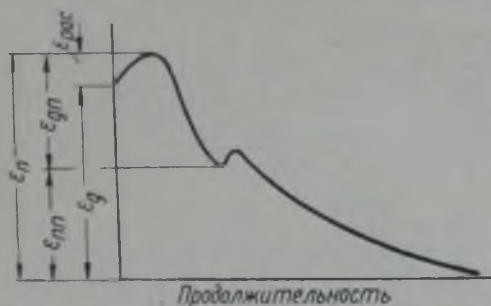


Рис. 135. Кривая линейной усадки чугуна

Рис. 136. Влияние состава чугуна и толщины d отливки на линейную усадку ϵ :

- 1 — 3,21% C; 1,25% Si;
- 2 — 3,18% C; 1,63% Si;
- 3 — 3,30% C; 1,78% Si;
- 4 — 3,40% C; 1,98% Si

от того количества графита, которое выделяется в твердой массе металла в период затвердевания. На предусадочное расширение $\epsilon_{рас}$ влияет давление жидкого металла на твердую массу чугуна и выделение графита в жидкой части отливки.

Свободная усадка зависит главным образом от состава чугуна и скорости охлаждения. Свободная усадка тем меньше, чем больше содержание углерода и кремния и больше толщина отливки. При этом послеперлитная усадка $\epsilon_{пп}$ изменяется мало и составляет всего 1%. Полная ϵ_n усадка представляет собой сумму доперлитной и послеперлитной усадок. Действительная же усадка не учитывает предусадочного расширения.

При торможении усадки отливки полная усадка и действительная усадка соответственно уменьшаются.

На рис. 136 приведена усадка ϵ чугуна в зависимости от толщины отливки и состава чугуна. В табл. 24 даны значения отдельных этапов линейной усадки разных чугунов.

Линейную усадку определяют специальными приборами, один из которых изображен на рис. 137.

Усадка вызывает образование в отливках усадочных раковин и пористости. Усадочные раковины образуются в утолщенных местах отливки, затвердевающих последними. Более тонкие части отливки получаются плотные, без раковин, так как при затвердевании они питаются металлом из более толстых частей. Усадочная раковина в массивных частях отливок имеет форму неправильной воронки с неровной, рваной поверхностью. Поэтому усадочные

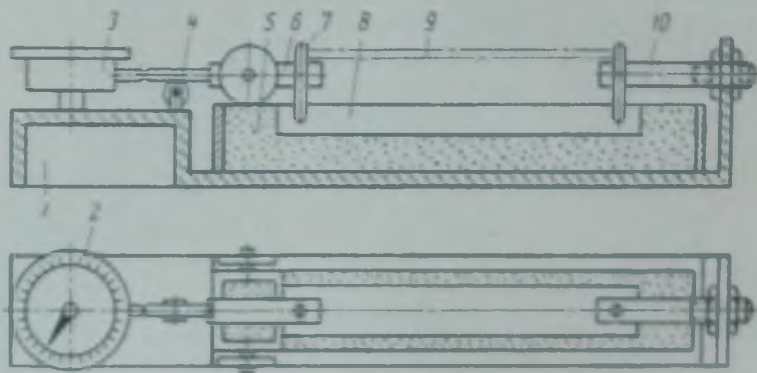


Рис. 137. Схема прибора для определения линейной усадки:

1 — полый металлический корпус; 2 — диск с циферблатом; 3 — индикаторная головка; 4 — ролик; 5 — опока; 6 — передняя каретка; 7 — шпилька; 8 — пробный брусок 30 x 75 x 25 мм; 9 — контрольная планка; 10 — задняя каретка

раковины легко отличить от газовых раковин, имеющих гладкую поверхность.

Скопление мелких усадочных раковин образует усадочную пористость, рыхлоту. Появление в отливках усадочных раковин, сосредоточенной или рассеянной формы, зависит от процесса затвердевания отливки.

На рис. 138 дана схема образования в фасонной отливке усадочной раковины. Тонкие стенки отливки могут частично затвердевать и усаживаться, когда еще идет процесс заполнения формы

Таблица 24

Значения этапов свободной линейной усадки разных чугунов в %

Чугун	$\epsilon_{\text{рас}}$	$\epsilon_{\text{от}}$	$\epsilon_{\text{от}}$	$\epsilon_{\text{д}}$	$\epsilon_{\text{п}}$
Белый	0,1	0,6—1,0	0,9—1,05	1,5—2,0	1,5—2,1
Серый	0,1—0,25	0,2—0,35	0,9—1,05	0,9—1,3	1,1—1,4
Высокопрочный со структурой П+Г, П+Ф+Г, П+Ц+Г	0,2—0,3	0,6—0,85	0,9—1,05	1,2—1,7	1,5—1,9

металлом (рис. 138, а). Корочка твердого металла образуется не сразу после заливки формы металлом, а через некоторый промежуток времени (рис. 138, б). В течение этого периода отливка питается за счет литниковой системы. Затем следует усадка жидкого металла внутри твердой корочки при охлаждении металла до температуры начала кристаллизации или температуры ликвидуса (рис. 138, в). В следующий период происходит кристаллизация жидкого металла отливки внутри твердой корки, при которой металл усаживается, в результате образуется раковина (рис. 138, г). Последний период охлаждения затвердевшей отливки сопрово-

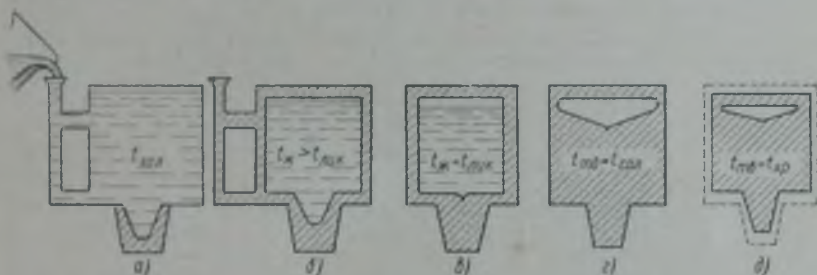


Рис. 138. Схема образования усадочной раковины в фасонной отливке

ждается усадкой твердого металла и сокращения объема отливки и усадочных раковин (рис. 138, д).

Объем усадочных раковин может увеличиваться с повышенном температуры заливки металла, а также с изменением химического состава металла. Например, такие элементы в чугуне, как углерод и кремний уменьшают усадку, а марганец, хром и сера увеличивают. Следует отметить неблагоприятное влияние фосфора, способствующего развитию пористости, особенно при низком содержании углерода.

На рис. 139 показана проба, по которой определяют объем концентрированных усадочных раковин. Раковину заполняют керосином или сухим песком. Усадочная пористость определяется сравнением объемов всей пробы и наиболее плотной ее части методом гидростатического взвешивания их в воде.

Объем усадочной пористости (в %) находят по формуле

$$V_{\text{ус. пор}} = \left[1 - \frac{Q_{\text{жс}}}{(Q - Q_{\text{жс}}) \gamma} \right] 100,$$

где Q — масса пробы на воздухе;
 $Q_{\text{жс}}$ — масса пробы в воде или другой жидкости;
 γ — плотность нижней части пробы;
 $\gamma_{\text{жс}}$ — плотность воды.

При высоких температурах в процессе затвердевания, когда между кристаллами имеется жидкая прослойка, препятствия усадке могут вызвать образование горячих трещин в отливке.

Горячие трещины могут возникнуть также от неравномерного охлаждения отдельных частей отливки в толстых и тонких сечениях, особенно в углах и переходах толстой стенки в тонкую. Чем меньше усадка чугуна и больше его предусадочное расширение, тем меньше опасность образования горячих трещин. Чугуны по росту склонности к образованию горячих трещин можно расположить в следующем порядке: высокопрочный чугун со структурой

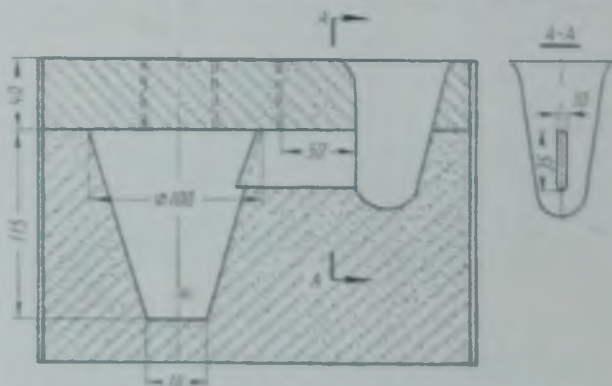


Рис. 139. Пробы для определения объема усадочных раковин

П + Г (перлит + графит) или П + Ф + Г (перлит + феррит + графит); серый чугун и серый со структурой П + Ц + Г (перлит + цементит + графит); низкоуглеродистый и легированный чугун; белый чугун.

Неравномерность химического состава отдельных частей отливки называется зональной ликвацией. Этот вид ликвации характерен для массивных, медленно охлаждающихся отливок. Более тонкие стенки отливки и наружные слои затвердевают раньше, поэтому они содержат меньше примесей, чем более массивные и внутренние слои.

Зональная ликвация развивается тем сильнее, чем медленнее охлаждение, и проявляется главным образом в толстостенных отливках. В сером чугуне наблюдаются два типа ликвации кремния: дендритная и эвтектическая. Дендритная ликвация возникает и развивается в процессе выпадения избыточного аустенита при затвердевании чугуна доэвтектического состава. Эвтектическая ликвация наблюдается при затвердевании эвтектики в соответствующем температурном интервале.

Внутрикристаллическая ликвация — неравномерность химического состава внутри отдельных зерен, встречается чаще в отливках из сплавов, образующих твердые растворы. Основная причина

ее появления в том, что скорость затвердевания отливки превышает скорость диффузии, необходимую для выравнивания химического состава. Для чугунных отливок внутрикристаллическая ликвация не имеет существенного значения.

§ 2. ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧУГУНА

Чугуном называется многокомпонентный сплав железа с углеродом (2,0—4,5%) и другими элементами: 0,5—3,5% Si; 0,3—1,5% Mn; до 1% P и 0,15% S. Для улучшения механических свойств в него могут вводиться в различных количествах специальные или легирующие добавки (никель, хром, молибден, титан, медь и др.). Свойства чугуна в отливке зависят от его микрострук-

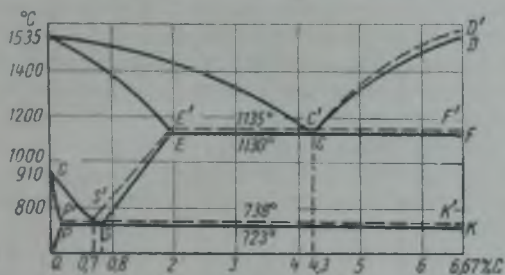


Рис. 140. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

туры и химического состава. По содержанию углерода чугуны делятся на доэвтектические, эвтектические и заэвтектические. При затвердевании доэвтектических чугунов выделяется в первую очередь высокоуглеродистая фаза: первичный графит или первичный цементит. Затвердевание эвтектики происходит при температуре эвтектической остановки. Состав эвтектики и температура эвтектического превращения зависят от того, в какой системе, стабильной или метастабильной, оно происходит. При медленном охлаждении сплавов железо—углерод происходит выделение свободного углерода в виде графита. Для этого случая на диаграмме (рис. 140), кроме Fe—Fe₃C, нанесены пунктирные линии системы Fe—C, когда углерод не вступает в химическое соединение с железом и не образует цементит. Таким образом, получаются как бы две диаграммы, наложенные друг на друга.

Диаграмма Fe—C в общем сходна с диаграммой Fe—Fe₃C, но линии ее несколько смещены влево и вверх. Характерные точки диаграммы Fe—C обозначены теми же буквами, что и на диаграмме Fe—Fe₃C, но со штрихом сверху. По линии C'D' происходит выпадение первичного графита, по линии E'C'F' — за-

твердевание графитовой эвтектики, представляющей тонкую механическую смесь аустенита и графита. При дальнейшем охлаждении по линии $P'S'K'$ выделяется эвтектоидная смесь, состоящая из феррита и графита.

Чугуны, в которых углерод частично или полностью выделился в виде графита, называют серыми. Серый чугун, состоящий из феррита и графита, называется ферритным, так как металлическую основу его составляет феррит. Углерод в виде графита выделяется лишь при очень медленном охлаждении. При быстром же охлаждении в процессе кристаллизации (как первичной, так и вторичной) выделяется не графит, а цементит.

При увеличении скорости охлаждения до линии $P'S'K'$ выделение графитового эвтектоида прекращается и оставшийся углерод переходит (по линии PSK) в цементит, в результате чего образуется некоторое количество перлита. Такой чугун будет иметь основу феррит и перлит, испещренную чешуйками графита ($\Phi + \Pi + C_{ep}$). Этот чугун называется феррито-перлитным.

Если скорость охлаждения увеличивается до линии $P'S'K'$, то выделения графитового эвтектоида не происходит, а аустенит по линии PSK превратится в перлит. Такой чугун будет иметь основу перлит и графитовые включения в виде чешуек. Такой чугун называется перлитным и имеет структуру перлит + графит ($\Pi + C_{ep}$).

При увеличении скорости охлаждения между линиями эвтектического и эвтектоидного превращения из аустенита еще до перлитного превращения будет выделяться не графит, а цементит. Такой чугун будет иметь структуру перлит, вторичный цементит и графит ($\Pi + \Pi + C_{ep}$); его называют перлитно-цементитным чугуном.

Иногда в структуре чугуна наряду с графитом имеется ледебурит (при увеличенной скорости охлаждения и эвтектическом превращении). Такой серо-белый чугун называется половинчатым. Белый чугун является совершенно не графитизированным чугуном и углерод в нем находится в виде химического соединения с железом. Структура белого чугуна состоит из перлита и структурно-свободного цементита ($\Pi + \Pi$).

Чугуны считаются эвтектическими, если содержат 4,2—4,3% С. При наличии многих компонентов в чугуне возможно образование сложных эвтектик. Особый интерес представляет фосфор, образующий вместе с железом и углеродом фосфидную эвтектику, затвердевающую при 950°С. Фосфидная эвтектика образуется при содержании в чугуне не менее 0,06—0,08% фосфора (обычно при 0,1—0,2%). Фосфидная эвтектика в обычных серых чугунах, содержащих около 2% Si, затвердевает в виде тройной эвтектики аустенит—цементит—фосфид.

Размер и форма графитовых включений зависят от наличия в жидком чугуне центров кристаллизации, скорости охлаждения

и содержания графитообразующих примесей. Чем больше в жидком чугуна нерастворимых мелких частичек (центров кристаллизации), тем мельче будет графит.

Для увеличения количества центров кристаллизации в жидкий чугун перед разливкой вводят вещества, называемые **модификаторами**. В качестве модификаторов применяют алюминий, кремний, графит и другие вещества, которые соединяются с растворенным в жидком чугуна кислородом и образуют окислы Al_2O_3 , CaO или SiO_2 . Эти окислы находятся в чугуна во взвешенном состоянии и являются центрами кристаллизации. С уменьшением продолжительности кристаллизации и повышением содержания графитизирующих компонентов в чугуна пластинки графита укрупняются и удлиняются.

На механические свойства очень влияет химический состав чугуна.

Кремний при содержании в чугуна до 3% является сильным графитизатором — элементом, способствующим выделению углерода из расплава в виде свободного графита. Этот процесс называется графитизацией. С увеличением содержания кремния в высокоуглеродистых чугунах механические свойства понижаются. В низкоуглеродистом чугуна кремний повышает механические свойства до известного предела и при дальнейшем повышении содержания кремния механические свойства чугуна понижаются. При содержании кремния в чугуна свыше 3% растворимость углерода в чугуна уменьшается, благодаря этому образуются крупные выделения графита (спели) и феррита, вызывающие повышенные твердость и хрупкость чугуна.

Марганец с углеродом образует карбиды Mn_3C и Mn_3C_4 и ряд твердых растворов. Марганец с серой образует сульфид марганца MnS , который почти не растворяется в железе. Марганец растворяется в феррите и соединяется с углеродом, образуя прочные карбиды, что повышает прочность чугуна и несколько снижает вязкость. Сульфид марганца MnS нейтрализует вредное влияние серы. При повышении содержания марганца в шихте до 1,2% в шлаках резко увеличивается содержание серы: в два-три раза. Содержание марганца в чугуна 0,5—1% не уменьшает графитизации. Это объясняется тем, что марганец является раскислителем и десульфуратором; он понижает содержание закиси железа и серы в чугуна, которые препятствуют графитизации.

Сера соединяется с железом, образуя легкоплавкую эвтектику $Fe + FeS$ с температурой плавления $985^\circ C$. В жидком чугуна сера может растворяться в неограниченном количестве, а в твердом — растворимость ее незначительна.

Сульфидные соединения увеличивают вязкость чугуна и ухудшают жидкотекучесть. При содержании 0,12—0,14% серы в чугуна резко понижается жидкотекучесть и увеличивается количество цементита и перлита в структуре чугуна — появляется

отбел в тонких сечениях отливок. Отбел получается вследствие того, что сульфиды железа имеют температуру плавления ниже основного металла, кристаллизуются по границам зерен и препятствуют растворимости углерода, кремния в железе и распаду цементита. Если сера находится в виде соединения MnS , MgS , CaS и т. п., растворимость ее в сплаве резко понижается, и она образует включения, снижающие механические свойства чугуна.

Фосфор при содержании в чугуне до 0,3% полностью в нем растворяется, а свыше 0,3% образует фосфидную эвтектику в виде отдельных включений. При содержании фосфора свыше 0,6—0,7% фосфидная эвтектика выделяется в виде сплошной сетки, расположенной по границам кристаллов. Поэтому в ответственных отливках не должно быть свыше 0,15—0,2% фосфора. В отливках, работающих на истирание без удара, когда требуются хорошие антифрикционные свойства сплава, содержание фосфора допускается до 0,6—0,7%. Для художественного литья с тонкими стенками содержание фосфора увеличивают до 1% и выше, так как фосфор повышает жидкотекучесть чугуна.

Хром в чугуне является карбидообразующим элементом. Он даже в небольших количествах повышает прочность, твердость серого чугуна. Добавка хрома 0,2% повышает сопротивление разрыву. При содержании хрома свыше 0,8% прочность понижается, так как образуются свободные карбиды хрома в чугуне.

Титан является хорошим раскислителем. Присадка титана свыше 0,2% понижает жидкотекучесть чугуна. Небольшие присадки титана оказывают графитизирующее действие. Титан способствует равномерному распределению в чугуне графита. Максимальное выделение графита наблюдается при содержании титана 0,1%. Титан нейтрализует влияние хрома в чугуне, являясь модификатором, вследствие чего отпадает необходимость в повышении содержания кремния. Титан способствует повышению механических свойств, особенно прочности в высокоуглеродистых чугунах, в которых влияние графита на прочность является преобладающим фактором.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНОВ

Белый чугун (рис. 141) состоит из перлита и структурно-свободного цементита (II + Ц). В белом чугуне углерод находится в виде химического соединения с железом. Белый чугун обладает высокой твердостью, хрупкостью и не поддается обработке резцом. Поэтому такой чугун применяется в машиностроении очень редко, лишь в тех случаях, когда деталь работает на износ (щеки камнедробилок, мелющие шары, тормозные вагонные колодки и т. д.). Рабочая поверхность отливок должна иметь структуру белого чугуна, а центральная часть, как более прочная, — серого чугуна. Такие отливки называются отбеленными или закаленными.

Белый чугун, низкоуглеродистый и низкокремнистый, в основном применяется для производства ковкого чугуна. Сначала отливки получают из белого чугуна, а затем они подвергаются специальной термической обработке — отжигу на ковкий чугун.

Серый чугун обычно имеет пластинчатый графит, но модифицирование жидкого чугуна магнием или церием способствует получению в отливках графита сфероидальной формы. Отливки из се-

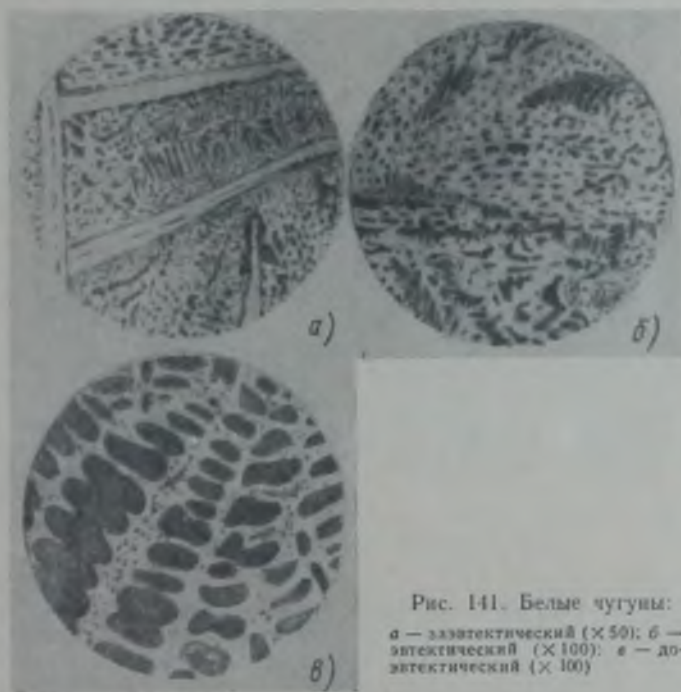


Рис. 141. Белые чугуны:
 а — эвтектический ($\times 50$); б —
 эвтектический ($\times 100$); в — до-
 эвтектический ($\times 100$)

рого чугуна могут быть по составу основной металлической массы четырех типов.

Перлитно-цементитный серый чугун ($\text{П} + \text{Ц} + \text{C}_{\text{gr}}$) имеет структуру, состоящую из перлита, включений структурно-свободного цементита и пластинчатого графита. Такую структуру можно получить при недостаточном содержании кремния в чугуне и быстром охлаждении отливок в форме. Эти чугуны обладают повышенной прочностью и плохо обрабатываются резцом.

При модифицировании чугуна магнием или церием можно получить серый высокопрочный чугун с перлитно-цементитной структурой и сфероидальным графитом.

Перлитный серый чугун ($\Pi + C_{gp}$) имеет структуру, состоящую из перлита и пластинчатого графита. В чугуне, модифицированном магнием или церием, структура (рис. 142) состоит из перлита и графита сфероидальной формы. Перлитный чугун обычно имеет мелкопластинчатый графит и обладает умеренной твердостью ($HV\ 200-230$), высокими прочностью и износостойкостью, хорошо обрабатывается резцом. Перлитный серый чугун со сфероидальной формой графита обладает еще большей механической прочностью и называется высокопрочным.

Перлитно-ферритный серый чугун ($\Pi + \Phi + C_{gp}$) состоит из перлита, феррита и графита (рис. 143).

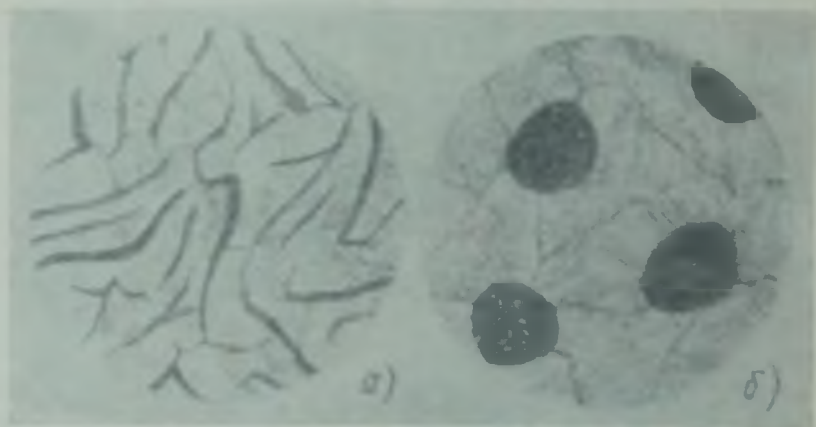


Рис. 142. Перлитный серый чугун с пластинчатым (а $\times 300$) и сфероидальным (б $\times 400$) графитом

Серый чугун, модифицированный магнием, имеет структуру перлита, феррита и сфероидального графита. Такой чугун менее прочен по сравнению с перлитным чугуном, так как в нем пластинки графита более крупные, чем в перлитном чугуне. Он более мягкий и легче подвергается механической обработке. Структура $\Pi + \Phi + C_{gp}$ с пластинчатым графитом чаще всего встречается в обычном чугунном литье, применяющемся в машиностроении. Высокопрочный же перлитно-ферритный чугун со сфероидальной формой графита обладает большей прочностью по сравнению с чугуном, в котором графит находится в виде пластинок.

Ферритный серый чугун ($\Phi + C_{gp}$) имеет структуру, состоящую из феррита и пластинчатого графита (рис. 144). Чугун с такой структурой получается при высоком содержании кремния и углерода в толстостенных отливках и медленном охлаждении их в форме. Графитовые включения в чугуне образуются очень крупными. Чугун со структурой $\Phi + C_{gp}$ обладает очень низкими механическими свойствами. Такой чугун очень мягкий, хрупкий и

быстро изнашивается; легко обрабатывается. Для машиностроительного литья такой чугуна непригоден.

Классификация чугунов по механическим свойствам производится по ГОСТу 1412—54 (табл. 25). Этот стандарт распространяется только на отливки из серого чугуна с пластинчатым графитом.

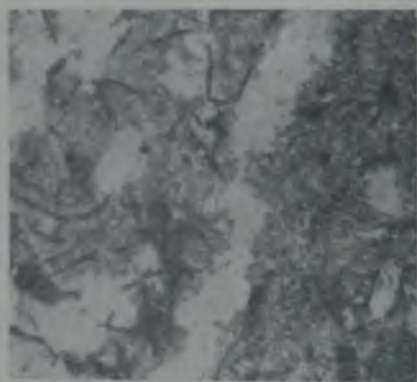


Рис. 143. Перлитно-ферритный серый чугун



Рис. 144. Ферритный серый чугун

Для механических испытаний серого чугуна на изгиб используют литые образцы определенных размеров в необработанном виде. Образцы должны заливаться в таких же условиях, как и

Таблица 25

Механические свойства серого чугуна
(по ГОСТу 1412—54)

Марка	Предел прочности				Стрела прогиба при изгибе при расстоянии между опорами в мм		НВ
	при растяжении		при изгибе		660	300	
	в кг/мм ²	в Мн/м ²	в кг/мм ²	в Мн/м ²			
СЧ 00	Испытания не производятся						
СЧ 12-28	12	120	28	280	6	2	143—229
СЧ 15-32	15	150	32	320	8	2,5	163—229
СЧ 18-36	18	180	36	360	8	2,5	170—229
СЧ 21-40	21	210	40	400	9	3	170—241
СЧ 24-44	24	240	44	440	9	3	170—241
СЧ 28-48	28	280	48	480	9	3	170—241
СЧ 32-52	32	320	52	520	9	3	187—255
СЧ 35-56	35	350	56	560	9	3	197—269
СЧ 38-60	38	380	60	600	9	3	207—269

отливки. Диаметр образцов 30 мм (отклонение диаметра в любом сечении не должно превышать ± 1 мм), длина 660 мм. Допускается отливка образцов длиной 360 мм, диаметром 30 мм или же квадратный образец 25 × 25 с такой же длиной.

Образцы для испытания на растяжение вытачиваются из отдельно отлитых проб и должны иметь диаметр расчетной части 10, 15, 20 и 25 мм.

Таблица 26

Зависимость диаметра заготовки и бруска от толщины стенки при испытании серого чугуна на разрыв

Толщина стенок отливки в мм	Диаметр в мм	
	заготовки	бруска
До 16	20	10
16—30	30	15
31—50	40	20
51—70	50	25

Диаметр заготовки для изготовления образцов на разрыв зависит от толщины стенок отливки (табл. 26).

Нормальный образец для определения механических свойств чугуна имеет диаметр 20 мм. Длина образца (расчетная) должна быть 100 мм (укороченный) или 200 мм (нормальный).

Чугуны марок СЧ 28-48 и выше называются высококачественными чугунами. Такие чугуны имеют перлитную структуру (П + C_{ep}) с мелкораздробленными пластинками графита. Чугуны этих марок рекомендуется получать модифицированием.

Чугуны имеют перлитную структуру (П + C_{ep}) с мелкораздробленными пластинками графита. Чугуны этих марок рекомендуется получать модифицированием.

§ 4. МОДИФИЦИРОВАНИЕ СЕРОГО ЧУГУНА

Модифицированием называется обработка жидких сплавов малыми добавками элементов, изменяющих формы и размеры первичных кристаллов, а также улучшающих механические свойства и структуру металла.

Модифицирование серого чугуна применяется с целью получения в отливках однородной перлитной основы с мелкопластинчатым графитом, высокопрочного чугуна для получения шаровидного графита, а ковкого чугуна — для ускорения отжига белого чугуна.

В качестве модификаторов применяют силикокальций, ферросилиций и графит в виде порошка. Силикокальций вводится от 0,3 до 0,8% от массы жидкого чугуна, ферросилиций (75% Si) от 0,3—0,8% и графит — от 0,06 до 0,1%. Модификатор перед добавлением в жидкий металл рекомендуется прокалить при 300—400° С. Модификатор вводят на желоб вагранки в раздробленном виде с размером зерен не более 5—6 мм специальными дозаторами. После модифицирования чугун сразу же разливают в формы во избежание потери эффекта модифицирования и охлаждения металла. Модифицирование само по себе мало повышает свойства серого чугуна, оно дает хорошие результаты только как составная часть комплекса технологических мероприятий: а) пере-

грева жидкого чугуна: б) снижения содержания углерода и кремния в чугуне; в) повышения содержания марганца до 1,0—1,5%.

При перегреве чугуна графит становится мельче, а количество связанного углерода увеличивается. Однако перегрев вызывает переохлаждение чугуна при затвердевании, благодаря чему чугун отбеливается в отливках, особенно в тонких сечениях. Увеличение содержания кремния с целью предотвращения отбела в тонкостенных отливках способствует появлению мелких дисперсных выделений графита и феррита, что также нежелательно. При модифицировании же чугуна он дегазируется, создаются добавочные центры кристаллизации и устраняется переохлаждение, вследствие чего происходит интенсивная графитизация и предупреждается отбел.

Модифицирование увеличивает прочность серого чугуна и его износостойкость, улучшает плотность, теплоустойчивость и обрабатываемость. Хорошие результаты дает модифицирование с легированием. При плавке модифицированного высокопрочного серого чугуна необходимо соблюдать ряд технологических условий: перегрев чугуна до 1420—1440° С, добавка в шихту 40—60% стали, применение в шихте низокремнистых доменных чугунов, установка прибылей на отливках и т. д.

Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом. Высокопрочным чугуном называют ваграночный чугун, модифицированный магнием с последующей обработкой ферросилицием (75% Si). При введении магния в чугун изменяется поверхностное натяжение на границе расплава и растущего графитного зародыша, что изменяет его форму: он становится сферическим. Сферическая форма графита способствует повышению прочности и особенно пластичности такого чугуна по сравнению с обычным серым.

Высокопрочный чугун по сравнению с углеродистой сталью имеет следующие преимущества: более низкую температуру плавления, лучшую жидкотекучесть, меньшую склонность к образованию горячих и холодных трещин, меньшую плотность, более высокую прочность, износостойкость и лучшую обрабатываемость резанием. В сравнении с серым чугуном он обладает более высокими прочностью, пластичностью, жаростойкостью и лучшей свариваемостью.

Высокопрочный чугун применяется в машиностроении для различных деталей: коленчатых валов, прокатных валков, зубчатых колес, поршней, станин прессов, лопаток турбин, изложниц и ряда других отливок. Магний вводится в количестве от 0,15 до 0,45% от массы жидкого металла. Количество магния зависит от способа его ввода.

При вводе магния в чугун последний сильно охлаждается, поэтому его необходимо перегреть до 1400—1450° С. В последнее время для модифицирования чугуна применяется церий. Рас-

ход его составляет 0,3—0,4%. Он вводится в виде кусков непосредственно в ковш во время заполнения его чугуном. После введения глобулирующей добавки рекомендуется присадка 75%-ного ферросилиция для регулирования структуры металлической основы чугуна. Присадку ферросилиция можно вводить также вместе с магнием, при этом его необходимо предварительно раздробить на кусочки размерами 6—10 мм. Количество ферросилиция, вво-

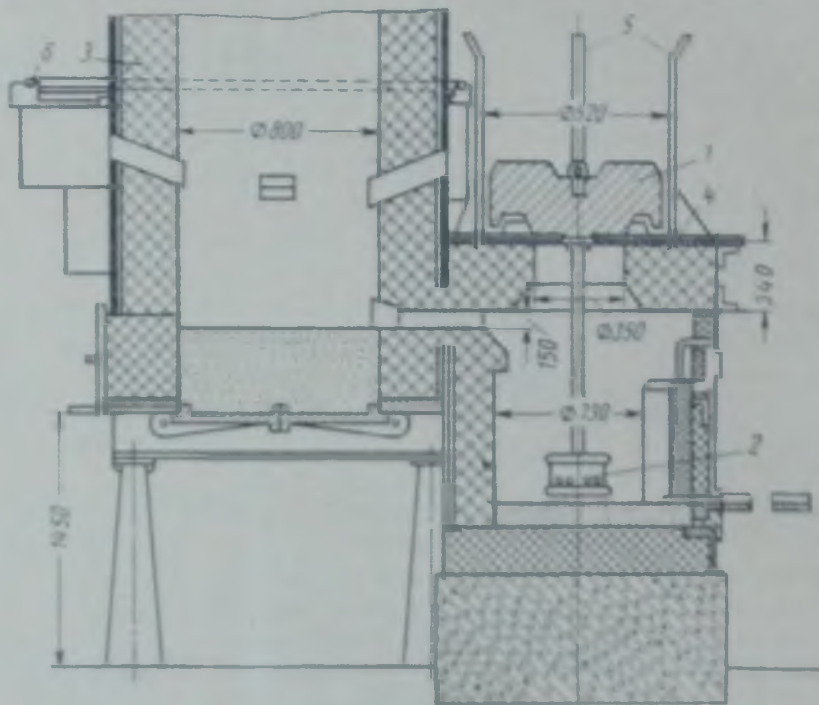


Рис. 145. Схема установки для ввода в ковшник металлического магния:

1 — груз; 2 — колокольчик с магнием; 3 — вагранка; 4 — кольца;
5 — направляющие для груза; 6 — кислородный коллектор

димого в ковш, составляет от 0,3 до 1,2% от массы жидкого чугуна в зависимости от марки чугуна, толщины стенок отливок, количества глобулирующих присадок и других условий.

Магний в чугун можно вводить различными способами: 1) в виде лигатуры с 20% Mg и 80% Ni или 80% ферросилиция (75% Si); в последнее время применяется основной процесс плавки чугуна в вагранке, вследствие чего чугун получается с 0,02—0,04% Mg, благодаря этому уменьшается присадка магния и эффект бурной реакции; 2) в ковш с помощью колокольчика; 3) в ковшник вагранки; 4) в герметизированный ковш. Магний вводится при обычном атмосферном давлении (открытым способом) либо при повышенном давлении на поверхности модифицирован-

ного чугуна (закрытым способом). В процессе обработки чугуна магнием последний испаряется с выделением большого количества белого пара; температура чугуна понижается на 120—150° С. Поэтому модифицирование чугуна производится в копильнике или в герметизированном ковше.

На рис. 145 приведена схема установки для ввода магния или магниевой лигатуры непосредственно в копильник вагранки. В копильнике магний лучше усваивается чугуном, чему способ-

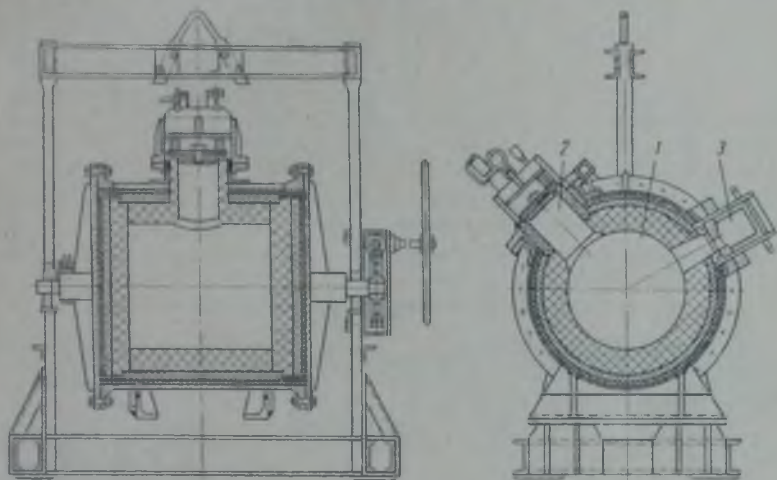


Рис. 146. Герметизированный ковш для обработки чугуна магнием (ЦНИИТМАШ):

1 — ковш; 2 — горловина для заливки жидкого металла; 3 — карман для укладки магния

ствует испарение магния при температуре чугуна 1400° С и повышенное давление паров магния, достигающее 8 кг/см^2 ($8 \cdot 9,8 \times 10^4 \text{ н/м}^2$). В центральном научно-исследовательском институте технологии машиностроения (ЦНИИТМАШ) разработан способ ввода магния с замедленным испарением последнего (рис. 146). Чугун заливается в герметически закрытый ковш барабанного типа, а магний предварительно кладут в боковой патрон. После заливки ковш закрывается, поворачивается и чугун соприкасается с магнием. Магний испаряется, в ковше повышается давление $(2,5—3) \cdot 9,8 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$. Металл перемешивается с магнием постепенно и усвоение магния чугуном в таких ковшах достигает 30—40%.

Механические свойства марки высокопрочного чугуна со сфероидальным графитом, модифицированного магнием или церием, приведены в табл. 27.

Механические свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (по ГОСТу 7293—54)

Марки чугуна	Временное сопротивление в кг/мм ²	Условный предел текучести при растяжении в кг/мм ²	Относительное удлинение в %		Ударная вязкость ¹ в кг·м/см ²	НВ
			Не менее			
ВЧ 45-0	45	36	Не регламентируется		187—255	
ВЧ 50-1.5	50	38	1,5	1,5	187—255	
ВЧ 60-2	60	42	2,0	1,5	197—269	
ВЧ 45-5	45	33	5,0	2,0	170—207	
ВЧ 40-10	40	30	10,0	3,0	156—197	

¹ Образец квадратного сечения без надреза.

§ 5. ЛЕГИРОВАНИЕ СЕРОГО ЧУГУНА

Легирование — введение в сплав элементов, улучшающих механические свойства, коррозионную устойчивость, жаростойкость, износостойкость и т. д.

В зависимости от степени легирования (количества введенного элемента) можно разделить чугуны на три группы по содержанию легирующих элементов: до 3% низколегированный, 3—10% среднелегированный; 10% высоколегированный.

Наиболее часто в качестве легирующих элементов чугуна применяют никель, хром, молибден, марганец, алюминий, медь. В соответствии с этим чугун называют никелевым, хромистым, молибденовым и т. д.

В низколегированных чугунах легирующие элементы выравнивают структуру и улучшают механические свойства, а также облегчают термообработку чугуна. Среднелегированные чугуны имеют особую мартенситную структуру с повышенной износостойкостью, теплостойкостью.

Высоколегированные чугуны имеют ферритную или аустенитную структуру с особыми химическими и физическими свойствами: повышенной жаростойкостью, коррозионной стойкостью, немагнитностью.

Низколегированные чугуны широко применяются в автомобильной промышленности для отливок цилиндров, тормозных барабанов, поршневых колец и ряда других деталей. На ЗИЛе блок цилиндров двигателя ЗИЛ-164 получают из природно-легированного хромоникелевого чугуна, обеспечивающего повышение механических свойств и хорошую износостойкость. По дей-

ствующим на заводе техническим условиям чугуна для блока цилиндров должен соответствовать чугуны марки СЧ 21-40 со следующим химическим составом: 3,2—2,4% С; 1,9—2,1% Si; 0,5—0,8% Mn; 0,15—0,20% P; не более 0,12% S; 0,25—0,35% Cr и 0,25—0,35 Ni.

В низколегированном чугуне эффективность легирования определяется присутствием хрома. При содержании в чугуне никеля 0,1—0,12% и хрома 0,3—0,4% обеспечиваются хорошие механические свойства и структура. Для легирования чугуна в шихту вводят 8% орско-халиловского чугуна, содержащего в среднем 1,0% Ni и 2,5—2,7% Cr.

По механическим свойствам отливки удовлетворяют чугуны марки СЧ 24-44. В тонкостенных отливках из хромоникелевого чугуна при содержании от 0,3 до 0,4% Cr и 0,1—2% Ni может получиться отбел. Поэтому в таких случаях производят модифицирование жидкого чугуна ферросилицием или другими модификаторами. Плавка низко- и среднелегированных чугунов осуществляется непосредственно в вагранке. При плавке среднелегированного кремнистого чугуна типа «Силал», содержащего 5—6% Si, в шихту вагранки добавляют 25—45% ферросилиция без изменения обычного режима плавки.

Для автомобильных поршневых колец применяется низколегированный чугун с содержанием 3,8—3,9% С; 2,4—2,6% Si; 0,2—0,1% Cr; 0,15—0,25% Ni; 0,35—0,5% Cu; 0,1—0,2% Ti. Для получения чугуна такого состава в шихту вводится титаномедистый чугун марки БТМЛЗ (чугун, имеющий в небольшом количестве легирующие элементы: хром, никель, медь и титан).

Легирование чугуна необходимо также и для повышения теплоустойчивости (жаропрочности). Например, высокохромистый чугун (32—36% Cr), несмотря на высокую твердость (HV 250—400), удовлетворительно обрабатывается резанием и работает при температурах до 1200° С.

ГЛАВА II

ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПЛАВКИ ЧУГУНА. РАСЧЕТ ШИХТЫ

§ 1. МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ШИХТА

Основными материалами, входящими в состав металлической шихты при плавке чугуна, являются доменный чушковый чугун, лом чугунный и стальной, брикетированная чугунная и стальная стружка, возврат собственного производства (литники, скрап, бракованные отливки). В качестве добавок в зависимости от марки выплавляемого чугуна используют ферросплавы, ферросилиций, силикокальций, ферромарганец.

Доменные чушковые чугуны. Чугуны, выплавляемые в доменных печах, подразделяются по назначению на литейные и передельные. Литейный чугун, в свою очередь, подразделяется на чугун общего назначения и специальный для отливок из ковкого чугуна, валков прокатных станов и других отливок с отбеленной поверхностью. В зависимости от рода топлива, на котором выплавливались литейный и передельный чугуны, они подразделяются на коксовый и древесноугольный чугуны. Чугун, выплавленный в доменных печах из руд, содержащих легирующие элементы, называется природно-легированным. Доменные чугуны поставляются заводам-потребителям в чушках.

Чушковый литейный чугун коксовый (табл. 28) по содержанию кремния делится на шесть марок: ЛК0, ЛК1, ЛК2, ЛК3, ЛК4 и ЛК5. Чугуны каждой марки подразделяются по содержанию марганца — на группы, фосфора — на классы, серы — на категории.

Таблица 28

Состав чушкового литейного чугуна в % (ГОСТ 4832—58)

Марка	С	Si	Категория		
			I	II	III
ЛК0	3,50—4,00	3,26—3,75	0,02	0,03	0,04
ЛК1	3,60—4,10	2,76—3,25	0,02	0,03	0,04
ЛК2	3,70—4,20	2,26—2,75	0,03	0,04	0,05
ЛК3	3,80—4,30	1,76—2,25	0,03	0,04	0,05
ЛК4	3,90—4,40	1,26—1,75	0,04	0,05	0,06
ЛК5	4,00—4,50	0,75—1,25	0,05	0,06	0,07

Примечание. Чугуны делят по содержанию: I) марганца на группы I — до 0,5% Мн, II — 0,51—0,90% Мн, III — 0,90—1,30% Мн; 2) фосфора на классы А — 0,10% Р (гематит), Б — 0,11—0,30% Р (обычный), В — 0,31—0,70% Р (фосфористый), Г — 0,71—1,20% Р (фосфористый).

Исследованиями и практикой установлено, что при использовании чугунов с содержанием кремния 2,7% и выше отливки получают более низкого качества, так как при переплаве такого чугуна графит полностью не растворяется. Для получения чугуна с высокими механическими свойствами следует применять низкокремнистые доменные чугуны с содержанием 0,75—1,75% Si и передельные чугуны М1, М2 или бессемеровский Б1 и Б2 с добавкой (подшихтовкой) доменного ферросилиция.

Литейные древесноугольные чугуны (табл. 29) в общем балансе доменного производства выплавливаются в незначительном количестве. По содержанию кремния их изготовляют трех марок: ЛД1, ЛД2 и ЛД3. Содержание серы и фосфора в них низкое. Древесноугольный чугун обладает меньшей склон-

Состав литейного древесноугольного чушкового чугуна в ‰
(ГОСТ 4833—49)

Марка	SI	Mn	P	S
			Не более	
ЛД1	2,26—2,75	0,7—1,20	0,30	0,02
ЛД2	1,76—2,25	0,5—1,00		0,03
ЛД3	1,25—1,75	0,5—1,00		0,03

ностью к отбелу по сравнению с чугунами, выплавляемыми на коксе, из такого чугуна изготавливают высококачественные тонкостенные отливки.

Литейный чушковый чугун специальный (табл. 30) используется для отливок, которые из-за содержания кремния, марганца или фосфора нельзя получить из обычного литейного чугуна. Литейный специальный чушковый чугун применяется для отливок из ковкого чугуна, валков прокатных станов и других отливок.

Передельный коксовый чушковый чугун используется в сталеплавильном производстве. В последнее время его начали вводить в ваграночную шихту в небольших количествах вместо литейного чугуна марок ЛК0 и ЛК1. Ввод в шихту 20—30% передельного чугуна марки М1 и М2 повышает механические свойства серого чугуна на 20—25% по сравнению с выплавленным на литейных высококремнистых чугунах. Брак отливок по усадочным раковинам и рыхлоте снижается.

Чугун передельный коксовый чушковый делят на два вида: передельный и передельный коксовый высококачественный. В зависимости от назначения и химического состава передельный коксовый чугун подразделяется на пять марок (табл. 31).

Природно-легированные доменные чугуны вводят в шихту для увеличения прочности и износостойкости чугунных отливок. В автомобильной промышленности, например, в результате применения хромоникелевого чугуна для отливок блока цилиндров резко повысился срок их службы. Также широко используются эти чугуны в тракторной, дизельной, станкостроительной и других отраслях промышленности. Чугун хромоникелевый поставляется четырех марок: ЛХЧ1, ЛХЧ2, ЛХЧ3 и ЛХЧ4 с содержанием 2,20—3,20% Cr, 1% Ni.

Титано-медистый чугун применяется для производства антифрикционных отливок и особенно при индивидуальной заливке поршневых колец двигателей. Литейный чугун,

Состав литейного специального чугуна в % (ГОСТ 4834—49)

Марка	Si	Mn	P	S	Cr	Применение	
			не более				
КК КД1 КД2	1,00—1,50 0,71—1,50 0,15—0,70	0,20—0,60 0,10—0,40 0,10—0,30	0,10 — 0,15	0,03 — 0,03	0,04 — 0,04	Отливки ковкого чугуна	
ВК1 ВК2	0,50—1,00 0,10—0,50	0,20—0,60	0,40	0,03	0,04		Валки прокатных станов
ВД1 ВД2	0,81—1,30 0,30—0,80	0,20—0,80	0,40	0,06	0,04		
ЧК ЛКА	0,50—1,00 2,76—3,75	0,50—1,00 0,50—0,90	0,20—0,35 0,60—0,90	0,07 0,025	0,19 —	Колеса с отбеленным ободом В авиационной промышленности	

Примечания: 1. Содержание углерода в чугунах ЧК должно быть не более 4,2%; ЛК — от 3,5 до 3,8%.
2. Содержание меди в чугуне ЧК не должно превышать 0,3%.

Таблица 31

Состав передельного коксового чугуна в % (ГОСТ 805—57)

Чугун	Марка	Si	Mn		P			S		
			I	II	A	Б	В	I	II	III
					не более					
Мартеновский	М1	0,76—1,25	До 1,00	1,01—1,75	0,15	0,20	0,30	0,03	0,05	0,07
	М2	До 0,75								
Бессемеровский	Б1	1,26—1,75	0,60—1,20	0,60—1,20	—	0,07	—	—	0,04	—
	Б2	0,70—1,25	0,50—0,80	0,50—0,80						
Томасовский	Т	0,20—0,60	0,80—1,30	0,50—1,30	—	1,6—2,0	—	—	0,08	—

легированный титаном и медью, поставляется трех марок: БТМЛ3, БТМЛ4, БТМЛ5 с содержанием Ti от 0,6 до 1,1%.

Ферросплавы доменные. При плавке в вагранке для подшивки применяют доменный ферросилиций и зеркальный чугуи. Ферросилиций доменный выпускается двух марок: Си15 и Си10. Си15 содержит до 15% Si, до 3,0% Mn, 0,2% P, 0,4% S, Си10 — 9—10% Si, не более 3,0% Mn.

Зеркальный чугуи выплавляется трех марок: ЗЧ1 (20,1—25% Mn, не более 0,22% P, 0,03% S), ЗЧ2 (15,1—20% Mn) и ЗЧ3 (10—15% Mn, не более 0,18 P и 0,03% S).

Ферросплавы электротермические вводятся главным образом при выплавке чугуна высокого качества. Они отличаются от обычных доменных ферросплавов тем, что в них меньше примесей. Высокопроцентные ферросилиций (до 95% Si) и ферромарганец (до 90% Mn) применяются как раскислители при выплавке стали. Кроме того, высокопроцентный ферросилиций (табл. 32) применяется как раскислитель для модифицирования серого чугуна. Ферромарганец изготавливается марок: МН0, МН1, МН2 (80% Mn), МН3 (77% Mn). Высокопроцентные ферросилиций и ферромарганец в вагранку вводить не рекомендуется, так как они сильно окисляются.

Таблица 32

Состав ферросилиция в %, не более

Марка	Si	Mn	Cr	P	S
Си90	87—95	0,5	0,20	0,04	0,04
Си75	72—78	0,70	0,5	0,05	
Си45	43—50	0,8	0,5	0,05	

Феррохром, ферротитан, феррованадий и ферромolibден применяются для легирования стали и чугуна.

Феррофосфор применяется для подшивки при плавке чугуна с высоким содержанием фосфора (при литье чугуиной посуды, художественных изделий). Фосфор вводится как добавка в ковкий чугуи для увеличения жидкотекучести, а также как раскислитель меди при плавке цветных металлов. Феррофосфор изготавливается одной марки ФФ (14—18% P, около 1,2% C, не более 6,0% Mn и 0,5% S).

Силикокальций применяется как раскислитель при плавке стали и сплавов, а также в качестве модификатора при производстве модифицированного чугуна. В зависимости от содержания кальция силикокальций подразделяется на три марки (ГОСТ 4762—49). Силикокальций поставляется в кусках массой не более 15 кг и содержит от 23 до 81% Ca.

Чугунный лом и возврат собственного производства. Кроме чушкового чугуна, получаемого с металлургических заводов,

в ваграночную металлическую шихту обязательно вводят чугуновый и стальной лом, возврат своего производства: литники, прибыли, скрап, брак, стружку и т. д. При вводе в шихту чугунового лома, отходов собственного производства ускоряется процесс расплавления и чугун лучше перегревается. Габаритные размеры кусков лома не должны превышать $250 \times 200 \times 100$ мм. Масса кусков должна быть не менее 1 кг и не более 35 кг.

Крупногабаритный лом (крупные куски отливок цилиндров, изложниц, валков и др.) является причиной получения в вагранке холодного чугуна, а иногда и зависания шихты в вагранке.

Лом и отходы производства перед употреблением их должны быть очищены от песка, окалины и грязи. Лом, попадающий в литейный цех извне, обязательно должен иметь сертификат, указывающий его химический состав. В чугуновый лом и отходы не должны попадать легирующие примеси; так, для отливок из ковкого чугуна содержание хрома выше 0,06% недопустимо, так как чугун не будет отжигаться.

Стальной лом вводят в ваграночную шихту в количестве 40—50% в том случае, когда необходимо уменьшить содержание углерода в чугуне. К стальному лому относятся обрезки листового и сортового железа, рельсы, болты, стальные детали и т. д. Габаритные размеры кусков должны быть такие же, как и чугунового лома.

Стружка вводится в вагранку в виде брикетов (15% чугуновой и 7% стальной). На ЗИЛе брикеты размером 110×65 мм прессуют на гидравлическом прессе. Масса брикета 4,5—5 кг. Брикеты должны быть прочными, не рассыпаться под нагрузкой. Стружка перед брикетированием должна быть промыта, очищена от грязи, масла и ржавчины.

Подготовка шихтовых материалов к плавке. Металлические шихтовые материалы, поступающие на склад литейного цеха, должны разгружаться и храниться только по-вагонно. Доменные чушковые чугуны должны быть раздроблены по пережикам с помощью чушколома. При ведении плавки в вагранках диаметром свыше 2 м можно чушки не ломать, так как длина чушки составляет 0,6 м. Во всех случаях размеры кусков металлической шихты не должны превышать $\frac{1}{2}$ внутреннего диаметра вагранки; при больших габаритных размерах кусков возможно их зависание в вагранке.

§ 2. ТОПЛИВО

Основным топливом при плавке чугуна в вагранке является кокс и реже природный газ. Качество топлива зависит от размеров кусков, их плотности, реакционной способности, механической прочности, содержания золы и серы. Литейный кокс отличается от доменного (металлургического) большей плотностью и прочностью, меньшей реакционной способностью, меньшим содержа-

нием серы. В нашей стране кокс изготавливается в трех районах: Южном (Донбассе), Восточном (Кемерово, Кузнецке, Магнитогорске и Нижнем Тагиле), Северном (Ленинграде и Череповце).

В табл. 33 приведена характеристика некоторых сортов литейного кокса. Теплотворная способность литейного кокса колеблется от 6500 до 7500 ккал/кг (от 273 000 до 315 000 кдж/кг). С повышением содержания золы теплотворная способность кокса понижается. Кокс должен быть однородным по размеру и обладать высокой прочностью, так как в вагранке на кокс холостой колоши, а также рабочих топливных колош давит тяжелый столб шихты. При разрушении кусков топлива и размельчения их трудно равномерно распределить дутье в шахте. Качество кокса испытывают в цилиндрических барабанах диаметром 2 м и длиной образующей 0,8 м, изготовленных из железных прутьев с зазором 25 мм между ними. В барабан загружают навеску кокса 410 кг и вращают его в течение 15 мин со скоростью 10 об/мин. Остаток кокса взвешивают, масса в килограммах и является барабанной пробой. Остаток на сите должен быть не менее 275 кг.

Таблица 33

Состав литейного кокса в %

Марка	Зола	Сера		Примечание
		сред- нее	предель- ное	
КЛ1 (Кемеровский и Кузнецкий)	11,5—13,0	0,5	0,6	Кокс содержит 4% влаги и 4% мелочи, минимальный размер кусков 40 мм
КЛ2 (Магнитогорский)	13—15	0,8	1,0	
КЛ3 (Донецкий)	13—16	1,2	1,4	
КПЛ (Ленинградский)	До 15,5	0,9	До 1,0	

Реакционной способностью кокса называется способность кокса при 900° С восстанавливать CO_2 до CO . Чем меньше реакционная способность топлива, тем больше будет отношение $\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}}$ в ваграночных газах, тем горячее ход плавки.

Влажность кокса должна быть 2—4%, содержание серы не более 0,5—1,0%. Кокс должен иметь минимальную пористость не более 40—45% и содержать летучих веществ не более 1,5—2,0%. При использовании мелкого кокса в вагранках образуется большое количество окиси углерода, что понижает температуру жидкого чугуна на желобе вагранки.

В зоне фурм коксовая мелочь совместно со шлаком способствует образованию настелей. Поэтому необходимо просеивать на грохоте и отделять кокс от коксовой мелочи.

Термоантрацит применяется как заменитель кокса. Термоантрацит получается нагревом антрацита без доступа воздуха при 900—1000° С с длительной выдержкой до 14 ч и последующим охлаждением в течение 6—8 ч. Во время термообработки из антрацита удаляется сера в виде сернистых соединений и получается термоантрацит с малой реакционной способностью и высокой теплотворной способностью. Термоантрацит при плавке мегалла в вагранке не растрескивается. Реакционная способность его ниже, чем у кокса, но выше, чем у антрацита. Теплотворная способность термоантрацита 6800—7000 ккал/кг (28 500—29 200 кдж/кг). Содержание серы 0,6—1,2%. Размеры кусков термоантрацита 30—50 мм.

Антрацит также является заменителем кокса. Он имеет большую плотность, высокую теплотворную способность, малую зольность и почти вдвое дешевле. Но антрацит обладает недостатками, важнейшим из которых является его низкая термостойкость. Он при нагревании разрушается в вагранке на мелкие куски. Литейный антрацит содержит 4,0% влаги, до 0,8% золы, 1,5—2,5% серы, 1,5—4,0% летучих веществ. Размер кусков антрацита 70—120 мм, теплотворная способность 6800—7000 ккал/кг (28 500—29 200 кдж/кг).

Пекокок получается коксованием тощих каменных углей и антрацита с добавкой битумов и пека. При плавке в вагранке на пекококсе увеличивается насыщение чугуна углеродом. Пекокок содержит до 3,0% влаги, 4,8% золы, 0,8—1,8% серы, до 3,0% летучих веществ.

Теплотворная способность пекококса 7500—8000 ккал/кг (31 500—33 500 кдж/кг).

§ 3. ФЛЮСЫ

Флюсами называют минеральные вещества, добавляемые в шихту для понижения температуры плавления шлака, удаления золы из топлива в виде шлака, а также для изменения вязкости и жидкотекучести шлака. При плавке чугуна в вагранке применяют следующие флюсы: известняк, мартеновский шлак, апатито-нефелиновую руду.

Известняк (табл. 34) перед плавкой подвергают дроблению на камнедробилке. Величина кусков известняка должна быть 25—100 мм, так как крупные куски трудно плавятся, а мелкие выносятся ваграночными газами, и в особенности если вагранки работают на повышенном давлении дутья. Хороший известняк должен содержать не менее 49% CaO, не более 1% Si и минимальное количество серы и фосфора.

Качество известняка можно определить, не прибегая к полному химическому анализу. Для этого достаточно знать содержание нерастворимого осадка в ней. Навеску средней пробы известняка

Химический состав известняка в %

Сорт известняка	CaO не менее	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅
I	52,0	1,75	2,0	—	0,02
II	50,0	3,0	3,0	3,5	0,04
III	49,0	3,0	3,0	—	0,05

0,5 г измельчают и растворяют в пробирке с 6,5 см³ соляной кислоты (1 : 1). Известняк растворяется быстро в течение 20—30 сек. По количеству нерастворимого осадка, состоящего из SiO₂ и Al₂O₃, можно установить сорт известняка.

Применение известняка в качестве флюса при плавке чугуна способствует разжижению шлака. Благодаря этому облегчается выпуск шлака из вагранки и меньше вероятность зависания шихты, процесс плавки идет более равномерно.

Мартеновский шлак. При плавке чугуна в вагранке применяется основной мартеновский шлак или шлак из основных электропечей. Хороший мартеновский шлак в изломе — матовый, плотный и имеет следующий состав: не более 25% SiO₂, 40% (CaO + Mg); не менее 20% (FeO + MnO), не более 2% P₂O₅ и 4% CaS. Содержание окислов железа не должно превышать 10%. Шлак употребляется в дробленном виде. Куски шлака должны иметь размеры 25—100 мм. Мартеновский шлак добавляют в шихту в количестве 0,5—1,2% от массы металлической шихты.

Плавиковый шпат содержит 75—92% фтористого кальция CaF₂. Он понижает вязкость и температуру плавления шлака, тем самым ускоряет химические реакции, происходящие в шлаке, увеличивает растворимость железа в шлаке и частично сам вступает в соединение с серой. Плавиковый шпат представляет собой минерал кристаллического строения, окрашенный в разные цвета. Плавиковый шпат делится на три сорта. В плавиковом шпате I сорта должно быть не менее 92% CaF₂ и не более 5% SiO₂; II сорта — не менее 82% CaF, не более 20% SiO₂ и III сорта — не менее 75% CaF₂, содержание SiO₂ не лимитируется. При плавке в основной вагранке плавикового шпата вводится до 8%.

Распространению плавикового шпата препятствует его высокая стоимость и дефицитность. Кроме того, плавиковый шпат сильно разъедает футеровку вагранки.

Апатито-нефелиновая руда представляет собой минерал 3Ca₃PO₄·2CaF₂ с содержанием 4—5% фосфора.

Руда делится на три сорта: в I сорте содержится 25—26% P₂O₅, во II сорте — 28—29% P₂O₅ и в III 31—32% P₂O₅. При содержании влаги не более 3% размеры кусков должны быть 25—100 мм. Для плавки в вагранке рекомендуется применять

апатито-нефелиновую руду II сорта. Апатито-нефелиновая руда применяется на некоторых заводах и в качестве флюса при плавке чугуна для насыщения его фосфором с целью повышения жидкотекучести, особенно при производстве ковкого чугуна.

§ 4. РАСЧЕТ ШИХТЫ

Состав чугуна для различных изделий. Химический состав чугуна выбирается в зависимости от назначения отливки и толщины ее стенки. На свойства отливок из серого чугуна влияют толщина стенок отливки и содержание в чугуне кремния.

В табл. 35 приведено приблизительное содержание кремния в чугуне в зависимости от толщины стенки. Приведенный состав является ориентировочным, так как в каждом случае его приходится уточнять в зависимости от условий и характера производства, исходных материалов, а также от способа формовки.

Таблица 35

Зависимость содержания кремния в % в чугуне от толщины стенки отливки

Толщина стенки в мм	Литье		
	в песчаные формы	в кокиль	
		без стержней	со стержнями
6—10	2,2—2,6	3,0—3,3	2,8—3,0
11—20	1,8—2,2	2,8—3,0	2,4—2,7
21—40	1,6—2,0	2,6—2,8	2,2—2,4
41—80	1,5—1,8	2,4—2,6	2,0—2,4

завалки. Масса металлической шихты или завалки на данную программу складывается из масс: 1) годного литья, необходимого по программе на месяц, квартал, год, на день или на плавку; 2) брака литья внутреннего и внешнего, т. е. обнаруженного в литейном и механическом цехах; 3) литников и выпоров; 4) угара и механических потерь металла при разливке (сливы, сплески, брызги и др.).

Масса литников колеблется для мелкого литья от 20 до 80%, для среднего от 15 до 25% и для крупного литья от 5 до 15% от массы отливки.

Потери металла при разливке чугуна из вагранки можно принимать 4—5% от общей массы металлической шихты или завалки, а из пламенных печей — 6—8%.

Коэффициентом выхода годного литья называется отношение массы годного литья к массе завалки, выраженное в процентах. Коэффициент выхода годного литья из серого чугуна равен для мелких отливок 40—60%, средних — 55—70% и для крупных — 65—80%. Для отливок из ковкого чугуна коэффициент выхода годного равен 50—62%.

При расчете шихты необходимо учитывать угар элементов в плавильной печи. Угар элементов при ваграночной плавке колеблется для кремния от 10 до 30%, марганца от 15 до 25%, хрома от 16 до 20%. Обычно содержание никеля в шихте не изменяется. Изменение содержания хрома и никеля относится к случаю шихтовки с применением природнолегированных чугунов. Угар примесей в вагранке зависит от абсолютного содержания их в шихте и от режима плавки (с подогревом дутья, без подогрева, коксогозовая вагранка и т. п.). Пригар серы (до 50%) происходит в основном вследствие перехода серы из кокса в чугун.

Шихту можно рассчитывать тремя методами: аналитическим, графическим и подбором. Наиболее часто шихту рассчитывают методом подбора, так как он самый простой, вполне доступен для персонала, работающего в плавильном отделении цеха. Аналитический метод применяется значительно реже, а графический почти не применяется на практике. Поэтому рассмотрим только два метода расчета: подбором и аналитический.

Пример расчета шихты методом подбора. Отливки автомобильных деталей из серого чугуна должны иметь следующий химический состав: 3,2–3,4% С, 2,0–2,2% Si, 0,6–0,8% Mn до 0,15% P, до 0,12% S. Угар элементов при плавке в вагранке: 15% Si, 20% Mn и пригар 50% S.

Химический состав шихтовых компонентов, из которых будет состояться шихта, приведен в табл. 36.

Таблица 36

Химический состав шихтовых компонентов в %

Компоненты	С	Si	Mn	P	S
Чушковый чугун:					
ЛК0-1-Б	3,5	3,3	0,50	0,11	0,02
ЛК1	3,3	3,0	0,5	0,12	0,03
Возврат собственного производства	3,3	2,1	0,7	0,10	0,09
Лом стальной	0,2	0,30	0,8	0,05	0,05
Брикетированная чугуно- вая стружка	3,3	2,1	0,7	0,10	0,09

Масса металлической завалки 800 кг.

Определяем среднее содержание кремния и марганца в шихте. Допустим, что искомое содержание кремния в шихте равно $x\%$, а марганца $y\%$, сгорит при плавке кремния $0,15x$, марганца $0,20y$. В жидком металле остается кремния $x - 0,15x = 0,85x$, марганца $y - 0,20y = 0,80y$.

С другой стороны, известно, что в жидком металле должно оставаться в среднем 2,1% Si и 0,7% Mn. Таким образом, $0,85x = 2,1$ и $0,80y = 0,7$, откуда

$$x = \frac{2,1}{0,85} = 2,44\%, \quad y = \frac{0,70}{0,80} = 0,87\%.$$

Рассчитаем состав шихты, т. е. определим процентное содержание компонентов в шихте. В соответствии с заданием (см. табл. 36) шихту необходимо составить из пяти сортов металла. С учетом имеющихся шихтовых материалов и химического состава подбираем массу отдельных компонентов колоши. Содержание элементов в процентах по отношению в колоше проверяем расчетом (табл. 37).

Из табл. 37 видно, что углерода в выплавляемом чугуна будет в пределах заданного, а кремния не хватает $2,44 - 2,26 = 0,18\%$

или $\frac{0,18 \times 800}{100} = 1,44$ кг на одну завалку. Также не хватает

марганца $0,87 - 0,63 = 0,24$ или $\frac{0,24 \times 800}{100} = 1,92$ кг на одну

колошу. Недостаток кремния восполним введением ферросилиция.

1 кг доменного ферросилиция марки Si10 содержит 0,09—0,13 кг кремния. Угар кремния в ферросилиции будет около 25%, т. е. попадает в литье на 1 кг ферросилиция 0,07—0,09 кремния. Следовательно, в шихту необходимо дать не менее

$\frac{1,44}{0,07} = 20,5$ кг

на одну завалку в 800 кг или же на 100 кг завалки $\frac{20,5}{8} = 2,7$ кг.

Недостаток марганца восполним введением ферромарганца.

1 кг ферромарганца М6 содержит 0,7—0,75 кг марганца. Угар марганца около 30%. Следовательно, в шихту можно давать ферро-

марганца $\frac{1,92}{0,7} = 2,7$ на одну завалку в 800 кг или же на 100 кг

металлической завалки $\frac{2,7}{8} = 0,33$ кг.

На основании расчета шихты методом подбора можно написать состав шихты на 800 кг металлической завалки в кг:

Чугун	
ЛК0-1-Б	200
ЛК 1-Б	120
Возврат собственного производства (литники, брак)	240
Стальной лом	120
Брикетированной чугуниной стружки	120

Итого . . . 800 кг

Расход топлива зависит от способа плавки в вагранке и составляет 9—16% от веса металлической завалки. Например, при плавке в вагранке без подогрева дутья расход кокса в литейном цехе серого чугуна ЗИЛа составлял 15,5%, с подогревом дутья 11% и на коксогоазовой вагранке с подогревом дутья 9% от веса

Расчет содержания элементов в колше

Компоненты	Масса		Содержание элементов в %				
	в кг	в %	C	Si	Mn	P	S
Чугун:							
ЛК0-1-Б	200	25	$0,25 \times 3,5 =$ $= 0,875$	$0,25 \times 3,3 =$ $= 0,825$	$0,25 \times 0,5 =$ $= 0,125$	$0,25 \times 0,11 =$ $= 0,0275$	$0,25 \times 0,02 =$ $= 0,0050$
ЛК1-Б	120	15	$0,15 \times 3,3 =$ $= 0,495$	$0,15 \times 3,0 =$ $= 0,450$	$0,15 \times 0,5 =$ $= 0,075$	$0,15 \times 0,12 =$ $= 0,0180$	$0,15 \times 0,03 =$ $= 0,0045$
Возврат собственного производства	240	30	$0,30 \times 3,3 =$ $= 0,990$	$0,30 \times 2,1 =$ $= 0,630$	$0,30 \times 0,7 =$ $= 0,210$	$0,30 \times 0,10 =$ $= 0,0300$	$0,30 \times 0,09 =$ $= 0,0270$
Стальной лом	120	15	$0,15 \times 0,2 =$ $= 0,30$	$0,15 \times 0,3 =$ $= 0,450$	$0,15 \times 0,8 =$ $= 0,120$	$0,15 \times 0,05 =$ $= 0,0075$	$0,15 \times 0,05 =$ $= 0,0075$
Брикетированная чугунная стружка	120	15	$0,15 \times 3,3 =$ $= 0,495$	$0,15 \times 2,1 =$ $= 0,315$	$0,15 \times 0,7 =$ $= 0,105$	$0,15 \times 0,10 =$ $= 0,0150$	$0,15 \times 0,09 =$ $= 0,0135$
Всего	800	100	3,155	2,260	0,635	0,0980	$0,0575 +$ $+ 0,0287^* =$ $= 0,0862^{**}$

* Пригар 50% S из кокса.

** Содержание серы в выплавляемом чугуне будет менее заданного.

завалки. Флюсы вводятся в количестве 3% от веса металлической завалки.

Расчет шихты методом подбора рекомендуется применять при стандартном составе шихты, когда она изо дня в день составляется из металла одних и тех же марок. Для расчета же новых шихт следует пользоваться аналитическим методом.

Пример расчета шихты аналитическим методом. Аналитический метод расчета шихты заключается в составлении и решении системы уравнений, в которых неизвестными являются процентные содержания элементов в шихте и чугуне. Для упрощения расчета задаются тремя или двумя неизвестными.

Таблица 38

Состав шихты в %

Компоненты	Содержание компонентов в %	Si	Mn
Литейный чугунок сорта А	x	2,1	0,9
» Б	y	2,3	0,95
» С	z	2,2	0,8
Возврат собственного производства	40	2,0	0,7

Допустим, что в отливках необходимо получить 1,9% Si и 0,65% Mn. В вагранке угар кремния примем 10% и марганца 20%. Тогда в шихту необходимо ввести кремния и марганца с учетом угара следующее количество:

$$Si = \frac{1,9 \cdot 100}{(100 - 10)} = \frac{190}{90} = 2,1\%$$

$$Mn = \frac{0,65 \cdot 100}{(100 - 20)} = \frac{65}{80} = 0,8\%$$

Допустим, что шихту надо составить из четырех сортов металла, химический состав которых по кремнию и марганцу приведен в табл. 38. Количество возврата собственного производства в шихте в данном примере принято 40%, остальные 60% металлической шихты составим из трех сортов доменных чугунов, указанных в табл. 38.

Для того чтобы убедиться, что можно составить шихту с помощью данных компонентов, приведенных в табл. 38, предварительно выясним возможность получения требуемых содержаний кремния и марганца.

Среднее содержание Si в доменных чугунах:

$Si = \frac{2,1 + 2,3 + 2,2}{3} = 2,2\%$, а в ломе 2,0%. Откуда среднее содержание кремния в 100 кг шихты составит

$$Si = \frac{60 \cdot 2,2}{100} + \frac{40 \cdot 2}{100} = 2,12\% \text{ кг}$$

Аналогично определяем содержание марганца

$$Mn = \frac{60}{100} \left(\frac{0,9 + 0,95 + 0,8}{3} \right) + \frac{40}{100} \cdot 0,7 = 0,81 \text{ кг}$$

Для нахождения неизвестных весовых процентов x , y и z остальных сортов металла в шихте составляем три уравнения, причем массу шихты при расчете принимаем 100 кг. Так как мы ведем расчет шихты на 100 кг, то процентное содержание компонентов в то же время равно их массе в килограммах.

1. Первое уравнение будет, таким образом, иметь следующий вид:

$$x + y + z + 40 = 100 \text{ или } x + y + z = 100 - 40 = 60.$$

2. Уравнение для Si в шихте

$$1,1x + 2,3y + 2,2z + 40 \cdot 2,0 = 100 \cdot 2,1 \text{ или}$$

$$1,1x + 2,3y + 2,2z = 210 - 80 = 130.$$

3. Уравнение для Mn в шихте будет

$$0,9x + 0,95y + 0,8z + 40 \cdot 0,7 = 100 \cdot 0,8$$

или

$$0,9x + 0,95y + 0,8z = 80 - 28 = 52.$$

Выразив x через y и z и сделав преобразования, получим два уравнения с двумя неизвестными:

$$0,2y + 0,1z = 4 \text{ и } 0,05y - 0,1z = -2.$$

После сложения обоих уравнений находим y ; $0,25y = 2,0$, откуда $y = 8$.

Подставив в одно из предыдущих уравнений значение y , найдем, что $z = 24$. Величину x найдем из уравнения $x + 8 + 24 = 60$, откуда $x = 28$.

На основании произведенного аналитическим методом расчета шихты можно написать состав шихты на 100 кг металлической завалки:

Литейного чугуна сорта А	28 кг
» » » Б	8 »
» » » С	24 »
Возврат собственного производства	40 »

Итого . . . 100 кг

ГЛАВА III

ПЛАВКА ЧУГУНА

§ 1. ПЛАВКА ЧУГУНА В ВАГРАНКЕ

Чугун плавят в вагранках, пламенных и электрических печах. Плавильные печи должны обеспечивать получение металла заданного химического состава, малый угар металла и минимальное насыщение его вредными примесями, низкий удельный расход топлива, использование газового и местного топлива.

Литейные печи должны быть приспособлены к режиму работы цеха и иметь максимальную производительность. Наибольшее применение для плавки чугуна нашли шахтные печи — вагранки.

Вагранкой называется шахтная печь, служащая для расплавления и перегрева чугуна. В отдельных случаях ее используют для переплавки шлака при производстве шлаковой ваты, обжига известняка и плавки цветных сплавов. Она проста по устройству и обслуживанию, требует небольшого расхода топлива; производительность от 500 до 25 000 кг ч жидкого металла.

По виду используемого топлива вагранки подразделяются: на обычные, работающие на коксе; коксогозовые, работающие на коксе и природном газе, и газовые. В вагранке во время плавки можно менять шихту и получать металл желаемого химического состава с температурой на желобе до 1450° С.

Устройство вагранки (рис. 147). Вагранка состоит из пяти основных частей: опорной части, шахты, дымовой трубы с искрогасителем, фурменного устройства и копильника. Стальной кожух 9 вагранки изнутри выложен огнеупорным материалом. Шахта является главной частью вагранки: в ней происходят два основных процесса плавки: сгорание топлива и плавление чугуна. В верхней части шахты имеется окно 10 для загрузки в вагранку шихты. Шахта от лещади до загрузочного окна выкладывается огнеупорным кирпичом 8 в два ряда, толщиной до 250 мм; от загрузочного окна шахта на высоту 1 м футеруется пустотелым чугунным кирпичом 12. Выше завалочного окна вагранка футеруется в один ряд шамотным кирпичом на «плашку».

Толщина стального кожуха вагранки в зависимости от ее диаметра составляет 6—12 мм. Для свободного расширения футеровки во время плавки чугуна между кожухом и футеровкой имеется зазор 25—50 мм, заполненный песком 13.

Шахта устанавливается на подовую плиту 4, отверстие которой закрывается откидным днищем, состоящим из створок 1 и 2. Шахта поддерживается колоннами 8. Через рабочее окно 6 нижняя часть шахты набивается слоем наполнительной смеси 14 толщиной 100—300 мм. Набивной под-лещадь имеет уклон в сторону чугунной летки 15.

Против чугунной летки на уровне пода делают рабочее окно 6, которое во время плавки закладывают огнеупорным кирпичом, забивают формовочной смесью и закрывают дверцей.

Для выпуска шлака имеется летка 16 (в нашем случае она расположена выше уровня металла в копильнике). Нижняя часть шахты от пода до первого ряда фурм называется горном. Во время работы вагранки горн и часть шахты заполнены раскаленным коксом. Этот слой кокса называют холостой колошей. На холостую колошу загружают бадьей 11 отдельными порциями (слоями) металлическую колошу: чугун, лом, стальной скрап и кокс, называемый топливной колошей.

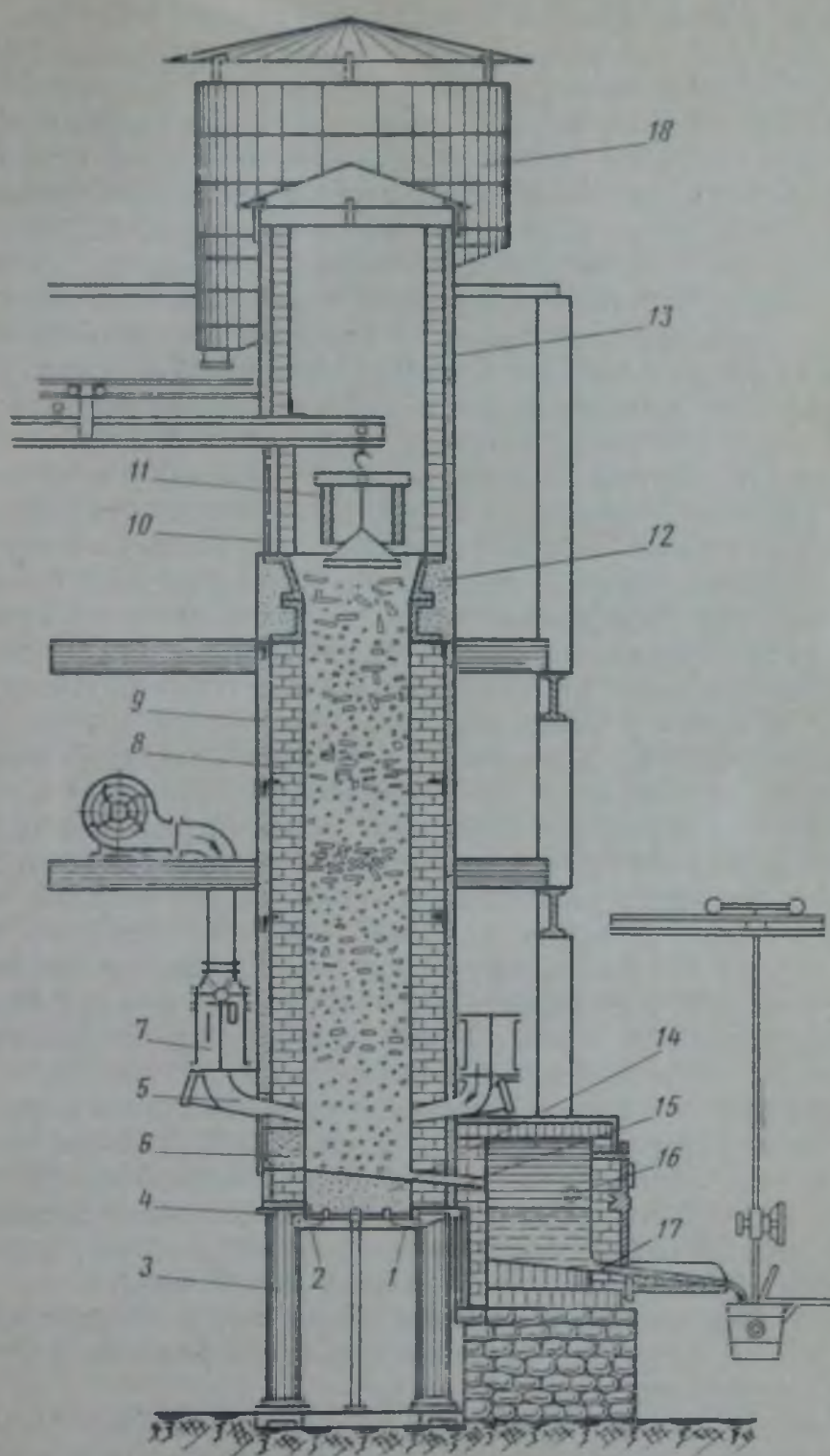


Рис. 147. Вагранка с копильником

Известняк загружают после каждой рабочей колоши кокса. Высота холостой колоши в вагранке средней величины принимается 700—800 мм выше фурм 5. Воздух в фурмы поступает из коробки 7. Для полного сгорания топлива и интенсификации процесса плавки чугуна, фурмы делают в один или несколько рядов.

Холостая колоша служит постелью, на которой плавится металлическая шихта. Холостая колоша поддерживает в ходе процесса уровень пояса плавления на определенной высоте.

Высота горна (расстояние от подины до нижнего ряда фурм) для вагранок с копильниками берется как можно меньше (от 150 до 300 мм) и зависит от диаметра вагранки. В вагранках без копильника высота определяется объемом жидкого чугуна, который необходим для заливки форм в промежутке между выпусками. Высота горна для таких вагранок равна 400—700 мм.

Полезной высотой шахты вагранки называется расстояние между нижним рядом фурм и порогом загрузочного окна. Эта высота имеет очень большое значение для процесса теплообмена между поднимающимися раскаленными газами и чугуном, движущимся вниз. Чем длиннее путь движения газов по кускам металлической завалки, тем лучше прогревается шихта и тем полнее горячие газы отдадут тепло чугуну. Однако очень большая высота шахты способствует зависанию шихты и повышению сопротивления движению газов в вагранке. Кроме того, колошниковые газы выходящие из вагранки при температуре 420—540° С, трудно поджечь и они отравляют атмосферу. В чрезмерно низких вагранках колошниковые газы, наоборот, имеют высокую температуру и требуют большого расхода топлива на плавку металла.

Через дымовую трубу вагранки продукты горения топлива удаляются из шахты наружу. Труба заканчивается искрогасителем 18, который улавливает раскаленную пыль и искры, выбрасываемые из дымовой трубы, и предохраняет от пожара соседние помещения. Искрогасители бывают мокрые и сухие; на практике применяют те и другие. Вагранка является плавильной печью непрерывного действия. В ней проплавляются 6—10 колош в час. По мере того, как металл расплавляется и уровень шихты опускается, в вагранку непрерывно загружают новые колоши, полученный жидкий металл выпускают через летку 17 непрерывно или через небольшие промежутки времени (8—10 мин).

Подготовка вагранки к плавке. Перед плавкой производят текущий ремонт вагранки. Различают три вида ремонта: случайный, текущий и капитальный.

Случайный ремонт производят при аварии (обвал части футеровки во время плавки, прогар кожуха вагранки и т. п.). Капитальный ремонт производят при замене футеровки шахты вагранки от подовой плиты до загрузочного окна, а также при замене футеровки дымовой трубы и искрогасителя. При капитальном ремонте, если необходимо, ремонтируют кожух вагранки, воздухопровод,

фурменную коробку и искрогаситель. Капитальный ремонт производится один-два раза в год, после продолжительной работы вагранки.

Текущий ремонт вагранки производят после каждой плавки: он заключается в частичной или полной замене футеровки шахты в поясе плавления, зоне фурм и горне вагранки.

Объем текущего ремонта зависит от качества огнеупорных материалов, длительности плавки в вагранке, а также от качества предыдущего ремонта. Чем продолжительнее плавка, тем быстрее разрушается футеровка. Продолжительность плавки зависит от потребности цеха в жидком чугуна.

Вагранку после плавки охлаждают естественной тягой воздуха, для чего открывают фурмы и дверцы днища, а загрузочное окно закрывают. Не рекомендуется охлаждать футеровку водой, так как резкое охлаждение приводит к растрескиванию огнеупорного кирпича и тонкого слоя гарнисажа на поверхности футеровки. Ускоренное охлаждение футеровки вагранки достигается продувкой шахты воздухом. Оставшиеся после плавки материалы (чушки чугуна, лома, куски топлива) убираются из-под вагранки.

Настыли с футеровки вагранки удаляют с помощью молотка, лома или зубила. Это предохраняет футеровку от расшатывания и образования глубоких трещин в швах. Затем производят ремонт изношенной части футеровки, обмазывают поврежденные места огнеупорным раствором, если длительность будущей плавки не более трех часов. Перед нанесением раствора поверхность смачивают водой для более прочного сцепления с обмазкой. Толщина слоя обмазки не должна превышать 20 мм, так как при большей толщине обмазка может обваливаться. Для обмазки применяется смесь, состоящая из 40% огнеупорной молотой глины и 60% кварцевого песка. Эта смесь песка и глины перемешивается в бегунах и увлажняется водой. При ремонте плавильного пояса кладка должна выполняться без выступов, на нижней и верхней границах пояса плавления, так как они могут нарушить равномерный сход колош в процессе плавки.

При продолжительности плавки от одной до двух смен футеровка сильно выгорает и во время ремонта пояса плавления выгоревшие кирпичи заменяют новыми. Футеровка в поясе плавления почти полностью выгорает, если продолжительность работы вагранки более 30 ч. В этом случае выкладывают новым кирпичом не только пояс плавления, но и фурменную зону.

Вместо кирпичной футеровки часто применяют набивную массу, состоящую из 80—85% кварцевого песка, 20—15% огнеупорной глины и 6—8% воды. Эту смесь хорошо перемешивают в бегунах в течение 5—10 мин. Для увеличения прочности смеси по-сырому в воду иногда добавляют жидкое стекло (1 кг на 10 л воды). Набивная футеровка более стойка по сравнению с кирпичной футеровкой.

В горне наиболее поврежденными местами являются чугунная и шлаковая летки, а также прилегающие к ним кирпичи. Если продолжительность плавки 4—6 ч, кладка горна и леток может стоять без замены несколько плавков, а при более продолжительных плавках меняют внутренний слой кирпичей и устанавливают новые шлаковую и чугунную летки.

Во время ремонта копильник сначала очищают от остатков чугуна и шлака. Затем нижнюю часть копильника очищают от формовочной смеси старой лещадь, прочищают и ремонтируют летку, шлаковое отверстие и канал, по которому чугун из горна

поступает в копильник. После плавки необходимо ремонтировать желоб вагранки: очистить от настывшей и шлаковых наростов и обмазать его огнеупорной массой, применяемой для ремонта шахты вагранки. В случае необходимости футеровку желоба меняют полностью. После ремонта желоб просушивают.

Набивка подины производится после ремонта вагранки. Сначала закрывают откидное днище вагранки, а затем приступают к набивке подины или лещадь формовочной наполнительной смесью. Смесью набивают слоями, толщиной 40—50 мм. Общая толщина набивки 150—250 мм. Подина должна иметь уклон в сторону летки около 5°.

Чугунную и шлаковую летки лучше всего делать из специальных огнеупорных кирпичей (рис. 148). В кирпиче имеются два отверстия: одно — действующее, а второе — запасное. Запасное отверстие выше действующего. Иногда чугунную летку делают набивной из массы, состоящей из 40% кварцевого песка, 30% шамотного порошка и 30% огнеупорной глины.

Диаметр металлической летки зависит от производительности вагранки и составляет 12—30 мм. Вследствие вязкости шлака диаметр шлаковой летки равен 50—100 мм.

Розжиг холостой колоши. Через рабочее окно на лещадь укладывают ровным слоем древесную стружку или обрезки, на них кладут сухие дрова толщиной 35—70 мм и длиной не более 1 м. Затем рабочее окно заделывают огнеупорным кирпичом, оставив в нем отверстие в один-два кирпича размером около 200×200 мм для розжига дров и доступа воздуха к ним. Стружку и дрова поджигают ветошью, смоченной керосином. Розжиг начинают при закрытых фурмах и открытом отверстия в рабочем окне. Через 10—12 мин после того, как дрова хорошо разгорятся, забрасывают первую порцию кокса. Кокс холостой колоши лучше забрасывать в три приема, так как он быстрее разгорается.

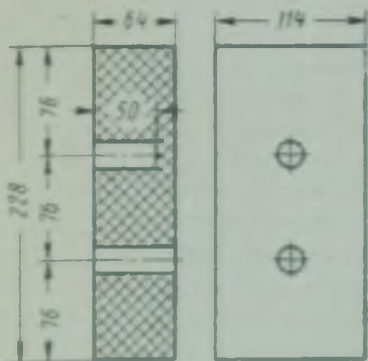


Рис. 148. Специальный кирпич для чугуниной летки

Когда первая порция холостой колоши разгорится до тускло-красного цвета, в вагранку загружают вторую порцию, а затем и третью. Процесс розжига необходимо вести на естественной тяге, создаваемой трубой вагранки. Розжиг холостой колоши длится от 1,5 до 2 ч. Кокс для холостой колоши должен быть однородным и иметь размеры от 80 до 175 мм (по диаметру). Для ускорения розжига, в исключительных случаях, применяют искусственную подачу воздуха от вентилятора. При этом выделяется большое количество тепла, которое ведет к оплавлению футеровки еще до начала плавки, кроме того, расходуется больше кокса.

Розжиг холостой колоши можно производить природным или генераторным газом с помощью нефтяных форсунок, вставляемых в рабочее окно или открытые фурмы. Розжиг холостой колоши природным газом длится 25—35 мин. После того, как кокс разгорится, определяют высоту холостой колоши железным щупом, диаметром до 10 мм с загнутым под прямым углом концом. На щупе имеется метка, которая показывает, до какой высоты необходимо поднять холостую колошу по отношению к порогу загрузочного окна. При высоте холостой колоши ниже заданной в вагранку добавляют кокс. Необходимо следить за равномерным расположением столба кокса, не допускать его односторонней засыпки. Под высотой холостой колоши подразумевается часть столба кокса, находящаяся выше фурм. В вагранках с одним рядом фурм высотой холостой колоши является расстояние от верхней кромки фурм, а в вагранках с 2—3 рядами фурм высота холостой колоши кокса отсчитывается от верхнего ряда фурм. Обычно высота холостой колоши над фурмами задается примерно от 800 до 1600 мм в зависимости от качества кокса, количества и температуры дутья, конструкции и диаметра вагранки и т. д.

Высота холостой колоши устанавливается опытным путем. Если высота холостой колоши выбрана правильно, расплавленный чугун появится у фурм через 5—6 мин после пуска дутья. При слишком высокой колоше чугун появится через 10—20 мин после пуска дутья.

Когда кокс холостой колоши хорошо разгорится, вагранщик заделывает кирпичом оставленное отверстие в рабочем окне, набивает зазор между стенкой и дверцей формовочной смесью, обмазывает глиной кромки дверцы и плотно ее закрывает. После полного разгара холостой колоши ее продувают воздухом в течение 2—3 мин, при этом фурмы должны быть открыты во избежание взрыва. В процессе продувки выдувается зола, коксовая мелочь и несколько снижается содержание серы в первом выпуске чугуна.

Одновременно с розжигом холостой колоши производят сушку желоба древесным углем или дровами; предпочтительнее сушить древесным углем, так как выделяется меньше дыма. К моменту выпуска металла из вагранки желоб вагранки должен быть хорошо высушен. Если вагранка имеет копильник, последний необ-

ходимо разогревать одновременно с вагранкой. На вновь набитую подину копильника накладывают стружку и сухие дрова и закрывают нижнюю дверцу, заранее футерованную огнеупорным кирпичом, промазывают глиной и плотно притягивают на свое место специальным запорным устройством. После этого зажигают стружку через верхнюю дверцу. В копильник кладут такое количество дров, которое обеспечивало бы его хороший прогрев и образование после сгорания дров раскаленного слоя древесного угля, толщиной около 130—150 мм. Затем закрывают верхнюю дверцу, футерованную глиной, и плотно притягивают ее чекой. Разогрев копильника производят и генераторным газом; для этого горелка устанавливается под сводом копильника с таким расчетом, чтобы факел был направлен на лещадь. При таком подогреве копильник хорошо и быстро прогревается.

Загрузка шихты в вагранку. На разогревшуюся холостую колошу загружают шихту отдельными слоями, состоящими из металлической части, кокса и флюсов, до порога загрузочного окна. Размер рабочей колоши кокса следует подбирать по объему, а не по массе. Наилучшей толщиной или высотой слоя рабочей колоши кокса является высота от 150 до 200 мм. Если известна высота рабочей коксовой колоши и площадь сечения вагранки, то можно определить объем, а по нему и массу. При этом считаем, что масса 1 м³ кокса составляет 450 кг. Допустим, что диаметр вагранки $D = 2$ м, а высота рабочей колоши кокса $h = 0,18$ м, тогда объем V рабочей колоши кокса

$$V = \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{3,14 \cdot 4}{4} \cdot 0,18 = 0,57,$$

отсюда масса коксовой колоши $450 \cdot 0,57 = 257$ кг. Расход кокса в рабочих колошах составляет 10—16% от массы металлической завалки. По массе рабочей коксовой колоши можно определить массу металлической колоши при любом расходе топлива. Допустим, что масса рабочей коксовой колоши равняется 12% массы металлической завалки. Тогда масса металлической завалки составит $\frac{257}{0,12} = 2100$ кг.

Расход кокса зависит от характера литья. Для тонкостенных отливок требуется горячий металл, поэтому расход кокса большой, а для толстостенных отливок можно уменьшить расход топлива за счет увеличения массы металлической колоши. Так как при длительных плавках футеровка вагранки выгорает и диаметр шахты вагранки увеличивается, особенно в поясе плавления, то высота холостой колоши уменьшается, нарушается нормальный ход плавки. Чтобы восстановить высоту холостой колоши, необходимо через 15—20 колош делать пересыпку, т. е. загружать дополнительно коксовую колошу.

Правильная загрузка вагранки металлом, топливом и флюсами очень влияет на ход плавки. Во всех случаях, независимо от способов завалки (ручной или механической), необходимо соблюдать следующие правила: 1) слои топлива и металла должны располагаться в вагранке горизонтально; кокс и металл должны загружаться отдельно, а не в одной загрузочной бадье; при совместной загрузке кокс будет измельчаться; 2) габаритные размеры кусков металла в целях предупреждения их от зависания не должны превышать $\frac{1}{3}$ диаметра вагранки; 3) не допускать плавку с неполной загрузкой вагранки шихтой, так как в этом случае ваграночное тепло используется частично, а не полностью. Шихтовые материалы подаются на колошниковую площадку в тележках или ящиках и загружаются в вагранку вручную. Взвешивание шихтовых материалов во многих литейных цехах производится на колошниковой площадке. Коксовые колоши обычно загружаются в вагранку по объему.

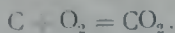
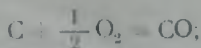
При механизированной загрузке шихты все операции: загрузка шихты в бадью, взвешивание, транспортирование, подъем шихты на колошниковую площадку, загрузка в вагранку и подача порожней бадьи на шихтовой двор — полностью механизированы и автоматизированы. Предварительно взвешенная металлическая шихта подается на колошниковую площадку в саморазгружающихся бадьях. Металл в бадьи загружается на шихтовом дворе из специальных бункеров (каждый металл из своего бункера). Взвешивание металлической шихты производится на механизированной весовой тележке. Подъем шихты на колошниковую площадку и загрузка ее в вагранку осуществляется с помощью скипового подъемника (рис. 149) или шаржирного крана (рис. 150).

На рис. 151 приведена схема загрузки шихты в бадью с помощью системы пластинчатых транспортеров и рольганга на заводе им. Лихачева. Подача топлива и флюсов и их загрузка в вагранку также механизированы.

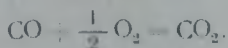
Пуск дутья. После загрузки вагранки до уровня загрузочного окна и выдержки для подогрева шихты включают дутье при открытых фурмах, чтобы предотвратить от взрыва, который может произойти при смешивании воздуха в СО, проникшим в распределительную фурменную коробку. Через 1 мин после пуска дутья фурмы можно закрыть. Чугунная летка должна быть открыта до появления чугуна на уровне фурм, т. е. в течение 5—6 мин, после этого ее можно закрыть. За этот период летка хорошо продувается и прогревается раскаленными газами. Кроме того, при продувке прогревается подина вагранки. Плавление и перегрев чугуна в вагранке осуществляются благодаря теплу, выделяемому при сжигании топлива.

Главной горючей составляющей любого топлива является углерод.

Поэтому процесс горения топлива следует рассматривать как процесс горения углерода:



Кроме приведенных реакций горения углерода возможна и третья реакция



При высоких же температурах раскаленный углерод может соединяться с кислородом окиси углерода по реакции

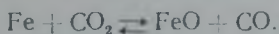


Газообразные продукты горения разогреваются до высоких температур и, поднимаясь навстречу опускающейся шихте, отдают ей в процессе теплообмена часть тепла — вагранка работает по принципу противотока. Разогретые газы поднимаются, а холодный чугуи и кокс опускаются.

При рассмотрении ваграночного процесса вагранку по высоте можно условно разделить на четыре зоны (рис. 152). В *зоне подогрева* куски шихты нагреваются приблизительно до температуры плавления. Известняк в первой зоне, нагреваясь, разлагается на CO_2 и CaO по реакции



В этой зоне вагранки нагревающийся твердый металл может вступать в химические реакции только с газовой фазой и процессы будут зависеть от температурных условий, парциального давления реагирующих газов, а также от величины поверхности металла. В этой зоне может протекать реакция



Все элементы, находящиеся в шихтовых материалах, способны окисляться даже в условиях слабо окислительной атмосферы первой зоны вагранки. В результате окисления углерода на поверхности металла образующиеся газообразные продукты удаляются с поверхности, а окислы кремния и марганца образуют на поверхности кусков пленку, состоящую из MnO , SiO_2 и FeO .

В *зоне плавления* металл переходит из твердого состояния в жидкое — происходит плавление металла и образование шлака. В период плавления может происходить поглощение серы металлом по реакции



более интенсивное, чем в более высоких слоях шахты вагранки. Это объясняется тем, что при плавлении металла отделяется слой

окислов, который несколько предохраняет поверхность металла от воздействия ваграночных газов. Газы в этой зоне не меняют своего состава, но сильно охлаждаются, так как они отдают свое тепло на нагрев и плавление металла.

Зоны перегрева жидкого металла располагается между зоной плавления и горном вагранки. В этой зоне расплавленные капли

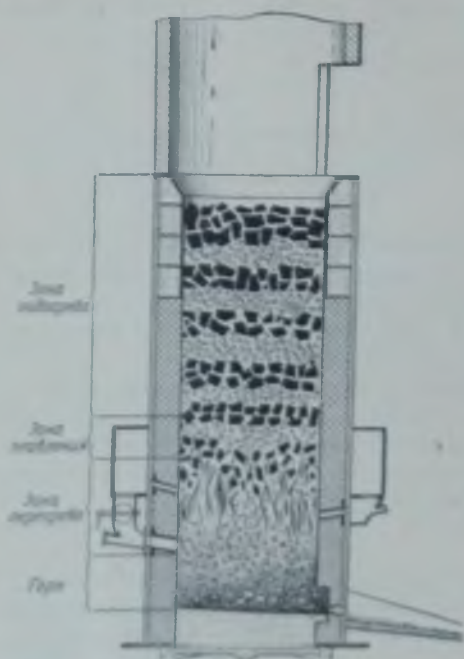
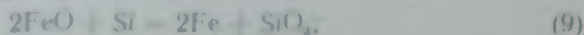


Рис. 152. Схема расположения зон в вагранке

металла перегреваются за счет высокой температуры газов и главным образом за счет излучения раскаленного кокса. В зоне перегрева температура наивысшая — 1600—1650° С. Атмосфера в этой зоне окислительная. Металл окисляется. Окисление железа происходит по реакции



Закись железа может растворяться в жидком шлаке и в чугуе. Растворенное FeO может восстанавливаться марганцем, кремнием и при высоких температурах углеродом по реакциям



Реакции (9), (10) с повышением перегрева чугуна могут совсем прекратиться, а реакция (11) будет развиваться с повышением температуры перегрева чугуна. Чем больше перегрев металла, тем сильнее будет науглероживаться чугун в жидком виде углеродом из кокса и энергичнее гореть углерод. В этой зоне происходит наиболее энергичное растворение углерода в жидком чугуне и заканчивается процесс образования шлака.

В *горне вагранки* металл и шлак несколько охлаждаются за счет потерь тепла через стенки и дно горна. В горне вагранки продолжается процесс насыщения жидкого металла углеродом, если это растворение не достигло предела насыщения в зоне плавления и перегрева. Этим пределом насыщения чугуна углеродом следует считать точку эвтектики: $C = 4,3 - 0,3 (Si + P) \%$.

Шлаки в ваграночном процессе. Ваграночный шлак влияет на характер плавки и свойства получаемого чугуна. Количество и состав ваграночного чугуна зависят от ряда факторов: режима плавки, качества исходных шихтовых материалов и флюсов, а также от конструкции вагранок. В процессе плавки источниками образования шлака являются: 1) зола топлива, переходящая в шлак (1—2% от массы металла); 2) угар элементов: Si от 10 до 35%, Mn от 15 до 50% и Fe от 0,25 до 1,25%, в результате угара примесей в вагранке образуется 1—2% шлака; 3) оплавление футеровки (0,4—4% от массы металла); 4) песок и окислы, заносимые в вагранку с шихтой; песка в количестве от 0,3 до 2%, а окислов от 0,25 до 0,75%; 5) флюсы, которые добавляют с целью понижения вязкости шлака (3—4% от массы металла). Всего в процессе плавки образуется шлака 3—4% от массы металла. Шлак состоит из кремнезема, окиси кальция и глинозема, которые составляют в сумме 80—90% всей массы шлака. Соединения типа K_2O и Na_2O находятся в шлаке в небольших количествах (0,2—0,5%), P в пределах 0,1—0,5% и S—0,2—0,8%, а остальное — окислы металлов. Шлак содержит небольшое количество чугуна 0,2—0,5% от завалки. Ваграночный шлак должен обладать низкой температурой плавления и хорошей жидкотекучестью (малой вязкостью). Высокое содержание окислов железа в шлаке ухудшает механические свойства чугуна, способствует образованию пористости в отливках, снижает стойкость футеровки и увеличивает угар в вагранке. Окислы марганца (MnO) повышают механические свойства чугуна за счет легирования чугуна марганцем, но с повышением содержания марганца снижается стойкость футеровки.

Окислы магния (MgO до 10%) в шлаке повышают прочность чугуна. Такие окислы, как CaO, Al_2O_3 и SiO_2 в допустимых пределах не влияют на механические свойства чугуна. Шлаки, бедные окислами, не изменяют форму графита и структуру основной металлической массы. Шлаки разрушают футеровку; поэтому

в печах с кислой футеровкой нельзя применять основные шлаки и наоборот.

Для вагранок с шамотным кирпичом желательны иметь шлаки следующего состава: 42—48% SiO_2 , 10—15% Al_2O_3 ; 25—30% CaO , менее 8% FeO , 2—5% MnO и 3—5% MgO . В вагранке можно обогащать чугун фосфором, марганцем, никелем и другими элементами. Для этого следует увеличить количество окислов указанных элементов в шлаке. Для ввода в чугун фосфора необходимо применять апатито-нефелиновую руду, для ввода марганца — марганцевую руду, мартеновский шлак.

Способы удаления серы из ваграночного чугуна. При плавке чугуна в обычной вагранке на кислых шлаках содержание серы будет зависеть от содержания серы в шихте и топливе. Установлено, что сера перейдет в металл тем меньше, чем меньше серы в применяемом коксе, так как кокс является главным источником насыщения чугуна серой. Крупные куски и минимальное количество кокса в колоше уменьшают содержание серы, так как меньше площадь соприкосновения металла с коксом. Содержание серы в чугуне зависит от высоты холостой колоши кокса (чем ниже холостая колоша кокса, тем меньше серы). Подача воздуха в вагранку способствует удалению серы в атмосферу с газами (SO_2), увеличению извести CaO в шлаке, растворению серы в металле, марганца в шихте, который соединяется с серой в виде MnS , уменьшению содержания серы в чугуне.

Для удаления серы из чугуна применяют различные способы обработки ваграночного чугуна кальцинированной содой, карбидом кальция, магнием и кальцием.

Жидкий чугун обрабатывается содой следующим образом: в ковш или копильник наливают жидкий чугун, а затем в жидкий чугун вводят присадку соды. При этом в присутствии углерода, действующего как раскислитель, будут протекать следующие реакции:



Чтобы сера не восстанавливалась и не перешла в металл, необходимо на поверхность металла насыпать известь, а затем удалять шлак с поверхности металла счищалкой. Расход соды на 1 т жидкого чугуна составляет 1—1,5 кг, при этом количество серы в металле уменьшается на 30—40% от общего количества серы, находящейся в жидком чугуне.

В последнее время для уменьшения серы и фосфора чугун стали плавить в вагранке с основной футеровкой. В качестве огнеупорного материала для футеровки вагранки используют магнетитовый, доломитовый и хромомagnetитовый кирпич. Это позво-

ляет применять основные шлаки и резко (на 40—60%) снизить содержание серы в чугуна. Основность ваграночного шлака определяется отношением содержания основных окислов в шлаке к кислотным:

$$\frac{\%CaO + \%MgO + \%MnO + \%FeO}{\%SiO_2 + \%(Al_2O_3 + SiO_2) + \%TiO_2 + \%P_2O_5}$$

При основности до 0,8 принято считать шлак кислотным, при 0,8—1,2 нейтральным и более 1,2 основным. Основные шлаки делятся на шлаки пониженной (1,3—1,5), средней (1,8—2,25) и повышенной (более 2,5) основности.

Установлена следующая зависимость содержания серы в чугуна от основности шлака.

Основность шлака	До 0,8	0,8—1,3	1,3—1,6	1,7—2,0
S в ‰	0,08—0,1	0,04—0,08	0,03—0,04	0,01—0,03

Высокотемпературный режим плавки (подогрев воздуха дутья или применение кислородного дутья), высокоосновные (до 2) ваграночные шлаки с добавкой плавикового шпата способствуют снижению содержания серы в чугуна.

Для получения в вагранке с основной футеровкой чугуна с низким содержанием фосфора необходимо иметь в шлаке повышенную концентрацию CaO и FeO.

Хорошие результаты получаются при одновременной добавке в вагранку в качестве флюса известняка и железной окалины или руды. В этом случае необходимо иметь основность шлака в пределах 1,8—1,9. Чем больше в шлаке FeO, тем быстрее будет протекать процесс обесфосфоривания чугуна.

§ 2. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАВКИ ЧУГУНА В ВАГРАНКЕ

Для увеличения производительности вагранки, повышения температуры чугуна и экономии топлива применяются следующие способы интенсификации процесса плавки: 1) регулирование количества подаваемого воздуха, 2) регулирование количества и качества топлива, 3) подогрев дутья, 4) обогащение дутья кислородом.

Подача оптимального количества воздуха в вагранку. Количество воздуха влияет как на высоту зоны горения, так и на температуру, развивающуюся в вагранке. С увеличением количества подаваемого воздуха скорость движения газов возрастает; следовательно, и зона горения вытягивается в направлении газового потока. В результате удлиняется и путь движения капель чугуна

в области высоких температур и перегрев чугуна увеличивается. Кроме того, повышается температура газов, так как топливо полностью сгорает. Поэтому при увеличении количества подаваемого воздуха расширяется зона высоких температур, повышается температура газов и столба кокса холостой колоши.

Исследованиями, а также практическими данными на ряде заводов установлено, что оптимальное количество подаваемого

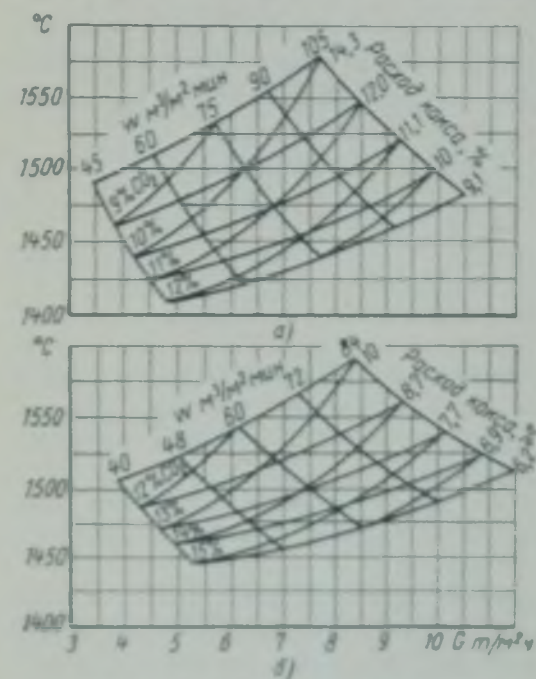


Рис. 153. Зависимость удельной производительности G вагранки и температуры чугуна от количества W вдуваемого воздуха и расхода кокса:

а — при холодном дутье; б — при нагретом до 425°C дутье

чугуна влияет также и скорость дутья. Установлено, что более интенсивно чугун плавится при скорости воздуха $2,5 \text{ м/сек}$, что соответствует удельной подаче воздуха около $150 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{мин}$.

Влияние качества топлива на интенсивность процесса плавки чугуна. Качество топлива зависит от размеров кусков, их плотности, реакционной способности, механической прочности, содержания золы и серы. При плавке чугуна в вагранке на мелком коксе понижаются производительность вагранки и температура чугуна, увеличивается расход топлива на плавку и содержание серы в чугуне. Из диаграммы (рис. 154) следует, что чем крупнее куски кокса, тем высота окислительной зоны в вагранке больше, что обеспечивает высокий перегрев металла. Однако чрезмерно

крупные куски кокса (размером свыше 160 мм) не рекомендуется употреблять в вагранках, так как они образуют большие полости, заполняемые воздухом, что вызывает повышенное окисление.

Добавка 20—50% термоантрацита к коксу повышает производительность вагранки и температуру перегрева чугуна.

Подогрев дутья, подаваемого в вагранку, увеличивает интенсивность горения углерода. Это объясняется тем, что горячий воздух вносит с собой значительное количество тепла. При работе вагранки на холодном дутье воздух охлаждает горячий кокс

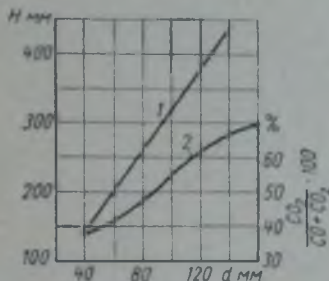


Рис. 154. Влияние размеров d кусков кокса на:

1 — высоту H окислительной зоны над фурмами; 2 — плотность сгорания углерода

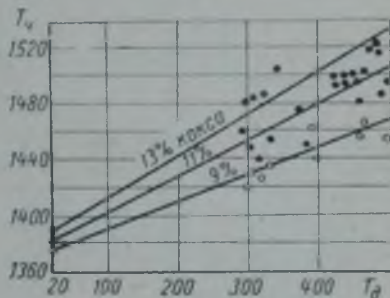


Рис. 155. Зависимость температуры перегрева T_q чугуна от температуры дутья T_d при различном расходе кокса

и требует затраты тепла на свой подогрев. Вследствие этого можно уменьшить массу рабочей топливной колоши и холостой колоши. При снижении же рабочей и холостой колоши увеличивается полнота горения и экономится топливо. В свою очередь, снижение расхода кокса увеличивает скорость схода колош и производительность вагранки.

Чем выше температура подогретого воздуха, тем больше экономия топлива, выше производительность вагранки, больше перегрев чугуна. Практически дутье следует подогреть до 450—550° С.

На рис. 155 приведена зависимость температуры перегрева чугуна от температуры дутья при различном расходе кокса. По данным ЗИЛ при подогреве дутья до 450—500° С температура жидкого чугуна на желобе вагранки повышается на 120—130° С. Установлено также, что подогретое дутье понижает количество закиси железа (FeO) в шлаке, вследствие чего уменьшается угар кремния и марганца в вагранке. При работе вагранки на подогретом дутье на угар кремния влияет и толщина слоя шлака над металлом в горне вагранки. Чем тоньше слой шлака, тем больше угар кремния в чугуне и наоборот. Угар марганца и серы значительно

меньше при горячем дутье, а содержание фосфора не изменяется. Для подогрева дутья применяют рекуператоры. Хорошо зарекомендовали себя на практике высокотемпературный рекуператор конструкции ЗИЛ (рис. 156).

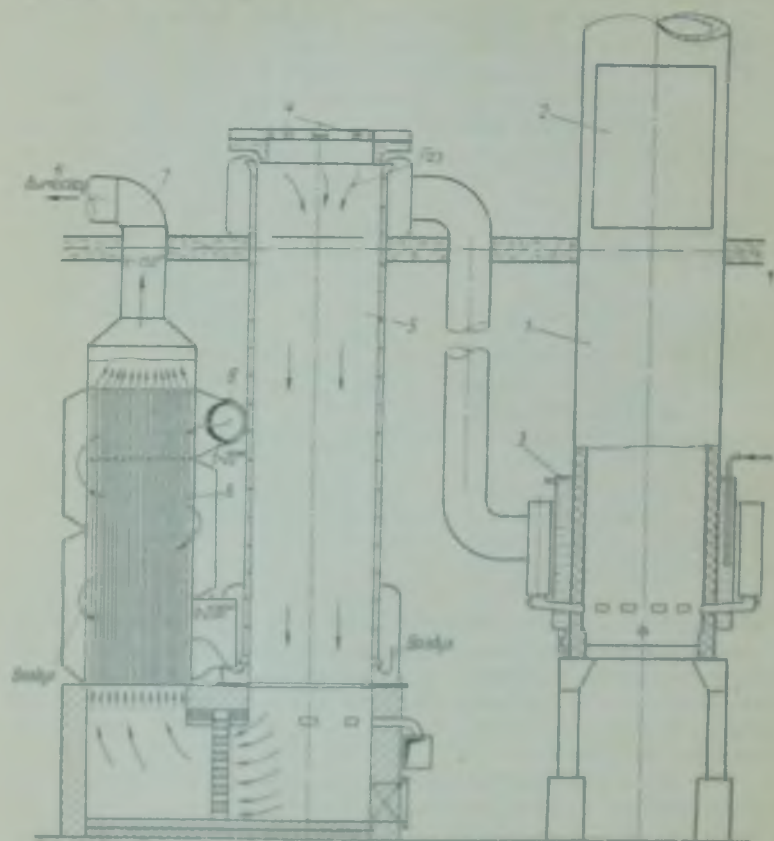


Рис. 156. Схема высокотемпературного воздухоподогревателя комбинированного типа конструкции ЗИЛ.

1 — вагранка; 2 — загрузочное окно; 3 — водное охлаждение; 4 — отверстие для газовых горелок; 5 — радиационный рекуператор; 6 — трубчатый рекуператор; 7 — труба, 8 — воздуховод

Воздух подогревается в отдельной тонке газовыми горелками. Продукты сгорания поступают в радиационный рекуператор и, пройдя через него, охлаждаются и поступают в конвекционный рекуператор, а затем удаляются в трубу. Радиационный рекуператор 5 изготовлен из металлических труб, расположенных кон-

центрично с коллекторами в верхней и нижней частях. Конвективный рекуператор *б* изготовлен из труб углеродистой стали. Холодный воздух от вентилятора проходит через воздухопровод в конвекционный рекуператор, затем в радиационный и нагревается в них до 500—550° С. Нагретый воздух поступает из рекуператора по трубопроводу в фурмы вагранки. Расход кокса при холодном дутье составляет 15,5% от массы металлической завалки, при подогретом дутье 11%. Производительность вагранки на холодном дутье 18 000 кг/ч, а на подогретом — 23 000 кг/ч. Температура жидкого чугуна на желобе достигает 1420—1440° С.

Обогащение дутья кислородом. Кислород для обогащения дутья был применен впервые в Советском Союзе. Кислородное дутье в вагранках используют для интенсификации процессов горения топлива, повышения температуры чугуна, увеличения производительности вагранки и снижения расхода при плавке. С повышением концентрации кислорода в дутье снижается угар кремния и даже образуется пригар кремния вследствие его восстановления из окислов; заметно снижается угар марганца. Температура металла на желобе вагранки достигает 1450° С и выше.

Дутье, обогащенное кислородом, увеличивает жидкотекучесть и уменьшает газонасыщенность чугуна.

Подачу кислорода можно осуществлять периодически и непрерывно. При непрерывной подаче кислорода повышается себестоимость жидкого чугуна. Кислородное дутье целесообразно применять периодически в начале работы вагранки и в перерывах для выравнивания хода плавки или в случае расстройства работы вагранки. При работе вагранки на обогащенном кислородом дутье и расходе кислорода 6 м³ на 1000 кг выплавленного чугуна, средняя температура металла на желобе будет 1400—1410° С. Периодическая подача кислорода через каждые 20 мин снижает расход топлива на 10% от массы металлической завалки и брак отливок. Ход вагранки можно исправить подачей кислорода в течение 5—10 мин. Такой гибкостью не обладает ни один из других известных методов форсирования хода плавки в вагранке. На рис. 157 приведена схема подачи кислорода в вагранку.

Плавка чугуна в коксогазовых вагранках. В последнее время чугун плавят в коксогазовых вагранках, которые работают на холодном и подогретом дутье. На ГАЗе коксогазовые вагранки работают на холодном дутье. Они очень экономичны при плавке белого чугуна в литейных цехах ковкого чугуна. В них можно выплавить низкоуглеродистый чугун с пониженным содержанием серы, вследствие меньшего расхода кокса на рабочую колошу.

На ЗИЛе в литейном цехе серого чугуна коксогазовая вагранка работает на подогретом (450—550° С) дутье. На вагранке установлено шесть форсунок для природного газа. Расход природного газа 700 м³/ч, форсунки имеют водяное охлаждение. Давление воздуха, подаваемого в вагранку, 1200—1300 мм вод. ст. Темпера-

ратура жидкого чугуна на желобе 1420—1430° С. Производительность вагранки по сравнению с работой на холодном дутье возросла с 18 000 до 23 000—24 000 кг ч, расход кокса сократился с 11 до 9%.

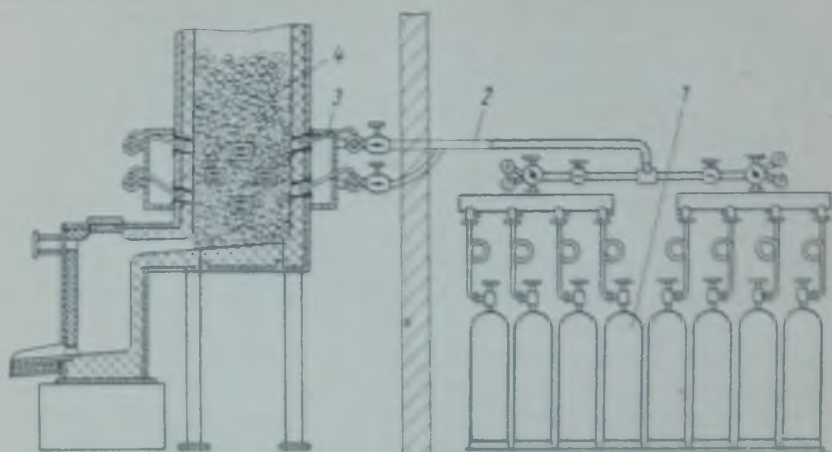


Рис. 157. Схема подвода кислорода в вагранку:

1 — баллон с кислородом; 2 — трубка; 3 — сопло; 4 — вагранка

§ 3. НАРУШЕНИЕ ХОДА РАБОТЫ ВАГРАНКИ

Зависание шихты в шахте вагранки является следствием плохого ремонта вагранки и завалки крупногабаритной шихты. Шахта вагранки после ремонта может иметь уступы, может быть неполностью очищена от настелей, иметь резкие переходы в футеровке плавильного пояса. Образующиеся на стенке шахты уступы препятствуют равномерному опусканию шихты и поэтому во время плавки металла образуется зависание шихты. Зависание металлической шихты происходит и при плохой разделке шихты, т. е. в тех случаях, когда длина металлических кусков больше $\frac{1}{3}$ диаметра вагранки.

При зависании шихты выгорает холостая колоша кокса и металл поступает в зону фурм в нерасплавленном виде. Образовавшийся «мост» (зависание) разрушают ломом, образовавшийся «мост» останавливают дутье и пробивают ломом металлическую шихту до тех пор, пока она не опустится на рабочую колошу кокса. Затем делают пересынку кокса, состоящую из двух и более дополнительных рабочих коксовых колош до заполнения всей высоты холостой колоши.

Заливка фурм шлаком или металлом бывает в том случае, когда горн переполнен металлом. При этом шлак поднимается до фурм и заливает их. Переполнение горна металлом может произойти при изменении режима (форсировании) плавки, а также от недосмотра вагранщика, своевременно не выпустившего металл.

В таких случаях следует немедленно остановить дутье, выпустить чугуи из вагранки, очистить фурмы, а затем включить дутье и продолжать плавку. Шлаковую летку необходимо располагать ниже фурм на 100—150 мм. Это дает возможность накапливать шлак без опасения попадания его в фурмы.

Холодный ход вагранки может произойти от различных причин: некачественного розжига холостой колоши; заниженной высоты холостой колоши перед завалкой шихты; зависания шихты в вагранке и т. д. Расплавленный чугуи будет иметь низкую температуру и не пригоден для заливки форм. Очень холодный чугуи «заморозит» летку. При холодном ходе вагранки необходимо сделать пересыпку в 2—3 колоши кокса. Кроме того, следует иметь запасную летку, расположенную выше первой на 70—90 мм, через которую можно выпустить чугуи, если основная летка выйдет из строя.

Взрывы в вагранке происходят главным образом от скопления гремучего газа, представляющего собой смесь окиси углерода с воздухом. Гремучая смесь образуется при остановке хода вагранки; в это время через фурмы в фурменную коробку и воздухопровод проникают газы, в том числе и окись углерода. При закрытых фурмах воздух смешивается с СО и может образоваться гремучая смесь, способная взрываться. При открытых же фурмах СО по выходе из фурм окисляется до СО₂. Закрывать фурмы следует только после пуска дутья. Взрыв может образоваться и от попадания в шихту взрывчатых веществ. Поэтому привозной стальной и чугуиный лом необходимо тщательно проверять.

Вынужденные остановки вагранки могут быть предвиденные (обеденный, межсменный перерывы) и неожиданные (остановка конвейера, оборудования и т. д.). Если в шахте после длительной плавки образовались настывы, останавливать дутье на длительное время опасно, так как шлак может заполнить (затянуть) свободное пространство шахты и опускание шихты прекратится. При отсутствии настывей можно допустить перерыв в работе вагранки до нескольких часов, но предварительно выпускают из вагранки чугуи и шлак, закрывают все фурмы, летку заделывают формовочной смесью и горение кокса прекращается. Иногда при очень длительных остановках на загруженную шихту насыпают мелкий кокс или древесный уголь. Перед пуском дутья в вагранку открывают летку и фурмы.

Прогар кожуха вагранки может произойти вследствие прогара футеровки в зоне высоких температур. При этом металл и шлак, соприкасаясь с прогоревшей футеровкой, вызывают местное покраснение кожуха вагранки. В таких случаях кожух вагранки поливают водой. После этого можно продолжать работу. В крайнем случае вагранку останавливают, выбивают и охлаждают кожух водой. При охлаждении водой чугуи, проникший к кожуху, затвердевает и защищает кожух от дальнейших повреждений.

Прорыв чугуна через под происходит в случае набивки его очень жирной формовочной смесью, которая при сушке растрескивается, жидкий металл попадает в трещины. При слабой же набивке или набивке подины сухим песком также возможен прорыв металла. Для предупреждения прорыва подины покрасневшее место охлаждаают струей воды, предварительно остановив дутье и выпустив чугун. Прогоревшее отверстие забивают снаружи жирной глиной и поддерживают ее металлической плиткой с подпоркой. В случае небольшого прогара днища достаточно слоя сырой глины для заделки прогоревшего места.

§ 4. КОНТРОЛЬ ПЛАВКИ В ВАГРАНКЕ

Правильное ведение процесса плавки чугуна в вагранке предусматривает получение металла не только с достаточно высоким нагревом и заданного химического состава, но и достижение хороших технико-экономических показателей ее работы.

В процессе плавки систематически контролируют: 1) количество подаваемого в вагранку металла, топлива и флюса; 2) давление и количество подаваемого в вагранку воздуха; 3) высоту столба шихтовых материалов; 4) температуру жидкого металла; 5) температуру и состав колошниковых газов.

Количество подаваемых в вагранку шихтовых материалов. Определение количества подаваемых в вагранку шихтовых материалов является одним из основных этапов контроля ваграночной плавки. От точности дозирования составных частей шихты (металлической и коксовой колош, флюса) зависит получение в вагранке металла точного химического состава с высокой температурой при минимальном расходе топлива.

Взвешивание необходимо также и для точного учета количества проплавленной в вагранке шихты. Для взвешивания шихты применяют: шихтовые стационарные весы; мостовые весы; весовые тележки; циферблатные крановые весы.

В литейных цехах серого чугуна взвешивание шихты производится автоматически. Шихтовые материалы, за исключением кокса, загружаются в расходные бункеры мостовыми кранами, имеющими съемные грейферы и электромагнитные шайбы; кокс же загружается передвижным реверсивным ленточным транспортом. Под каждым бункером для металлической шихты установлен электровибрирующий питатель (рис. 158), заблокированный с весовым дозатором. Весовой дозатор снабжен счетчиком, показывающим и суммирующим массу материала, прошедшего через конвейер при помощи контактного устройства. Счетчик после взвешивания 20 кг компонента шихты посылает импульс на пульт задающего устройства, где установлено реле счета импульсов. После получения необходимого числа импульсов пульт задающего устройства останавливает пластинчатый транспортер весового

дозатора. Одновременно останавливается электровибрационный питатель, помещенный под бункером и предназначенный для обеспечения равномерной подачи шихты на пластинчатый конвейер дозатора. Таким образом, каждый весовой дозатор настраивается на подачу необходимого количества компонентов шихты.

Контроль давления дутья позволяет обнаружить изменение сопротивления

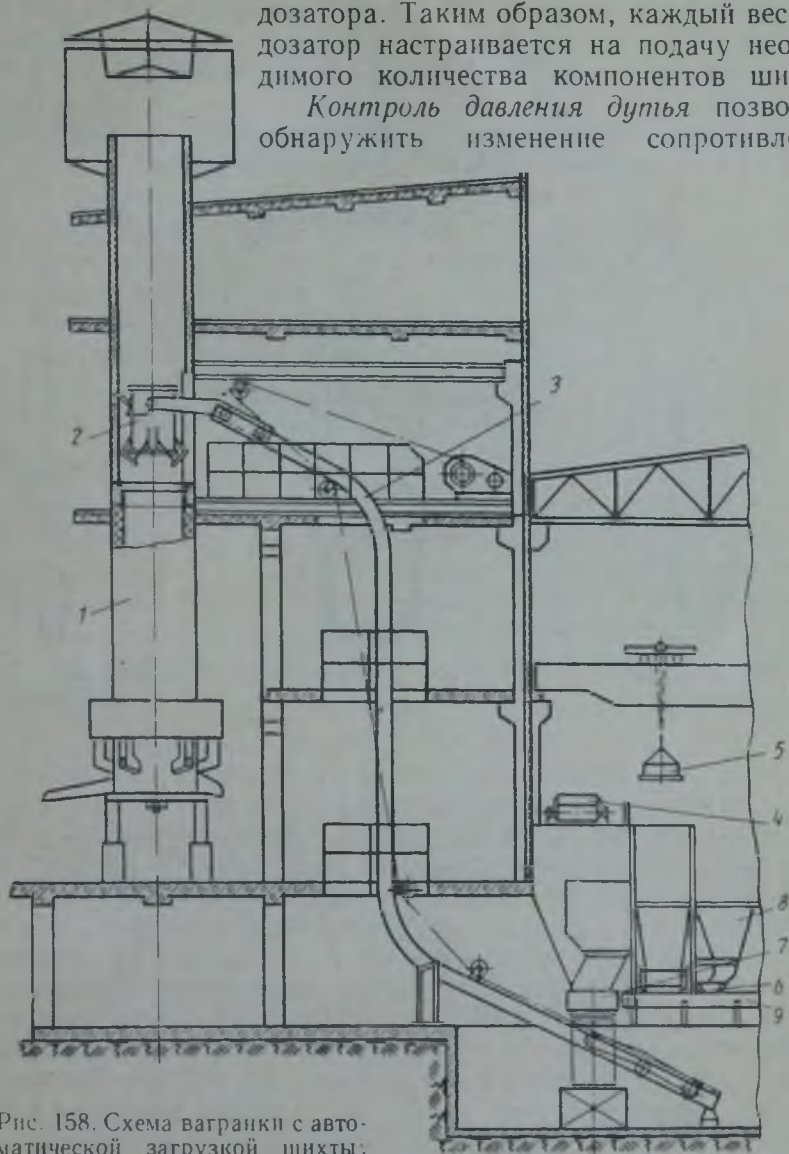


Рис. 158. Схема вагранки с автоматической загрузкой шихты:

1 — вагранка; 2 — бадья для шихты; 3 — скиповый подъемник; 4 — ленточный транспортер для подачи кокса; 5 — магнитная шайба мостового крана; 6 — весовой дозатор для металлической шихты; 7 — весовой дозатор для известняка; 8 — бункер для металлической шихты; 9 — пластинчатый транспортер для подачи шихтовых материалов в бадью

прохождению воздуха и газов в вагранке, предупреждает о неполадках, которые возникли в процессе плавки. Такие нарушения режима плавки, как снижение высоты столба шихты,

зашлакование фурм, образование настелей, зависание шихты и т. п., зависят в первую очередь от давления дутья, подаваемого в вагранку. Воздух, подаваемый вентилятором в вагранку, должен находиться под давлением выше атмосферного, чтобы преодолеть сопротивление столба шихтовых материалов. Давление воздуха в трубопроводе измеряется при помощи водяного манометра (рис. 159).

Величина избыточного давления, при котором воздух подается в вагранку, колеблется от 300—1200 мм вод. ст.

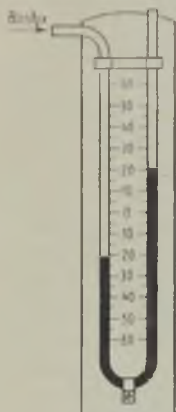


Рис. 159. Жидкостный манометр

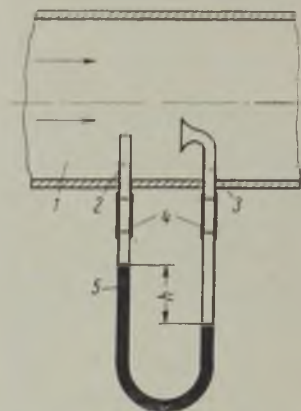


Рис. 160. Трубка Пито

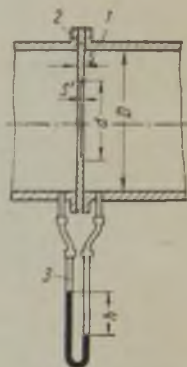


Рис. 161. Нормальная диафрагма

Количество воздуха, подаваемого в вагранку, контролируется специальными приборами, основанными на определении скорости движения воздуха по трубопроводу. Обычно применяют трубку Пито (рис. 160) и расходомерную диафрагму. В трубопровод 1 под прямым углом по отношению к движению воздуха вставлены две трубки 2 и 3. Один конец трубки 3 загнут навстречу движению воздуха. Наружные концы трубок 2 и 3 соединены резиновыми трубками 4 с обычным U-образным жидкостным манометром 5. Воздух, входящий в трубку 3, будет производить статическое и динамическое давление p , а в трубке 2 только статическое давление p' , т. е. давление воздуха в трубке 3 будет больше, чем в трубке 2 на величину $(p' + p) - p' = p$. Под действием динамического давления p уровень жидкости в правом колене манометра опустится, а в левом поднимется, создавая разность столбов жидкости, равную h ($h = p$). Количество воздуха V зависит от динамического давления и может быть подсчитано по следующей формуле:

$$V = F \sqrt{2g \frac{h}{\gamma}} \text{ м}^3/\text{сек},$$

где g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/сек}^2$;

γ — плотность воздуха, равная $1,3 \text{ кг/м}^3$;

h — показания манометра в кг/м^2 ;

F — площадь сечения трубопровода в м^2 .

Чтобы определить среднюю скорость воздуха, необходимо концы трубок расположить от стенки на расстоянии $1/3$ диаметра трубопровода.

Расходомерная диафрагма, называемая нормальной диафрагмой (рис. 161), изготавливается из углеродистой стали. В трубопровод I диаметром D вставляется диафрагма 2. Диафрагма имеет цилиндрическое отверстие диаметром d . Толщина s диафрагмы колеблется от 6 до 10 мм и зависит от диаметра трубопровода. Переход от цилиндрического отверстия диаметром d и толщиной s' осуществляется конической расточкой под углом 45° . Устанавливать диафрагму в воздухопроводе следует так, чтобы воздух входил в нее со стороны острой кромки. До и после диафрагмы просверливают отверстия, в которые вставляются штуцеры. С помощью резиновых трубок штуцеры соединяются с манометром 3.

При прохождении через диафрагму потока воздуха перед диафрагмой создается статическое и динамическое давление, а после нее — статическое. Следовательно, перед диафрагмой давление будет больше, чем после диафрагмы, поэтому жидкость в манометре 3 переместится из правого колена в левое на высоту h . Между перепадом h давления и количеством проходящего воздуха V существует определенная зависимость, которая выражается следующей формулой:

$$V = 183,2d^2K\sqrt{h},$$

где d — диаметр отверстия в диафрагме в м;

h — перепад давлений в кг/м^2 ;

K — коэффициент, зависящий от отношения $\frac{d}{D}$ (табл. 39).

Таблица 39

Зависимость коэффициента K от отношения $\frac{d}{D}$

$\frac{d}{D}$	K	$\frac{d}{D}$	K	$\frac{d}{D}$	K
0,700	0,713	0,735	0,766	0,775	0,810
0,705	0,722	0,740	0,772	0,780	0,815
0,710	0,730	0,745	0,778	0,785	0,820
0,715	0,738	0,750	0,748	0,790	0,824
0,720	0,745	0,755	0,790	0,800	0,832
0,725	0,752	0,760	0,795		
0,730	0,759	0,765	0,800		
		0,770	0,805		

Контроль уровня шихты в вагранке. Нормальной высотой столба шихтовых материалов является высота столба от холостой колоши до порога загрузочного окна. При такой высоте в вагранке создается определенное сопротивление движению ваграночных газов и воздуха, подаваемого в вагранку. Заниженный столб шихтовых материалов резко уменьшает сопротивление шихты движению воздуха и увеличивает его расход. Вследствие этого нарушается нормальный режим горения топлива и шихта не успевает хорошо прогреться, придя в зону плавления. Плавление шихты

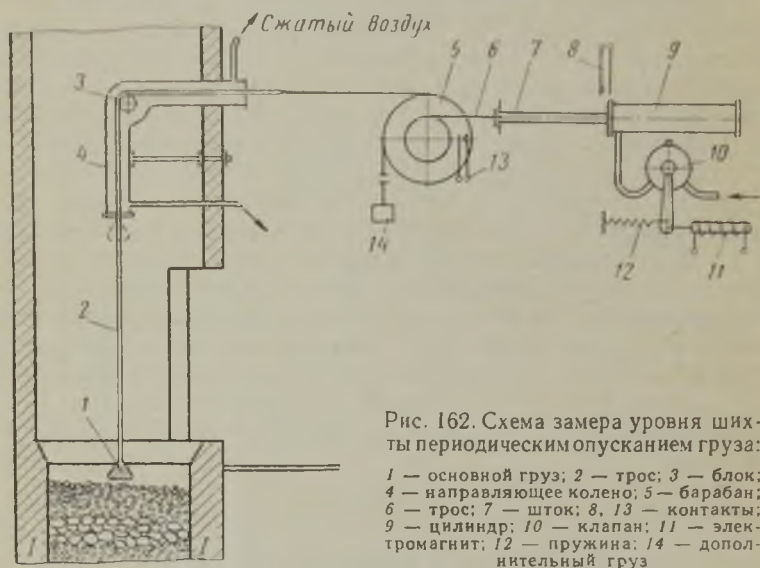


Рис. 162. Схема замера уровня шихты периодическим опусканием груза:

- 1 — основной груз; 2 — трос; 3 — блок; 4 — направляющее колено; 5 — барабан; 6 — трос; 7 — шток; 8, 13 — контакты; 9 — цилиндр; 10 — клапан; 11 — электромагнит; 12 — пружина; 14 — дополнительный груз

будет задерживаться и пойдет за счет выгорания холостой колоши, т. е. расстроится ход вагранки. В таких случаях следует сократить количество подаваемого в вагранку дутья или вовсе остановить дутье и догрузить вагранку до порога загрузочного окна. Высота столба шихты контролируется прибором с периодическим опусканием груза или контактными указателями уровня шихты.

На рис. 162 приведена схема контроля уровня шихты периодически опускаемым грузом. Над загрузочным окном вагранки устанавливается пустотелое направляющее колено, внутри которого находится свободный вращающийся блок. По блоку движется металлический гибкий трос, на одном конце которого подвешен тяжелый груз, а другой его конец наглухо крепится к барабану. Чтобы колено сильно не прогревалось, его охлаждают сжатым воздухом. Груз, находясь на шихте, опускается вместе с ней под действием своего веса. Когда груз опустится до уровня I—I, конец штока поршня замкнет контакты и включится красная лампочка, сигнализирующая об опускании шихты ниже контрольного уровня,

а зеленая лампочка дает сигнал о том, что груз поднят и можно производить завалку шихты. Выключенные лампочки свидетельствуют о том, что вагранка полностью загружена шихтой.

Для контроля уровня шихты также применяют контактные указатели (рис. 163). В чугунные кирпичи 1 верхней части кладки вагранки вставлены массивные металлические электроды 3. Уровень электродов совпадает с заданным контрольным уровнем шихтовых материалов. Электроды хорошо изолированы асбестовыми прокладками от чугунных кирпичей и кожуха 2 вагранки. Наружные концы электродов, выходящие из вагранки, соединены проводниками попарно и включены в цепь катушки 6. Если уровень шихты находится в заданных пределах, то электроды замкнутся коксом и металлической шихтой. По цепи катушки 6 потечет ток и контакты 5 замкнутся, при этом загорится зеленая сигнальная лампочка (ЗЛ). При опускании же шихты ниже заданных пределов контакты разомкнутся и зеленая лампочка погаснет, но при этом замкнется другой контакт 4 и загорится красная лампочка (КЛ).

Измерение температуры. Для получения отливок с высокими механическими свойствами и для борьбы с браком по недоливам, срям, шлаковым включениям, отбелу и газовым раковинам необходимо знать температуру жидкого металла, выпускаемого из печи. Особенно важно знать температуру перегрева чугуна при получении высококачественного модифицированного чугуна. Поэтому следует постоянно контролировать температуру чугуна, выпускаемого из вагранки.

Важным показателем работы вагранки является также температура колошниковых газов. Нормальной температурой отходящих газов считается 300—400° С. Более высокая их температура указывает на чрезмерно большой расход топлива или малую полезную высоту вагранки. Температура чугуна отходящих газов и дутья в ваграночном процессе контролируется приборами, называемыми пирометрами. Наибольшее распространение получили термоэлектрические пирометры и пирометры излучения.

Термоэлектрические пирометры, или термопары, широко применяются для автоматического контроля температур. В основе измерения температуры термоэлектрическими пирометрами лежат термоэлектрические явления.

Если спаять или сварить концы А и Б двух проводников (рис. 164) из разных металлов или сплавов, то при нагревании одного из спаев в нем возникает разность потенциалов или так на-

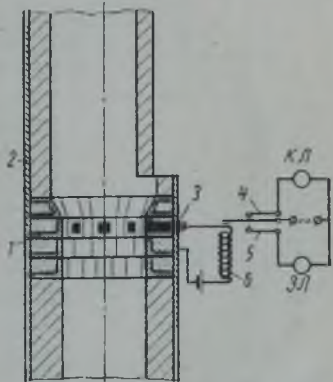


Рис. 163. Контактные указатели уровня шихты в вагранке

зывается термо-электродвижущая сила (т.-э. д. с.) и по образовавшейся замкнутой цепи потечет электрический ток. Величина термоэлектродвижущей силы зависит от материала данной пары проводников, называемых термоэлектродами, и температуры спаев. Если спай 1 термопары нагреть, а спай 2 не нагревать и держать при постоянной температуре, то т.-э. д. с. горячего спаив превзойдет т.-э. д. с. холодного спаив и по проводникам потечет ток. Если в цепь термопары включить при помощи проводов 3 электроизмерительный прибор 4, то с помощью этого прибора — гальванометра можно измерить величину т.-э. д. с. Сопоставлением температуры горячего спаив и величины т.-э. д. с. можно проградуировать гальванометр в температурных градусах. Такую систему термопары и гальванометра называют термоэлектрическим пирометром.

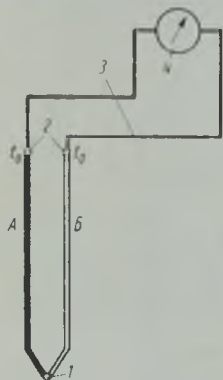


Рис. 164. Схема термоэлектрического пирометра

Температуры до 1100°C и температуры отходящих газов измеряют хромель-алюмелевыми термопарами (ХА). Платино-платинородиевыми термопарами измеряют температуры до $1400\text{--}1600^{\circ}\text{C}$. Вольфрам-молибденовыми термопарами до $1800\text{--}2000^{\circ}\text{C}$.

Оптическими пирометрами измеряют температуру тел, нагретых до или выше красного каления. Их работа основана на оценке интенсивности излучения нагретых тел. Оптические пирометры бывают двух типов: фотометрические и радиационные. Наиболее распространены фотометрические пирометры. Температура жидкого металла определяется сравнением яркости излучаемых им красных лучей с яркостью красного излучения нити эталонной лампочки накаливания, находящейся в пирометре. Накал нити лампочки в пирометре регулируется реостатом.

На рис. 165 приведен фотометрический пирометр. Во время измерения пирометр наводят на светящийся предмет объективом 1, а глаз наблюдателя находится перед окуляром 2, имеющим красное стекло 3 и линзу 4. В окуляре видно излучающее свет тело, температура которого измеряется, и на фоне этого тела нить 5 лампочки накаливания, подключенной к батарее 6. Ток измеряется гальванометром 7, шкала которого проградуирована в градусах. Реостатом 8 регулируется накал лампочки; добиваются, чтобы яркость нити накаливания и яркость тела были одинаковы (чтобы нить лампочки стала незаметна на поле, освещенном измеряемым телом) и стрелка гальванометра покажет тогда его температуру. При измерении высоких температур дымчатое стекло 9 может быть включено между лампочкой и объективом. Гальванометр имеет две шкалы: одну для температур от 600 до 1400°C

(без дымчатого стекла) и другую от 1200 до 3000° С (с дымчатым стеклом). Для учета только красных лучей в фотометрическом пирометре ставят фильтр в виде красного стекла 3.

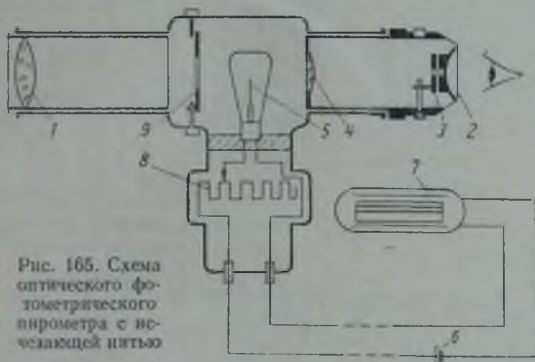


Рис. 165. Схема оптического фотометрического пирометра с исчезающей нитью

Радиационные пирометры определяют температуру измерением полного излучения нагретого тела. Радиационный пирометр

представляет собой телескоп, собирающий при помощи линзы в одной точке (фокусе) поток лучей, испускаемый в данном случае жидким металлом, находящимся в поле зрения телескопа. В фокусе телескопа помещается теплочувствительный элемент (термоэлемент), состоящий из рабочих концов одной или нескольких термопар, соединенных последовательно в батарею. Наводимая термоэлементом термоэлектродвижущая сила измеряется милливольтметром. Радиационные пирометры, применяемые для замера температур жидкого чугуна, имеют шкалы от 900 до 1800° С. При контроле температуры жидкого чугуна радиационный пирометр (рис. 166) устанавливается над желобом 1 вагранки на специальной кронштейне 6. С помощью этого прибора можно измерить величину т.-э. д. с.

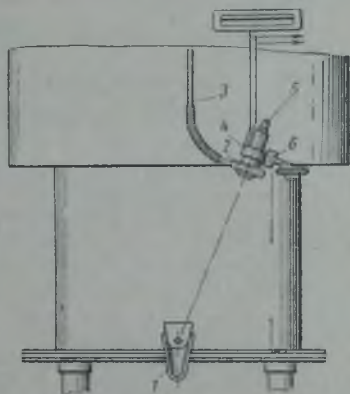


Рис. 166. Контроль температуры чугуна на желобе радиационным пирометром

Перед началом работы вагранки пирометр 4 наводится через окуляр 5 на одну из точек желоба, по которой во время плавки

будет проходить струя жидкого металла. Пирометр должен быть установлен от желоба на расстоянии 600—1200 мм. Конструкция кронштейна *б* при установке пирометра позволяет изменять его положение. Передняя часть телескопа закрыта пустотелым металлическим кожухом *2*, в который по трубке *3* подводится сжатый воздух для предохранения пирометра от нагревания. Радиационный пирометр соединяется с гальванометром.

Контроль состава колошниковых газов. Основными составляющими ваграночного газа являются CO_2 , CO , O_2 и N_2 . По содержанию в колошниковом газе CO_2 , CO и O_2 судят об эффективности горения топлива в вагранке. Лучшим показателем, определяющим полноту горения, является CO_2 — продукт полного сгорания. Поэтому при контроле ваграночных газов за основу берется CO_2 , количество которого в хорошо работающей вагранке должно быть от 13 до 15%. Состав колошниковых газов определяется газоанализаторами. Состав отходящих газов может колебаться в широких пределах, например газ № 1 содержит 16,5% CO_2 , 3% CO , а газ № 2 — 5,1% CO_2 и 26,3% CO . Содержание

CO_2 и CO в газе № 1 свидетельствует о правильном соотношении количества кокса и дутья, а в газе № 2 указывает на лишний расход кокса или на недостаток дутья. Если в колошниковых газах находится кислорода свыше 1,0—1,5%, то это указывает на большой избыток дутья, подаваемого в вагранку, а также о ненормальном горении с большими потерями тепла.

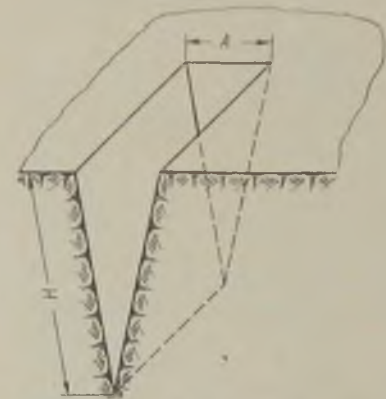


Рис. 167. Форма для заливки клина

Клиноватая технологическая проба. Технологические пробы изготавливаются для контроля металла в процессе плавки. Технологические пробы в виде клина для определения склонности металла к отбелу отливают в сырые песчаные формы (рис. 67).

Большая глубина отбела указывает на образование отбела в тонких частях отливок, а малая глубина отбела — на повышенное содержание углерода и кремния. Механические свойства такого чугуна будут низкими. Пробы берутся для проверки эффективности модифицирования чугуна. Клины разбивают и по излому судят о качестве чугуна. Обычно острие клина в изломе имеет отбеленный чугун.

§ 5. ПЛАВКА ЧУГУНА В ПЛАМЕННЫХ ПЕЧАХ

Пламенные печи применяют в тех случаях, когда необходимо выплавить чугун с низким содержанием углерода (ниже 2,8%) и получить одновременно большое количество металла однород-

ного состава; при этом возможна замена части чушкового чугуна большим количеством крупногабаритного лома.

Пламенные печи применяют для плавки ковкого чугуна и чугуна для крупных прокатных валков.

Пламенные печи стационарного типа строят емкостью до 80 т. На рис. 168 приведена пламенная печь для работы на мазуте. Кожух пламенных печей собирают из литых чугунных плит, укрепленных стойками. Под набивают смесь, состоящей из 92—94% кварцевого песка и 6—8% огнеупорной глины, по кирпичной кладке. Свод печи состоит из отдельных съемных арок 1. Пламенная печь имеет топку для сжигания мазута. Форсунки вставляются в отверстия топки. Пламя от форсунки 2 направляется в рабочее

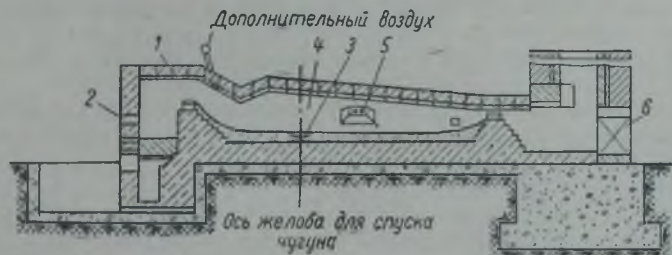


Рис. 168. Нефтяная отражательная печь для плавки чугуна

пространство 4 печи. Воздух, необходимый для горения топлива, подается через трубопровод. В самой нижней точке ванны устроена летка 3, через которую готовый металл выпускают в ковш.

Продукты горения поступают в рабочее пространство 4, где на поду находится металл, загруженный через окно 5. В начале плавки пламя стелется по поверхности твердых кусков шихты и постепенно оплавляет их. Для загрузки крупного лома в печах большой емкости свод делается съемным. Дверцы 6, служащие для ремонта и чистки трубы, во время плавки закрывают или заделывают. Пламенные печи работают на твердой и жидкой завалке. Например, на твердой завалке плавят чугун для прокатных валков.

Легкоплавкие шихтовые материалы следует загружать на под печи, ближе к заднему порогу; крупные же куски и тугоплавкие материалы загружают сверху, ближе к пламени. Шихтовые материалы не следует загружать плотно. Шихту рекомендуется плавить коротким пламенем, а во время доводки металла по химическому составу — длинным пламенем, покрывающим всю поверхность ванны.

Угар элементов чугуна (кремния, марганца и углерода) зависит от целого ряда факторов: 1) продолжительности плавки: чем продолжительнее плавка, тем угар больше; 2) температуры в печи: чем выше температура, тем больший угар; 3) поверхности

разогревают за 1 ч до выпуска чугуна из вагранки и за 2,5—3 ч до разливки металла из печи. Печь нагревают до начала заливки в нее чугуна до 1400° С. Нагрев чугуна вместе с заполнением и доводкой в печи длится 1,5—2 ч. Расход мазута на плавку чугуна составляет 22—25% от массы металлической садки при работе на твердой завалке и 10—15% на жидкой завалке. Продолжительность плавки на твердой завалке зависит от емкости печи и составляет 7—10 ч.

§ 6. ПЛАВКА ЧУГУНА В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ

Плавка чугуна в электродуговых печах. Электрические печи для плавки чугуна применяют в тех случаях, когда нужно получить высокий перегрев модифицированного и высокопрочного чугуна, чугуна для отливок ответственного назначения, особенно тонкостенных и сложной конфигурации, легированного чугуна для поршневых колец. Плавку в электродуговых печах можно вести на твердой и жидкой завалке. Дуговые печи работают на переменном токе (12 500 а), рабочее напряжение 50—175 в. Емкость электродуговых печей от 1500 до 5000 кг и более.

Электродуговая печь (рис. 169) имеет железный кожух, футерованный динасовым или магнезитовым кирпичом. Под печи при кислой футеровке набивается составом из 6—10% огнеупорной глины, 5—8% жидкого стекла, а остальное — кварцевый песок. При основной футеровке набивка пода состоит из магнезитового порошка, 6—8% обезвоженной каменноугольной смолы или жидкого стекла. Перед набивкой пода его кирпичная кладка просушивается и разогревается дровами или газом в течение 3—5 ч. После просушки подины в печь емкостью 1500—3000 кг забрасывают 200—300 кг кокса и производят проварку подины и откосов с помощью электрической дуги.

Ниже приведен пример плавки чугуна для поршневых колец в дуговой электродуговой печи на твердой завалке. Перед плавкой электродуговая печь должна быть хорошо отремонтирована и выложена динасовым кирпичом (при кислой футеровке). Подину печи и откосы необходимо заправлять кварцевым песком со смесью жидкого стекла. Наросты, образовавшиеся на подине, устраняют вводом небольшого количества извести. Остатки жидкого металла от предыдущей плавки из печи следует сливать в изложницы. Когда печь подготовлена к загрузке, на подину печи загружают отходы собственного производства, а затем чушковой чугуна. После загрузки шихты включают ток и первые 25—28 мин плавка ведется на высоком напряжении (220 в), пока ванна металла не нагреется до 1300—1400° С; после этого скачивают шлак. В этот же период два образца пробы отправляют на экспресс-анализ для определения в чугуне содержания углерода, кремния, марганца, хрома, титана и меди.

(без дымчатого стекла) и другую от 1200 до 3000° С (с дымчатым стеклом). Для учета только красных лучей в фотометрическом пирометре ставят фильтр в виде красного стекла 3.

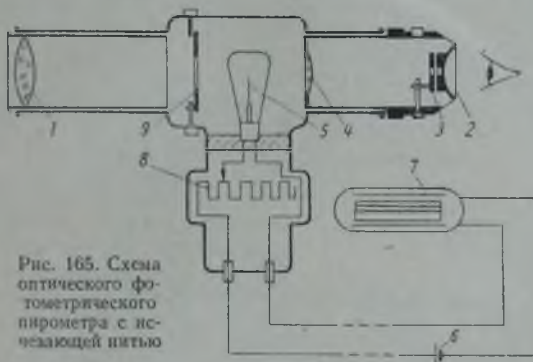


Рис. 165. Схема оптического фотометрического пирометра с исчезающей нитью

Радиационные пирометры определяют температуру измерением полного излучения нагретого тела. Радиационный пирометр

представляет собой телескоп, собирающий при помощи линзы в одной точке (фокусе) поток лучей, испускаемый в данном случае жидким металлом, находящимся в поле зрения телескопа. В фокусе телескопа помещается теплочувствительный элемент (термоэлемент), состоящий из рабочих концов одной или нескольких термопар, соединенных последовательно в батарее. Наводимым термоэлементом термоэлектродвижущая сила измеряется милливольтметром. Радиационные пирометры, применяемые для замера температур жидкого чугуна, имеют шкалы от 900 до 1800° С. При контроле температуры жидкого чугуна радиационный пирометр (рис. 166) устанавливается над желобом 1 вагранки на специальной кронштейне 6. С помощью этого прибора можно измерить величину т.-э. д. с.

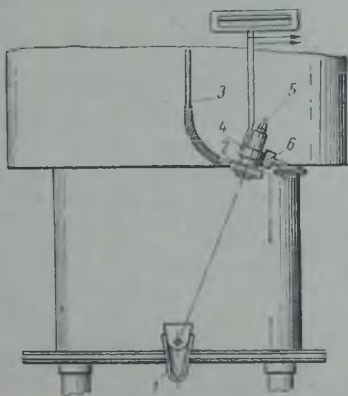


Рис. 166. Контроль температуры чугуна на желобе радиационным пирометром

Перед началом работы вагранки пирометр 4 наводится через окуляр 5 на одну из точек желоба, по которой во время плавки

шихты: с увеличением поверхности угар увеличивается; 4) содержания углекислого газа в атмосфере печи, кислорода, закиси железа и марганца в шлаке; чем их больше, тем угар больше; 5) глубины ванны: чем меньше глубина ванны, тем больше угар.

При замедленной плавке и повышенном содержании FeO способность валков к отбелу уменьшается. Присадку в чугуны ферросилиция и ферромарганца следует вводить не в печь, а в ковш, чтобы устранить угар ферросплавов. Для предупреждения восстановления кремния из шлака в металл (когда шлак сильно перегрет и содержание кремнезема в нем высокое, более 55%), шлак следует удалять и посыпать поверхность металла мелким известняком или доломитом. Легирующие же элементы в чугуне (хром, никель и др.) ведут себя так же, как и при плавке в вагранке. Угар металла в пламенной печи составляет 5—7% от массы шихты. Нормальный состав шлаков 45—55% SiO_2 , 5—20% Al_2O_3 ; 15—25% ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$); 10—25% MnO и 5—25% ($\text{CaO} + \text{MgO}$).

Для ошлакования примесей и футеровки применяют флюсы, состоящие из 3—6% плавикового шпата или магнезитового порошка и 6—12% мартеновского шлака.

Общее количество шлака при плавке составляет 6—8% от массы металла. С целью улучшения качества валков рекомендуется производить раскисление шлака во время плавки в пламенной печи. В качестве раскислителя применяют смесь, содержащую в определенной пропорции молотый ферросилиций, дробленый ферромарганец, молотый кокс, плавиковый шпат, магнезитовый порошок. Эта смесь засыпается в печь на под в количестве 0,4—0,5% от массы садки и по ходу плавки 0,2—0,3%.

Оптимальная температура перегрева нелегированного чугуна для валков — 1370—1390° С, а легированного при выпуске 1410—1420° С.

В случае использования в шихте высококремнистого лома, чтобы увеличить производительность печи, рекомендуется применять продувку металла кислородом. Кислород вводится под давлением 12—15 ат с помощью специальной фурмы, погруженной в металл на 100—150 мм. В результате температура металла повышается с 1250 до 1430° С.

При работе на жидкой завалке вагранку и пламенную печь обычно соединяют желобом. В этом случае чугуны выпускают из вагранки при 1300—1360° С и доводят в пламенной печи до 1450—1480° С; на нагрев требуется около 2 ч. При доводке в печи происходит угар элементов чугуна: углерода на 15—20%; кремния на 5—10% и марганца на 10—20%, количество серы и фосфора не изменяется. Кроме того, добавляют стальной лом, чугуны и ферросплавы. Для раскисления во время заливки в ковш в струю металла вводится присадка 0,02—0,04% Al.

Емкость пламенной печи должна быть примерно в 2—2,5 раза больше часовой производительности вагранки. Пламенную печь

разогревают за 1 ч до выпуска чугуна из вагранки и за 2,5—3 ч до разливки металла из печи. Печь нагревают до начала заливки в нее чугуна до 1400° С. Нагрев чугуна вместе с заполнением и доводкой в печи длится 1,5—2 ч. Расход мазута на плавку чугуна составляет 22—25% от массы металлической садки при работе на твердой завалке и 10—15% на жидкой завалке. Продолжительность плавки на твердой завалке зависит от емкости печи и составляет 7—10 ч.

§ 6. ПЛАВКА ЧУГУНА В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ

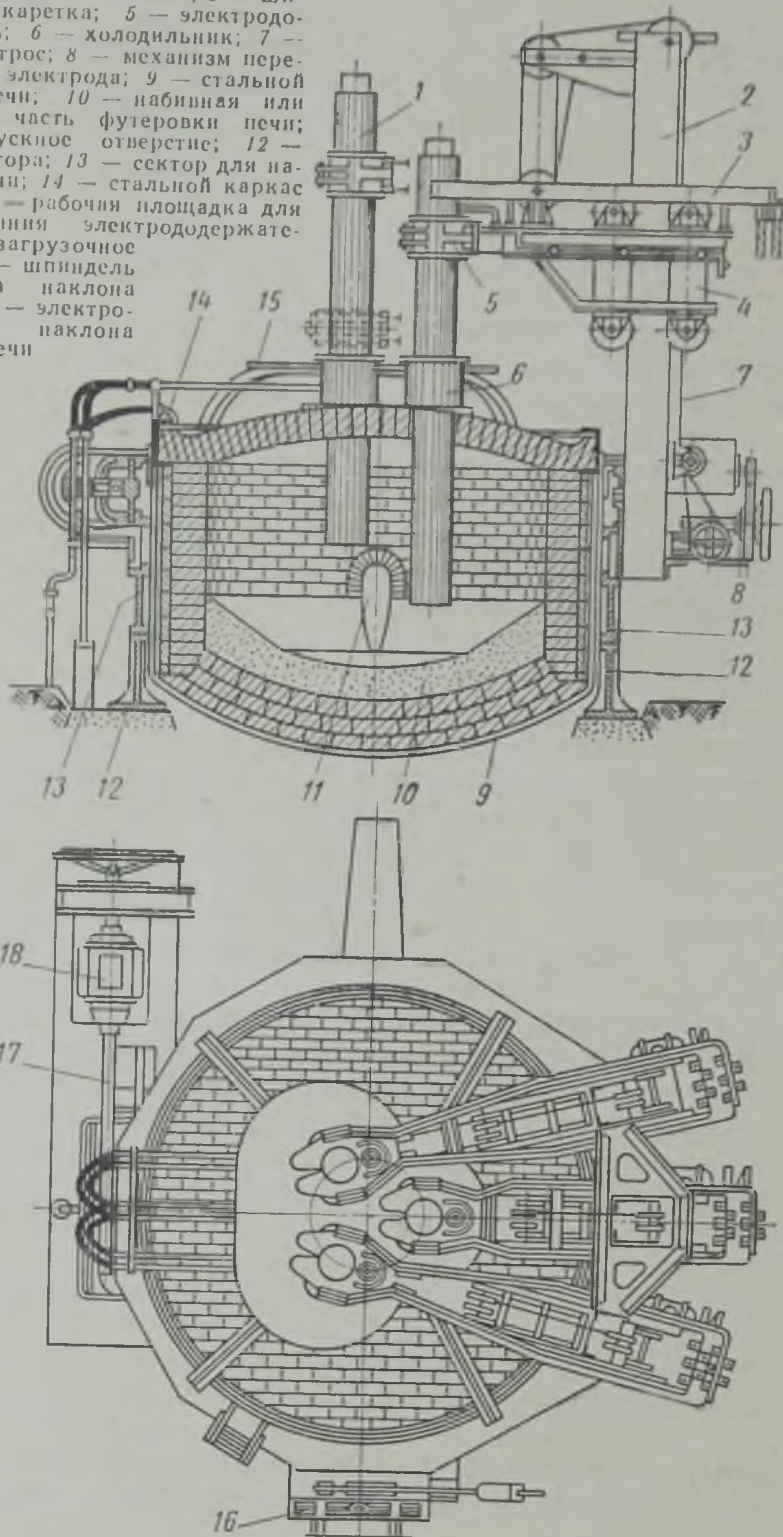
Плавка чугуна в электродуговых печах. Электрические печи для плавки чугуна применяют в тех случаях, когда нужно получить высокий перегрев модифицированного и высокопрочного чугуна, чугуна для отливок ответственного назначения, особенно тонкостенных и сложной конфигурации, легированного чугуна для поршневых колец. Плавку в электропечах можно вести на твердой и жидкой завалке. Дуговые печи работают на переменном токе (12 500 а), рабочее напряжение 50—175 в. Емкость электродуговых печей от 1500 до 5000 кг и более.

Электропечь (рис. 169) имеет железный кожух, футерованный динасовым или магнезитовым кирпичом. Под печи при кислой футеровке набивается составом из 6—10% огнеупорной глины, 5—8% жидкого стекла, а остальное — кварцевый песок. При основной футеровке набивка пода состоит из магнезитового порошка, 6—8% обезвоженной каменноугольной смолы или жидкого стекла. Перед набивкой пода его кирпичная кладка просушивается и разогревается дровами или газом в течение 3—5 ч. После просушки подины в печь емкостью 1500—3000 кг забрасывают 200—300 кг кокса и производят проварку подины и откосов с помощью электрической дуги.

Ниже приведен пример плавки чугуна для поршневых колец в дуговой электропечи на твердой завалке. Перед плавкой электропечь должна быть хорошо отремонтирована и выложена динасовым кирпичом (при кислой футеровке). Подину печи и откосы необходимо заправлять кварцевым песком со смесью жидкого стекла. Наросты, образовавшиеся на подине, устраняют вводом небольшого количества извести. Остатки жидкого металла от предыдущей плавки из печи следует сливать в изложницы. Когда печь подготовлена к загрузке, на подину печи загружают отходы собственного производства, а затем чушковой чугун. После загрузки шихты включают ток и первые 25—28 мин плавка ведется на высоком напряжении (220 в), пока ванна металла не нагреется до 1300—1400° С; после этого скачивают шлак. В этот же период два образца пробы отправляют на экспресс-анализ для определения в чугуне содержания углерода, кремния, марганца, хрома, титана и меди.

Рис. 169. Дуговая электрическая печь для плавки чугуна и стали:

1 — электрод; 2 — стойка; 3 — шины; 4 — каретка; 5 — электрододержатель; 6 — холодильник; 7 — стальной трос; 8 — механизм передвижения электрода; 9 — стальной кожух печи; 10 — набивная или наварная часть футеровки печи; 11 — выпускное отверстие; 12 — опора сектора; 13 — сектор для наклона печи; 14 — стальной каркас свода; 15 — рабочая площадка для обслуживания электрододержателей; 16 — загрузочное окно; 17 — шпindel механизма наклона печи; 18 — электродвигатель наклона печи



Шлак должен быть хорошо снят с зеркала ванны печи. В период снятия шлака с металла электропечь выключают. После этого в печь равномерным слоем загружают мелкий электродный бой от 1,5 до 2% от массы металла для науглероживания чугуна. Размеры кусков электродов не должны превышать 10 мм.

Затем печь снова включают, но уже при низком напряжении (120 в) и производят перегрев металла (1525—1575° С). Пробу на магнитную проницаемость, твердость, излом и отбел отливают, если химический состав чугуна после анализа соответствует заданному. При обнаружении в поршневых кольцах низкой магнитной проницаемости или повышенной твердости и отбела в ванну дополнительно вводится электродный бой. В случае отклонения металла по химическому составу в ванну печи вводят присадки: кремний, титано-медистый чугун и хром. После доводки металла по химическому составу и температуре металл заливают в формы. Плавку следует вести на максимальной электрической мощности, быстро плавить металл и быстро разливать, чтобы не ухудшать структуры.

Для уменьшения склонности колец к отбелу и улучшения структуры металла вводят модификатор: порошкообразный черный или серебристый графит. Модификатор вводят в ковш после его заполнения металлом на $\frac{1}{5}$ специальным приспособлением — меркой (0,125 кг на 10 кг жидкого металла). В процессе разливки металла в формы берут на анализ вторую пробу из третьего разливочного ковша и третью — в конце разливки.

Плавка чугуна в индукционных печах. Переменный ток частотой 2500 гц и более подводится к индукционной катушке и создает вокруг нее переменное магнитное поле. Переменный магнитный поток наводит во вторичной цепи, состоящей из расплавленного металла, загруженного в тигель, индуцированную э. д. с., под влиянием которой в металле, являющемся замкнутым витком, возникают переменные токи, нагревающие и расплавляющие металл в тигле. Для плавки чугуна чаще применяют бессердечниковые индукционные печи, хотя находят применение и печи с металлическим сердечником. Футеровка индукционных печей, главным образом, кислая. Футеруются печи массой, состоящей из кварцевого песка, 6—10% огнеупорной глины и 5—8% жидкого стекла. После набивки печи ее просушивают, а затем загружают шихту и включают ток. Индукционные печи промышленной частоты без сердечника имеют упрощенную конструкцию подвода тока и более высокий электрический к. п. д. (95—96%).

При плавке в этих печах на твердой завалке следует подбирать такую шихту, в которой куски были бы размером не менее 50—70 мм с плотным заполнением печи. В ванне печей промышленной частоты происходит очень энергичное перемешивание жидкого металла. Мощность двухтонной печи составляет 600 квт, трехтонной — 750 квт.

На рис. 170 приведена схема индукционной электропечи для плавки чугуна. После частичного расплавления шихты куски твердого металла осаживают ломиком, выключив ток, затем печь догружают оставшейся шихтой, предварительно подогретой. Стальной лом присаживают обычно в жидкую ванну, а ферросплавы — в хорошо разогретую ванну (при 1430—1450° С). Продолжительность плавки чугуна в электропечи емкостью 60 кг составляет 40—60 мин при расходе электроэнергии 700—800 *квт·ч*. В печи емкостью 130 кг продолжительность плавки увеличивается до

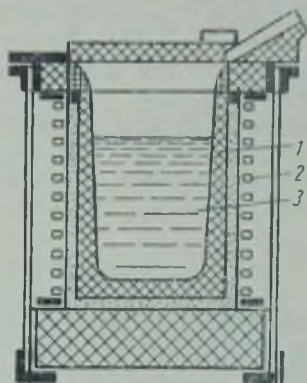


Рис. 170. Схема индукционной печи:

1 — огнеупорный тигель; 2 — обмотка индуктора; 3 — металл

70 мин при расходе электроэнергии 600—700 *квт·ч*. В таких печах угар металла очень низкий: 5% С, до 5% Si и до 10% Mn. В случае необходимости науглероживания чугуна на подину засыпают крупный электродный бой (1—2%) и мелкий на зеркало металла после снятия шлака. При плавке в индукционных печах можно использовать брикетированную чугунную и стальную стружку. Недостаток работы печи: не удаляется сера и получается более холодный шлак.

Плавка чугуна дуплекс-процессом.

Этот вид плавки применяется в том случае, когда необходимо получить высококачественный модифицированный серый чугун для отливок сложной конфигурации с тонкими стенками.

Дуплекс-процесс используют и для получения отливок из качественных марок ковкого чугуна. Наилучшим технологическим методом плавки следует признать дуплекс-процесс: вагранка — электропечь. После расплавления чугуна в вагранке его заливают в электропечь, где производится его перегрев и доводка по химическому составу. При плавке на жидкой завалке процесс плавки может осуществляться периодически или непрерывно. За 1,5—2 ч до начала работы в подготовленную печь заливают из вагранки жидкий чугун для того, чтобы к началу смены печь была заполнена и металл подогрет до необходимой температуры. По мере выдачи чугуна для заливки форм электропечь регулярно пополняется жидким чугуном из вагранки; количество чугуна должно быть не менее 70% от ее емкости. Температура чугуна при заливке в электропечь должна быть 1350—1380° С. Печь работает при напряжении 80—100 в, в случае необходимости быстрого нагрева металла печь работает 5—8 мин при напряжении 120—130 в. Угара металла в печи почти нет. Расход электроэнергии зависит от производительности электропечи. Для электропечи емкостью 5 т при выпуске жидкого чугуна 80 т в сутки расход электроэнергии

на 1 т чугуна составляет 130 квт·ч. В электропечи можно получать низкоуглеродистый чугун введением в ванну стального лома или железной руды и, в случае необходимости, перегреть чугун до 1550° С.

ГЛАВА IV

ЗАЛИВКА ФОРМ МЕТАЛЛОМ, ОХЛАЖДЕНИЕ И ВЫБИВКА ОТЛИВОК ИЗ ФОРМ. ОЧИСТКА ОТЛИВОК

§ 1. ЗАЛИВКА ФОРМ МЕТАЛЛОМ

Формы заливают на формовочной площадке или на рольгангах, а в конвейерных литейных цехах на непрерывно движущихся конвейерах или на движущейся заливочной площадке.

Типы ковшей, их футеровка и сушка. Ковш служит для транспортирования жидкого металла и заливки форм. Ковш представляет собой стальной кожух, внутренние стенки и дно которого выложены огнеупорным материалом. Для разлива чугуна ковш футеруют шамотом, а для разлива стали шамотом или магнезитом. Толщина слоя футеровки 65—180 мм.

По конструкции ковши бывают с носком (рис. 171, а), чайниковые (рис. 171, б), барабанные (рис. 171, в), стопорные (рис. 171, г). Для заливки чугуна применяют ковши с носком, чайниковые или ковши с перегородкой, а для заливки средних и крупных отливок из стали — стопорные ковши.

Барабанные ковши обычно применяют при производстве тонкостенных мелких и средних отливок (когда особенно важно сохранить температуру жидкого металла) и как раздаточные для заполнения более мелких ковшей, из которых затем заливают формы. Емкость барабанных ковшей от 250 до 5000 кг.

В чайниковых и стопорных ковшах шлак в процессе заливки задерживается значительно лучше, чем в барабанных и в обычных ковшах с носком.

Обычные ковши можно применять в механизированных литейных цехах для заливки форм на конвейерах, когда эти ковши заполняются металлом из больших раздаточных чайниковых, стопорных ковшей или из чайниковых копильников.

Стопорные ковши имеют различную емкость, колеблющуюся от 1 т до нескольких тонн и даже десятков тонн.

В зависимости от емкости ковши транспортируют вручную, при помощи монорельсов, кран-балок или мостовых кранов. Ковши емкостью до 20 кг (рис. 172) с одной ручкой переносит один человек, такие ковши называют ложками, а ковш емкостью из 50 кг переносят двое рабочих.

В механизированных литейных цехах ковши емкостью 70—80 кг транспортируют на подвесках (рис. 173). Ковши емкостью до 2 т транспортируют по монорельсу или при помощи кран-балок. Ковши же большей емкости перевозят мостовыми кранами.

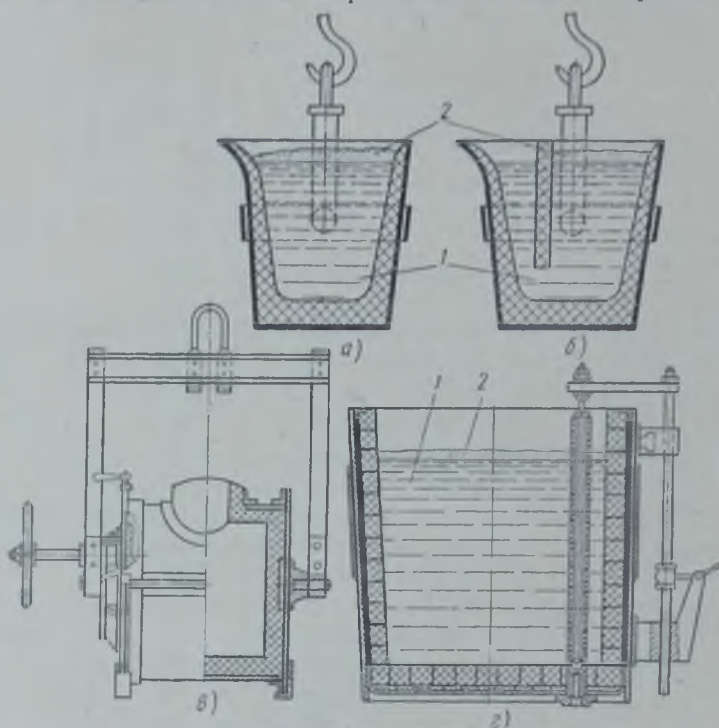


Рис. 171. Типы ковшей:

1 — жидкий металл; 2 — шлак

Футеровка ковшей обмазкой огнеупорной массой обычно применяется для небольших ковшей емкостью до 250 кг. Слой футеровки не должен превышать 30—40 мм. Футеровка состоит из 50—60% кварцевого песка и 40—50% огнеупорной глины. Влаж-

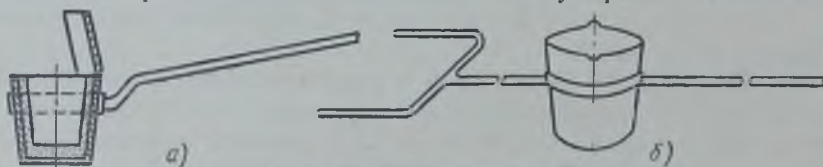


Рис. 172. Ручные ковши:

а — ковш-ложка емкостью 20 кг; б — ковш на носилках емкостью 50 кг

ность футеровки колеблется от 10 до 15%. Стенки ковша обмазываются футеровкой вручную.

Футеровка производится набивкой смесью, состоящей из 60—70% кварцевого песка и 30—40% огнеупорной глины. Влажность смеси 8—12%.

Футеровка шамотным кирпичом применяется для барабанных и открытых ковшей емкостью 500—5000 кг и выше. Кирпичная футеровка производится на растворе того же состава, что и для обмазки ковшей. Толщина слоя футеровки зависит от размера ковша; рекомендуется принимать для стенок $0,14R$, днища $0,2R$, где R — внутренний радиус ковша в верхней части. Толщина футеровки ковша от днища к верху несколько уменьшается. При футе-

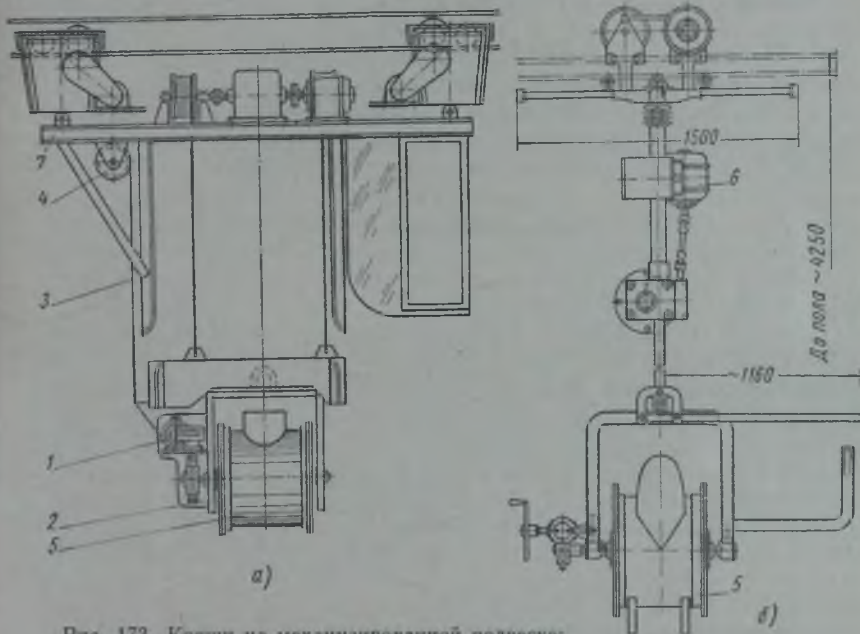


Рис. 173. Ковши на механизированной подвеске:

a — барабанный двухтонный ковш на электротельфере; *б* — барабанный ковш с механизированным подъемом и ручным поворотом: 1 — механизм поворота; 2 — кронштейн траверсы; 3 — трос; 4 — барабан; 5 — ковш; 6 — электродвигатель механизма подъема; 7 — электротельфер

ровке стопорного ковша необходимо обращать особое внимание на футеровку стопорного устройства.

Сушка ковшей и подготовка к плавке. Сушка мелких ковшей производится на специальной открытой печи-плите с отверстиями, над которыми ковши ставятся вверх дном, в сушилах для сушки форм и в закрытом шкафу, где ковши устанавливаются на полки-колосники и нагреваются горячими газами, поступающими из топки. Средние и большие ковши сушат горелками, работающими на природном газе. Текущий ремонт футеровки заключается в удалении со стенок и днища ковша шлаковых и металлических настывлений вместе со слоем футеровки, после этого футеровку снова восстанавливают, сушат и разогревают. При капитальном ремонте старую футеровку полностью удаляют из ковша и заменяют новой.

Для заливки форм обычного назначения футеровку ковшей нагревают до 500—600° С, а для заливки форм, требующих высокой температуры чугуна, до 700—750° С. Ковши сразу же после прогрева заполняют расплавленным металлом.

В ковшах открытого типа поверхность расплавленного металла засыпают слоем сухого древесного угля или сухого отсева коксовой мелочи.

Заливка форм. Чугун перед разливкой должен быть очищен от шлака. Потери температуры чугуна при выпуске из плавильной печи, транспортировании и переливе из ковша в ковш, если это предусмотрено технологическим процессом, должны быть учтены при установлении температуры заливки форм (табл. 40). При выпуске чугуна из вагранки потери температуры составляют от 20 до 40° С, а при переливе из ковша в ковш 30—50° С.

Таблица 40

Рекомендуемые температуры заливки чугуна

Чугун	Толщина стенок отливки в мм	Температура заливки в °С	Чугун	Толщина стенок отливки в мм	Температура заливки в °С
Серый и высокопрочный	До 4	1450—1360	Ковкий	До 4	1480—1450
	4—10	1430—1340		4—10	1450—1380
	10—20	1400—1320		10—20	1430—1360
	20—50	1380—1300			
	50—100	1340—1250			
100—150	1300—1230	Высоколегированный Ферросилицид марганцовистый немагнитный	—	1300—1270 1350—1280	
Более 150	1280—1220				

Во время заливки формы заливщик должен внимательно следить за движением расплава из ковша в форму. В начальный момент заливки необходимо поворачивать ковш плавно, без рывков, однако достаточно быстро, чтобы заполнить литниковую систему и чашу. В дальнейшем заливщик должен поворачивать ковш с такой скоростью, чтобы уровень расплава в чаше оставался, по возможности, постоянным. Особенно внимательно следует вести заливку в момент окончания заполнения формы; после появления расплава в выпоре заливщик должен уменьшить скорость поворота ковша для того, чтобы расплав не вытек из чаши и выпора.

При заливке металла в формы необходимо строго соблюдать правила техники безопасности:

1. Литейные ковши должны наполняться металлом не более $\frac{7}{8}$ высоты ковша.

2. Ковши емкостью свыше 500 кг должны быть снабжены механизмами для наклона и поворота с самотормозящей червячной передачей; механизм поворота должен быть огражден кожухом.

3. Рельсовые пути, по которым перемещаются ковши с расплавленным металлом, должны быть строго горизонтальными.

4. Проезды и проходы должны быть сухими, так как при попадании жидкого металла на влажный пол может произойти взрыв.

5. Заливщики должны работать в спецодежде: брезентовых куртках и брюках навыпуск, валенках или другой специальной обуви, рукавицах, головных уборах и предохранительных очках.

§ 2. ОХЛАЖДЕНИЕ ОТЛИВОК И ВЫБИВКА ИХ ИЗ ФОРМЫ

После заливки формы отливка охлаждается и затвердевает. Полностью затвердевшая отливка должна определенное время охлаждаться с формой, так как прочность металла при высоких температурах мала и отливка может разрушиться при выбивке из формы. Кроме того, выбивка отливки при высокой температуре нежелательна, потому что охлаждение ее на воздухе протекает неравномерно: тонкие части будут охлаждаться значительно быстрее массивных, что вызывает появление в отливках внутренних напряжений, коробление отливок и даже трещины. Установлено, что для устранения дефектов, связанных с появлением внутренних напряжений в отливках, необходимо выбивать их из формы при определенной температуре, ниже точки A_{c1} (723°C), когда заканчиваются все превращения в металле. Чугунные тонкостенные отливки выбивают при 400°C ; отливки средней сложности при 500°C и толстостенные при 600°C . Отливки из белого чугуна при производстве ковкого чугуна должны выбиваться при температуре выше $760\text{--}800^{\circ}\text{C}$. Отливки при температуре ниже A_{c1} становятся хрупкими, так как они имеют структуру белого чугуна, состоящую из перлита и цементита ($\text{П} + \text{Ц}$). В отливках, выбитых при температурах выше 100°C , могут образоваться трещины, вследствие того что металл в утолщенных частях еще не успеет затвердеть.

При выбивке стальных отливок из форм следует учитывать химический состав металла и конфигурацию отливок. Отливки с низким содержанием углерода (до $0,3\%$) можно выбивать около 800°C . Отливки с повышенным содержанием углерода ($0,45\text{--}0,5$) и со сложной конфигурацией рекомендуется выбивать при температуре ниже A_{c1} , так как отливки охлаждаются неравномерно и в них могут появляться внутренние напряжения. От неравномерного охлаждения и повышенного содержания углерода в отливках могут образовываться трещины.

Рекомендуются следующие температуры выбивки отливок из углеродистой стали: неотчетственные, простой конфигурации без затрудненной усадки при 800°C ; с неравномерной толщиной стенки и термическими узлами при 600°C . После выбивки такие отливки загружаются в колодцы-томильники. Ответственные отливки с затрудненной усадкой, склонные к короблению и трещинам, выбиваются при температуре 200°C . Продолжительность

выдержки отливок в форме при охлаждении их до заданной температуры выбивки может быть значительной, для крупных отливок достигает нескольких суток. Это снижает производительность литейных цехов. Поэтому на практике все более широко применяется принудительное охлаждение отливок, которое может осуществляться различными способами: водой, воздушно-водяной смесью и просто воздухом.

Для крупных отливок используют принудительные воздушно-водяное охлаждение (рис. 174). В форме вдоль отливки 1 по стенкам кессона 4 прокладываются трубы 3. К одному концу трубы

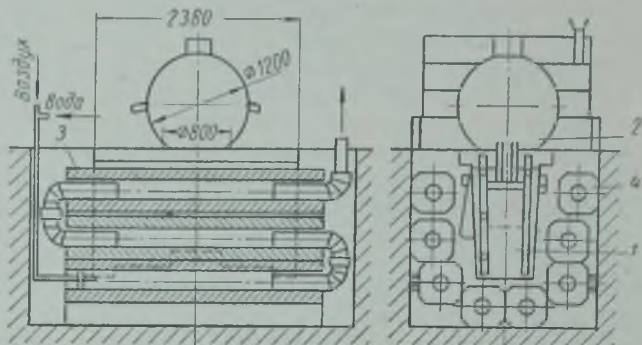


Рис. 174. Схема принудительного охлаждения отливки:

1 — отливка; 2 — прибыль; 3 — чугунные трубы — холодильники; 4 — кессон

подводятся вода и воздух. Когда затвердевает вся отливка или ее поверхностный слой, в трубы впрыскивается вода, распыляемая сжатым воздухом под давлением 5—6 атм. Принудительное охлаждение отливок вдвое сокращает время охлаждения отливки до заданной температуры (рис. 175). При этом качество отливок не ухудшается.

На практике часто применяют высокотемпературную выбивку отливок. Отливки выбивают при 700—750° С, а затем их охлаждают в коробах, колодцах и в другом специальном охлаждающем оборудовании. Выбивка должна производиться при температуре, обеспечивающей достаточную прочность отливки. В поточно-массовом производстве можно регулировать температуру выбивки скоростью формовочного конвейера и его длиной. Если отливка в форме не успеет охладиться за проход конвейера, на пути от заливочной ветви конвейера до выбивной решетки, то приходится охлаждать отливки за два прохода, или удлинять конвейер, либо устанавливать рольганг для снятия залитых форм с конвейера.

Процесс выбивки отливок заключается в том, что затвердевшие и охладившиеся до заданной температуры отливки извлекаются из опоки. Форму разрушают, и из отливки удаляют стержни,

а также отделяют литники и прибыли; после этого осуществляется заключительная операция — очистка наружной и внутренней поверхностей отливки от пригоревшей смеси. Операция выбивки относится к числу наиболее трудоемких и тяжелых операций при производстве отливок, так как из формы выделяется большое количество тепла, газов и пыли. Поэтому механизация выбивных и очистных работ в литейных цехах является задачей первостепенной важности.

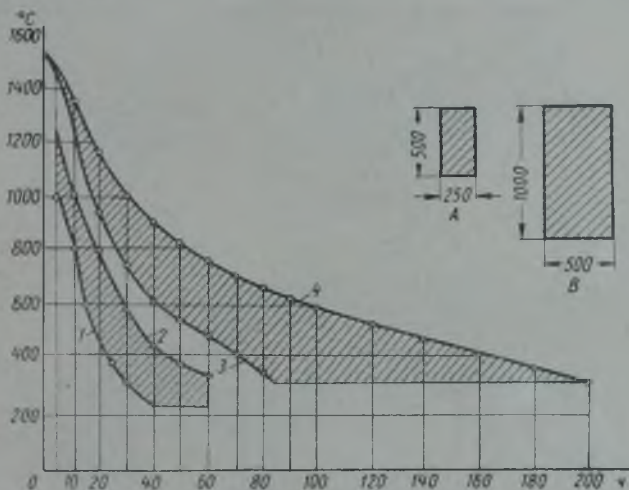


Рис. 175. Кривые принудительного (1, 3) и естественного (2, 4) охлаждения отливок А и В

Механизация выбивки отливок из опок осуществляется с помощью: 1) вибрационной скобы или вибрационного коромысла, 2) пневматических выбивных решеток, 3) полуавтоматических и автоматических выбивных установок.

В немеханизированных литейных цехах опоки выбиваются с помощью крана. Опоки подвешивают за цапфы краном, поднимают и с помощью молотка или кувалды отливка вместе с формовочной смесью выбивается из опок.

Вибрационные скобы (рис. 176, а) применяют для выбивки опок средних размеров в индивидуальном и мелкосерийном производствах. Отливка вместе с формовочной смесью удаляется из опоки ударами вибратора о стенку опоки. Вибратор подвешивают за борт опоки. Вибрационная скоба приводится в действие сжатым воздухом при давлении $5\text{--}7 \text{ кг/см}^2$ ($0,5\text{--}0,7 \text{ Мн/м}^2$). Производительность вибрационной скобы 8—20 опок в час.

В литейных цехах массового и крупносерийного производства применяют вибрационные коромысла грузоподъемностью 1000, 2000 и 3000 кг. Вибраторы коромысла приводятся в действие сжатым воздухом. Производительность коромысла 30—60 опок в час.

Вибрационное коромысло (рис. 176, б) представляет собой балку 1, подвешенную горизонтально к подъемнику. На обоих концах коромысла установлены два вибратора 2 и крюки 3, которые захватывают цапфы опоки; после этого коромысло вместе

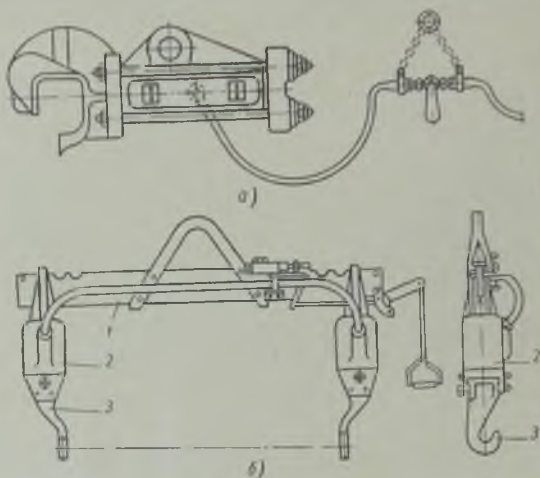


Рис. 176. Схема вибрационных скобы (а) и коромысла (б)

с опокой поднимается, и вибраторы начинают действовать. Под действием вибрации формовочная смесь из опоки падает на неподвижную решетку, затем на транспортер, подающий смесь в смесе-приготовительное отделение. В последнее время вибрационные скобы и коромысла применяют редко.

Для выбивки опок чаще всего используют пневматические, механические, эксцентриковые и инерционные решетки. Механические, эксцентриковые и инерционные решетки являются наиболее экономичными, они работают с меньшим шумом.

На рис. 177 приведена конструкция выбивной механической решетки грузоподъемностью 1500—2500 кг. Производительность решетки от 80 до 100 опок в час.

В литейных цехах крупносерийного и массового производства операции выбивки отливок из опок, выбивки стержней и транспортирования отливок в очистное отделение механизированы и автоматизированы.

На ЗИЛе в литейном цехе серого чугуна применяется полуавтоматическая установка для выбивки блока цилиндров производительностью до 600 опок в смену (рис. 178).

Залитые опоки по конвейеру 1 поступают к толкателю 2 и сталкиваются им на решетку 3, на которой выбивается смесь.

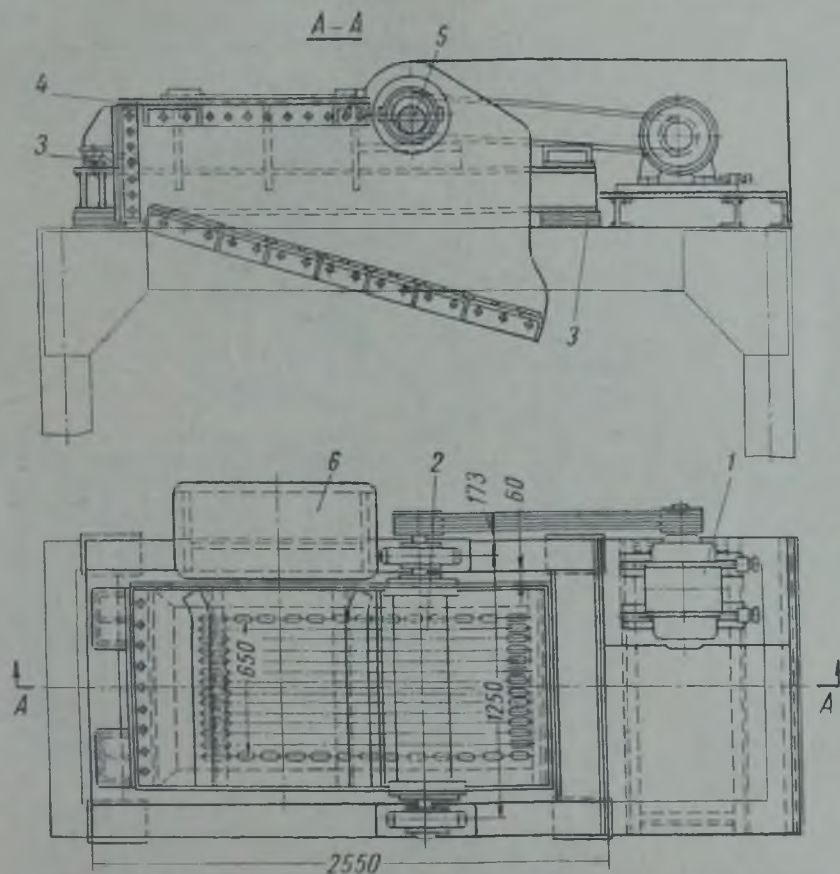


Рис. 177. Механическая эксцентриковая решетка:

- 1 — электродвигатель; 2 — кожух эксцентрикового вала; 3 — амортизатор;
4 — направляющие; 5 — эксцентриковый вал; 6 — горизонтальный склиз

Затем спаренные опоки, «верх» и «низ», внутри которых находится отливка блока, поступают на цепной конвейер 4 и им подаются на стол 12, находящийся под монорельсом 5. Опоки с выбивной решеткой сталкиваются следующей, еще не выбитой формой. Верхняя опока снимается с нижней съемником 6 и передается на ленточный транспортер 7, подающий их к формовочной машине, где изготовляются верхние полуформы.

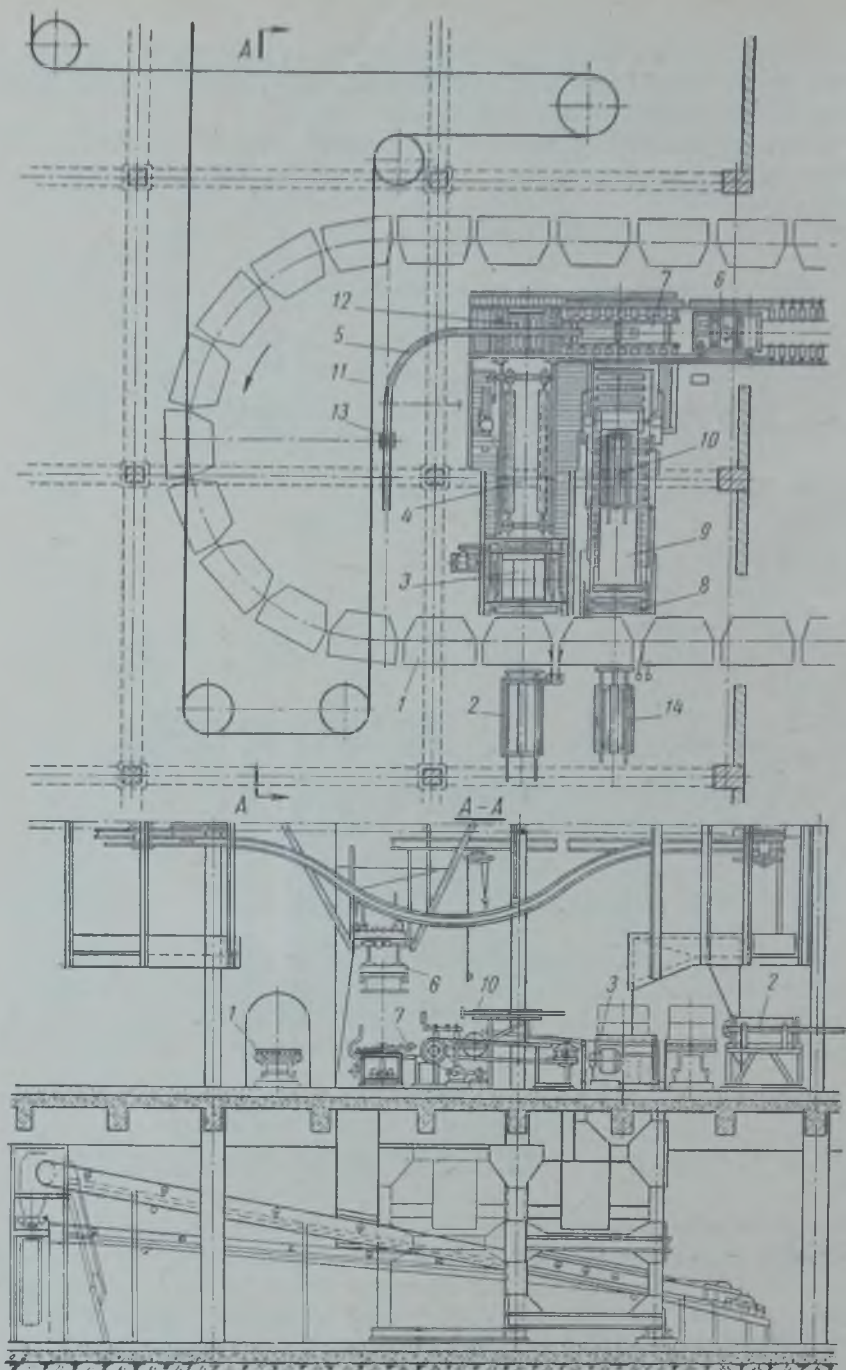


Рис. 178. Схема полуавтоматической выливной установки конструкции ЗИЛ для отливок блока цилиндров

После съема верхней опоки отливка блока вынимается из нижней электротельфером 13, передвигающимся по монорельсу 5 до подвешенного конвейера 11, на который перевешивается отливка блока для отправки ее в очистное отделение. Освободившаяся от отливки нижняя опока передается ленточным транспортером 7 к формовочной машине.

После сталкивания опоки с конвейера 1 на выбивную решетку 3 подопочный щиток остается на тележке конвейера 1 и движется

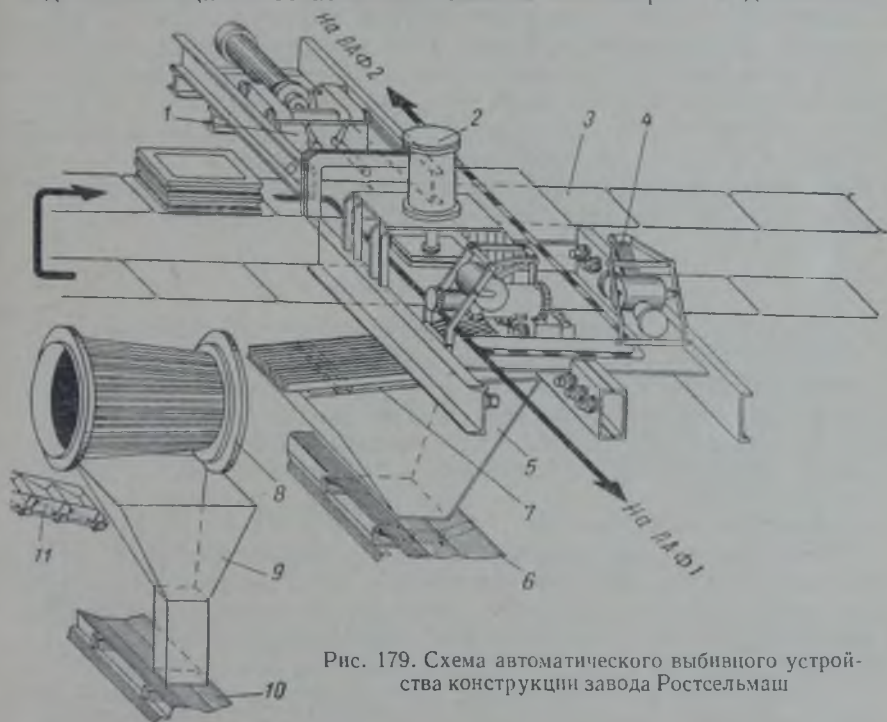


Рис. 179. Схема автоматического выбивного устройства конструкции завода Ростсельмаш

до второго толкателя 14 и им сталкивается на рольганг 8, а затем на ленточный транспортер 9 и с него подается толкателем 10, который установлен над ленточным транспортером 9, на нижнюю опоку, находящуюся в это время на транспортере 7, и по нему вместе с нижней опокой поступает к формовочным машинам. Нижние опоки можно подавать транспортером 7 и без подопочных щитков. Габаритные размеры опок 1050 × 850 × 350 мм.

На Ростсельмаше работает автоматическая выбивная установка (рис. 179), на которой смесь и отливки выдавливаются на вибрационную решетку из неподвижной формы специальным устройством. Опоки автоматически сталкиваются с плиты 3 литейного конвейера толкателем 1, и форма выдавливается прессом 2 на виб-

рациональную решетку 7, где разрушаются спекшиеся и спрессованные комки смеси. Затем смесь поступает по лотку 5 на транспортер 6. Отливки попадают в барабан 8 для окончательного отделения от смеси и частично от литников. Отливки из барабана 8 поступают на пластинчатый транспортер 11 и подаются им в очистное отделение. Отходы из барабана 8 поступают по закрытому лотку 9 на ленточный транспортер 10 и затем в очистное отделение.

Работа выбивной установки автоматизирована системой пневматических и электрических клапанов. Режим ее работы устанавливается оператором участка.

В литейных цехах индивидуального производства отливки после выбивки из опок подаются в очистное отделение в ящиках с помощью край-балки, мостового крана или электрокарами. Крупные отливки перевозят мостовыми кранами. В поточно-массовом же производстве отливки в большинстве случаев перевозят на подвесных конвейерах или пластинчатых транспортерах.

§ 3. ОЧИСТКА ОТЛИВОК

Отливки поступают в очистное отделение для очистки, обрубки и отделки. Эти операции осуществляются в определенной технологической последовательности, которая зависит от особенностей отливок (химического состава, массы, толщины стенок, свойств металла и требований к отливкам). Перед очисткой отливки предварительно осматривают; отливки с явным браком (недолив формы, обвал формы, спаи и другие) откладывают и они на очистку не поступают.

Технологический процесс очистки отливки складывается из следующих операций: удаления стержней из отливок; отделения литников, выпоров и прибылей; очистки отливок от приставшей формовочной смеси; удаления заусенцев и окалины после термической обработки; правки отливок после термической обработки и их окраски; если эти операции предусмотрены технологией; окончательного контроля качества отливок после очистки и обрубки.

Удаление стержней из отливок. Выбивка стержней из отливок является трудоемкой операцией. В крупносерийном и массовом производстве для части отливок эта операция механизирована и осуществляется либо вибрационными машинами, либо гидравлическими установками. Вибрационная машина имеет пневматические тиски, которые упруго зажимают отливку, и мощный пневматический вибратор, сотрясающий отливку, вследствие чего стержни разрушаются, а их обломки высыпаются наружу.

На рис. 180 приведена схема вибрационной установки для выбивки стержней из отливок. На ЗИЛе разработана установка для автоматизации этой операции. Отливки после выбивки из опок и охлаждения поступают на участок удаления стержней на под-

весном конвейере. Под конвейером на этом участке установлены рельсы, по которым вдоль конвейера передвигаются выбивные устройства, представляющие собой зажимные приспособления с вибраторами. Скорость движения приспособлений равна скорости движения подвесного конвейера. Отливка зажимается приспособлением и подвергается вибрации; при этом приспособление движется вместе с отливкой.

Куски выбитых стержней проваливаются через решетку в полу и по наклонному лотку поступают на ленточный транспортер, передающий отходы в систему регенерации. После выбивки стержней приспособление автоматически разжимается и быстро отходит

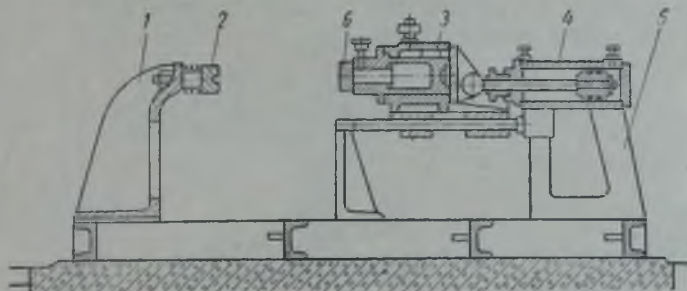


Рис. 180. Вибрационная выбивная машина:

1 — задняя бабка; 2 — пружинный упор; 3 — вибратор; 4 — пневматический цилиндр зажима; 5 — передняя бабка; 6 — боек вибратора

по рельсам к следующей отливке. Аналогичное приспособление работает на заводе Форда в Кливленде. Движением выбивных приспособлений, зажимов и работой вибраторов управляет рабочий с пульта.

Стержни, изготовленные из песчано-глинистых смесей, с трудом выбиваются на таких машинах, поэтому их лучше удалять гидравлическим способом, заключающимся в вымывании их из полости отливки струей воды, вытекающей из сопла под давлением $25\text{--}100 \text{ кг/см}^2$ ($2,5\text{--}10 \text{ Мн/м}^2$). Как правило, одновременно с этим производится очистка поверхности отливок.

Способы отделения литников и прибылей. Кроме ручного способа, существует несколько способов отделения литниковых систем от отливок: механический, анодно-механическая или газовая резка.

При механическом способе литниковые системы отделяются резкой ножовочными полотнами, на круглопильных или ленточных станках, обрубкой на прессах.

Для отрезки прибылей от стальных и чугунных отливок широко применяются ножовочные станки модели 872А с ленточной пилой и дисковые станки. Отрезка на последних происходит следующим образом. Быстровращающийся тонкий диск давит на разрезае-

мый предмет; при этом вследствие значительного трения выделяется большое количество тепла и нагретый до высокой температуры металл становится пластичным и прорезается диском. Диск охлаждается водой.

Для отделения литниковых систем применяют различные прессы: гидравлические, кривошипные, фрикционные и другие. На зажатый стоек надевается трубчатый пуансон, внутренний диаметр которого несколько больше диаметра стойка. При рабочем ходе прессы пуансон срезает питатели и отливки отделяются от стойка. Гидравлические прессы применяются также для отрезки остатков литниковых си-

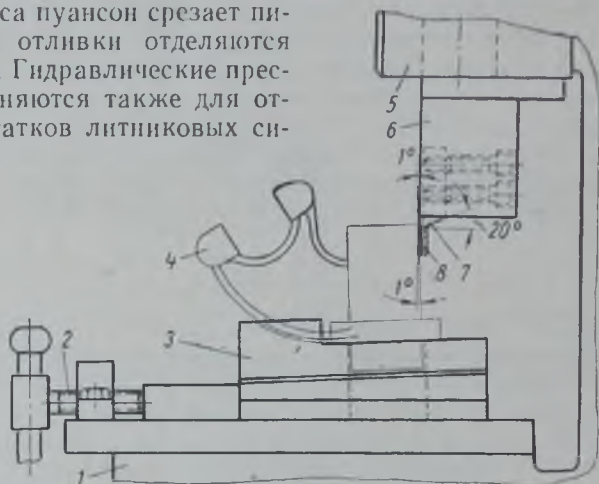


Рис. 181. Приспособление для отрезки литников:
 1 — стол прессы; 2 — упорный винт; 3 — опора; 4 — отливка;
 5 — ползуи кривошипного прессы (100 т); 6 — державка; 7 —
 нож; 8 — остаток шейки питателя

стем от отливок из ковкого чугуна после отжига. Для этой же цели служат фрикционные прессы.

В крупносерийном и массовом производстве изготавливаются специальные матрицы, в которые вкладываются отливки с выступающими за пределы матрицы остатками литников. Производительность таких прессов 5—6 тысяч ходов в смену. На рис. 181 приведено приспособление для отрезки литников из ковкого чугуна на прессы К117.

Для удаления литников ударом на Челябинском тракторном заводе применяют установку (рис. 182), основной частью которой являются два диска 1 с шарнирно-закрепленными качающимися молотками 2. При вращении дисков со скоростью 800 об/мин в подвешенных к ним молотках развиваются большие инерционные силы, обеспечивающие отбивку прибойей 3 и литников от отливки. Приводом машины служит электродвигатель 4 мощностью 45 квт, 730 об/мин. Для подачи отливок в машину имеется поворотный стол 5 с кронштейнами для укладки отливок опорных катков.

Стол вращается от электродвигателя 6 через червячный редуктор 7 и коническую зубчатую передачу 8.

Работа на машине производится в следующем порядке: последовательно, с интервалом 1—2 мин, включают двигатель привода молотков и двигатель поворота стола. На кронштейны вращающегося стола пневматическим подъемником устанавливаются отливки опорных катков трактора. При вращении стола отливки катков поочередно подводятся под вращающиеся диски с молотками. Ударами молотков прибыли с литниками отбиваются и падают по наклонному лотку 9 в ящик 10, установленный в прямке.

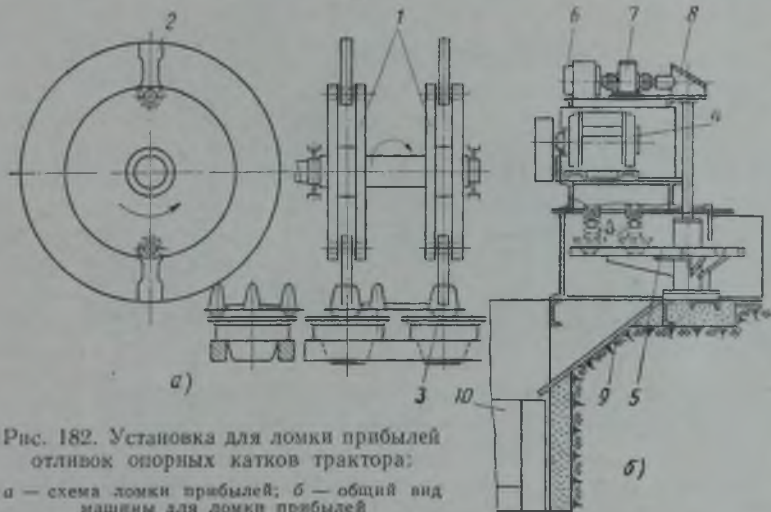


Рис. 182. Установка для ломки прибылей отливок опорных катков трактора:
а — схема ломки прибылей; б — общий вид машины для ломки прибылей

Свободные от прибылей отливки выходят со столом из рабочей зоны машины и снимаются. На их место устанавливают новые отливки и цикл повторяется. Машину обслуживают двое рабочих.

Анодно-механическая резка применяется для разрезки образцов, а также отрезки прибылей и литников от отливок из высоколегированных сталей. Отливку и инструмент включают в цепь постоянного тока и соединяют соответственно отливку с анодом, а инструмент с катодом. В зону резания подается водный раствор жидкого стекла плотностью 1,27—1,30 г/см³.

Инструмент имеет рабочее движение и движение подачи. При определенном зазоре между поверхностями отливки и инструмента цепь постоянного тока замыкается через выступы поверхности и начинается процесс резки. В местах контакта микровыступов инструмента и отливки они оплавляются и продукты оплавления в виде шариков выносятся из зоны резания движущимся инструментом. Анодно-механическая резка осуществляется двумя инструментами: диском и замкнутой лентой. Преимущества анодно-

механической резки: малая ширина реза, ровная поверхность, малые отходы и достаточно высокая производительность.

Для отрезки прибылей и литников с помощью абразивных кругов применяются специальные станки типа шлифовальных. При этом получается гарантированный прямой чистый рез, шум при работе невелик, но выделяется много абразивной и металлической пыли. На чугунной отливке прибыль диаметром 308 мм, твердостью *HV* 260 отрезается за 20 мин. Однако большое пылевыделение, расход абразивных кругов и сложность использования способа для крупных отливок ограничивает область его применения.

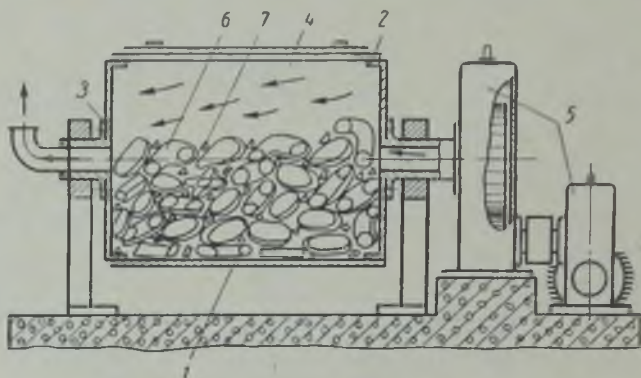


Рис. 183. Схема барабана для очистки мелких отливок:

1 — обечайка; 2 — литые торцы; 3 — цапфы; 4 — крышка;
5 — привод; 6 — отливки; 7 — звездочки

Газовая резка. Процесс резки заключается в сжигании нагретого металла в струе кислорода и продувке окислов, образующихся в месте реза. Сталь сгорает в струе кислорода при 1200—1250° С. В качестве горючих материалов при газовой резке применяют ацетилен, бензин, керосин, реже водород. Для резки применяются универсальные резаки типа УР конструкции ВНИИАВТО-ГЕНМАШ.

Резка электрической дугой применяется для отрезки литников и прибылей из жаростойкой и кислотостойкой стали, не поддающейся обычной газовой резке. Поверхность резания получается грубой и требует дополнительной обработки.

Очистка отливок от пригоревшего песка и окалины. Поверхности отливок от пригоревшей и приставшей формовочной и стержневой смеси очищают разными способами: в барабанах периодического и непрерывного действия, в дробеструйных барабанах, на дробеметных столах, в дробеметных камерах, в комбинированных дробеметно-дробеструйных камерах, в гидropескочистных камерах и барабанах.

Во вращающихся барабанах периодического действия очищают наружные поверхности небольших отливок (рис. 183) индивиду-

дуального и массового производства. Операция очистки отливок заключается во взаимном трении отливок и звездочек из белого чугуна, загружаемых в барабан вместе с отливками в количестве 20—35% от массы отливок. Мелкие отливки массой до 30 кг загружают в барабан, а более крупные и тонкостенные отливки укладывают поштучно.

Продолжительность цикла очистки зависит от конфигурации отливок, рода металла и способа загрузки отливок в барабан. Барабан вращается со скоростью 30 об/мин. В процессе очистки отливок удаляются не только песок, но и заусенцы, получающиеся по разьему формы и у стержневых знаков. Производительность очистного барабана от 800 до 1300 кг/ч.

В барабанах непрерывного действия очищают мелкие отливки массового производства. Очистка отливок стержней и отбивка литников и заусенцев происходит за счет трения самих отливок друг о друга и о специальные ребра, находящиеся внутри барабана. Скорость вращения барабана 20 об/мин. Барабан установлен под углом 1,5—2° к горизонту, что обеспечивает движение отливок вдоль оси барабана при его вращении.

Дробеструйная очистка отливок производится в барабанах, на столах и в камерах периодического действия. Отливки очищаются струей мелкой литой чугунной дроби, выбрасываемой с большой скоростью сжатым воздухом из дробеструйного аппарата.

На дробеструйных столах процесс очистки отливок такой же, как и в дробеструйных барабанах; разница заключается в том, что отливки приходится переворачивать для очистки всех поверхностей струей дроби. На столах очищают более крупные отливки массой от 30 до 120 кг, а в барабанах массой до 50 кг.

В дробеструйных камерах (рис. 184) периодического действия отливки очищаются свободной струей чугунной дроби, направляемой рабочим с помощью резинового шланга с соплом на отливку.

Отливки 15 очищаются в дробеструйной камере 13, куда подаются на тележке 8. Отливки очищаются мелкой дробью, подаваемой из аппарата 11 сжатым воздухом по трубопроводу 10 с помощью резинового шланга и сопла 9. Дробь после очистки отливок вместе с пылью поступает в бункер, находящийся под тележкой 8, а из бункера шнеком 7 подается в сито 6, где она просеивается и отделяется от включений. Просеянная дробь падает в бункер 5, а затем в магнитный сепаратор 4, откуда поступает в бункер 3 и по трубопроводу 14 подается сжатым воздухом от вентилятора 1 в бункер 12, а из него в дробеструйный аппарат 11. Пыль от магнитного сепаратора отсасывается вентилятором 19 в циклон 16, а из него в бункер 17 и элеватором 18 подается в вагон 20. Крупные куски отходов по элеватору 2 поступают в специальный корб.

Ниже приведен расход дробни в зависимости от диаметра сопла при давлении воздуха 6 ат.

Диаметр сопла в мм	4,8	6,5	8,0	9,0	11,0	12,7
Расход дробни в кг/ч	560	1000	1500	1000	2500	3400

Дробеметная очистка. Процесс дробеметной очистки происходит за счет кинетической энергии струи чугуновой дробни, выбрасываемой на отливки дробеметным аппаратом (турбиной).

На рис. 185 приведена схема дробеметной камеры для очистки отливок. Дробь подается в быстровращающуюся турбинку со вставными сменными лопастями. Отсюда дробь, вылетающая со скоростью до 80 м/сек, ударяясь о поверхность размещенных на вращающемся столе деталей, очищает их от пригара и окалины.

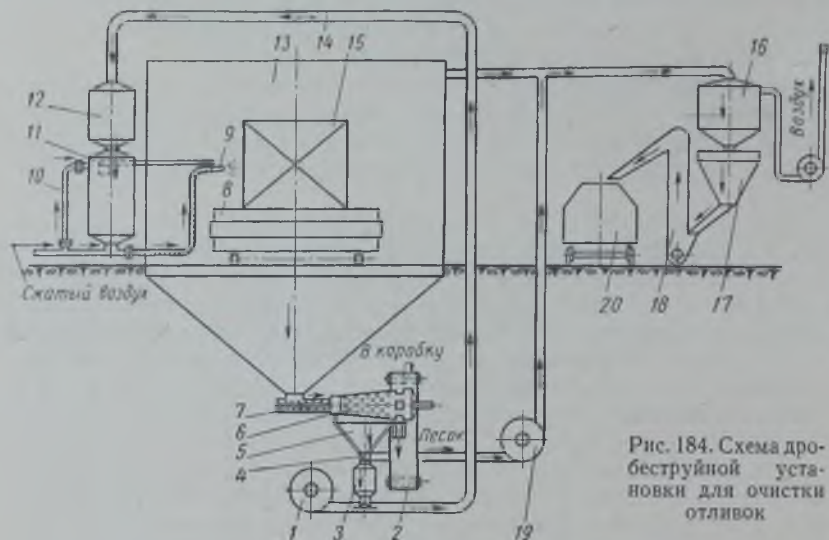


Рис. 184. Схема дробеметной установки для очистки отливок

Дробеметное колесо (турбинка) имеет два диска, между которыми радиально расположены восемь лопаток, изготовленных из износостойкого хромистого чугуна. Турбина вращается со скоростью 2250 об/мин. Производительность дробеметной установки периодического действия с одной турбинкой составляет 900—1500 кг литья в час. В барабанах непрерывного действия очищают мелкие отливки массового и крупносерийного производства. Производительность такого барабана от 3000 до 5000 кг/ч.

На рис. 186 показана схема дробеметного барабана непрерывного действия.

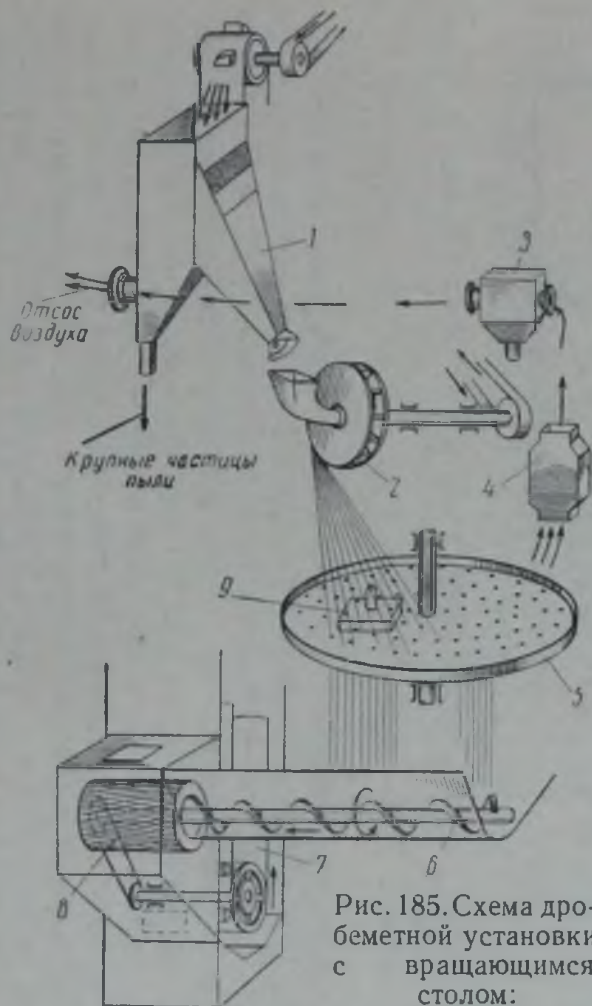


Рис. 185. Схема дробе-
метной установки
с вращающимся
столом:

1 — сепаратор; 2 — турбинка; 3, 4 — очистные
воздушные устройства; 5 — вращающийся
стол; 6 — желоб шнека; 7 — ковшевой элеватор;
8 — сито; 9 — отливка

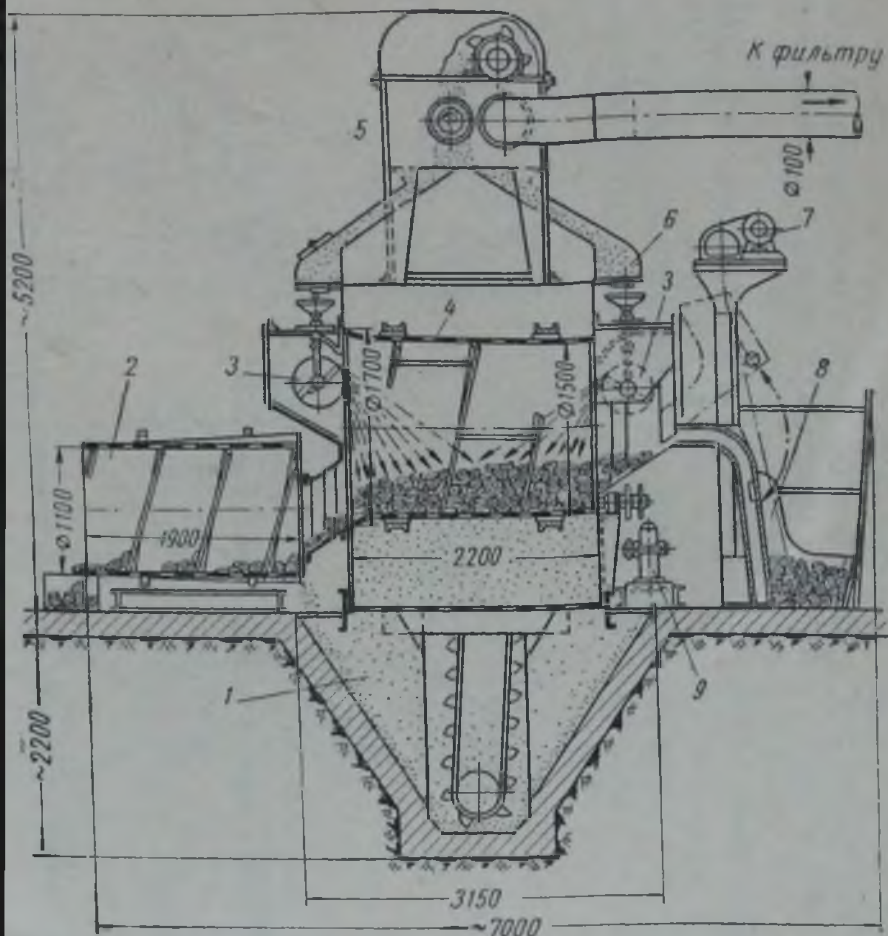


Рис. 186. Схема дробебетного барабана непрерывного действия:

1 — приямок для дробы и шлама; 2 — шнек выдачи отливок; 3 — дробебетные аппараты; 4 — вращающийся барабан; 5 — система очистки дробы; 6 — желоба для дробы; 7 — привод скипа; 8 — скип для подачи отливок; 9 — привод барабана

На дробебетных вращающихся столах процесс очистки литья аналогичен дробебетной очистке в барабанах периодического действия. В них очищают отливки мелкого и среднего развеса до 120 кг.

В дробебетных камерах периодического действия очищают крупные и средние отливки.

На рис. 187 приведен общий вид шеститурбинной дробебетной установки с вращающимися подвесками. Производительность

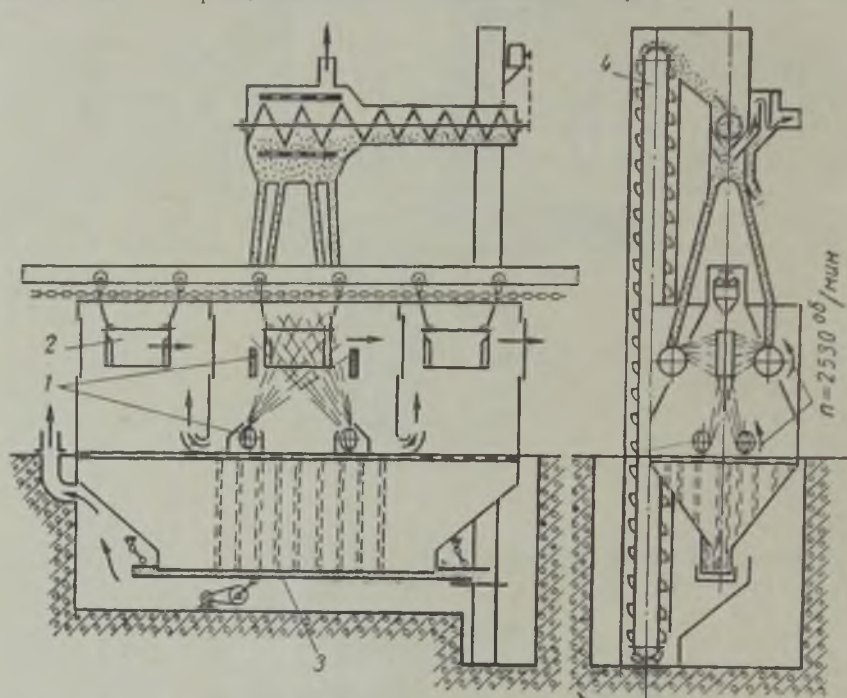


Рис. 187. Схема шеститурбинной дробебетной установки для очистки крупных отливок:

1 — турбины; 2 — отливка; 3 — качающийся лоток; 4 — ковшевой элеватор

шеститурбинной камеры при очистке автомобильного литья 50—90 подвесок в час или около 20 000 кг/ч. К недостатку очистки отливок дробью можно отнести большое выделение пыли.

Пескогидравлическая установка для очистки отливок. Гидроабразивная очистка — очистка влажным песком, не уступает по производительности дробеструйной и дробебетной очистке, кроме того, запыленность воздуха значительно ниже допустимой санитарными нормами. Гидропескоструйная очистка применяется для отливок из черных и цветных сплавов (алюминиевых, медных и других), которые нельзя очистить в растворах щелочей или кислот из-за их взаимодействия с ними.

Недостатком гидроабразивной очистки является снижение коррозионной стойкости деталей, вследствие этого приходится промывать отливки с последующей сушкой.

На рис. 188 приведена схема пескогидравлической установки ЧТЗ. Установка имеет камеру с поворотным столом диаметром 2500 мм для очистки отливок массой до 10 000 кг, четыре гидромонитора, из которых два закреплены снаружи камеры и два внутри. Во время работы гидромонитора, установленного внутри камеры, рабочий пользуется гидрозщитным костюмом «Эпрон» с кислородным аппаратом.

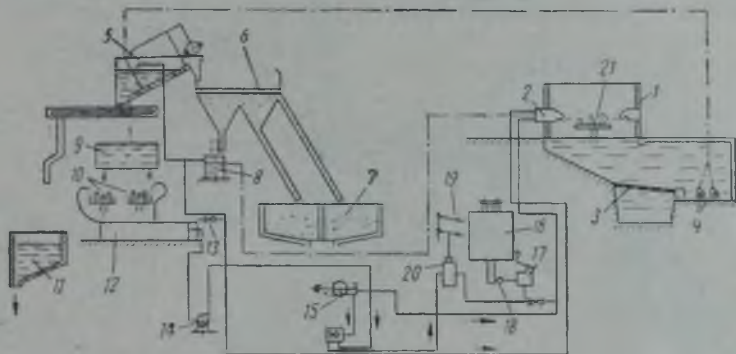


Рис. 188. Схема пескогидравлической установки ЧТЗ:

1 — камера; 2 — гидромонитор; 3 — качающееся сито; 4 — насосы; 5 — классификатор; 6 — контрольное сито; 7 — закром; 8 — мешалка; 9 — бак; 10 — центрифуги; 11 — отвалный закром; 12 — бак; 13 — трубопровод; 14 — насос низкого давления; 15 — насос высокого давления; 16 — аккумулятор; 17 — дроссель; 18 — предохранительный клапан; 19 — переводное устройство; 20 — переключатель; 21 — поворотный стол

В гидромонитор подводят два шланга, по одному подается смесь песка с водой, по другому вода под давлением 80 кг/см^2 (8 Мн/м^2). Вода инжектирует смесь песка с водой из пропеллерной мешалки и общая струя воды и песка с большой скоростью направляется на стержень и отливку. Струя разрезает и размывает стержень и очищает отливку от пригара и песка.

Отработанная смесь регенерируется и вновь используется для очистки отливок. Производительность установки около $12\,000 \text{ кг/ч}$ отливок. Грузоподъемность поворотного стола $10\,000 \text{ кг}$. Внутренние размеры камеры $4880 \times 4780 \times 3640 \text{ мм}$. Отливки в камеру загружаются мостовым краном. Расходы воды гидромонитором $8,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, расход песка около $2500\text{—}3000 \text{ кг/ч}$.

На НКМЗ для очистки крупных отливок применяют гидравлические камеры. Отливки очищают водой под давлением $150\text{—}200 \text{ кг/см}^2$ ($15\text{—}20 \text{ Мн/м}^2$). Расход воды на камеру $18 \text{ м}^3/\text{ч}$. Производительность камеры до $30\,000 \text{ кг/ч}$ в зависимости от конфигурации и массы отливок. Размер камеры $10 \times 12 \text{ м}$.

Для обрубki заусенцев в местах отливок, недоступных для зачистки абразивами, применяют пневматические рубильные молотки (рис. 189) с коротким ходом (до 100 мм) для мелких отливок, с длинным ходом для тяжелых отливок. На практике пользуются рубильными молотками: РМ-1, РМ-3 и РМ-5 с открытой рукояткой.

Производительность молотка во многом зависит от правильного выбора формы зубила. Высокой стойкостью обладают зубила, изготовленные из сталей 4ХС, 6ХС, 7ХС. Рабочая кромка зубила должна иметь твердость *HRC* 58—61. В последнее время для обрубki и зачистки стали применять электрифицированные молотки.

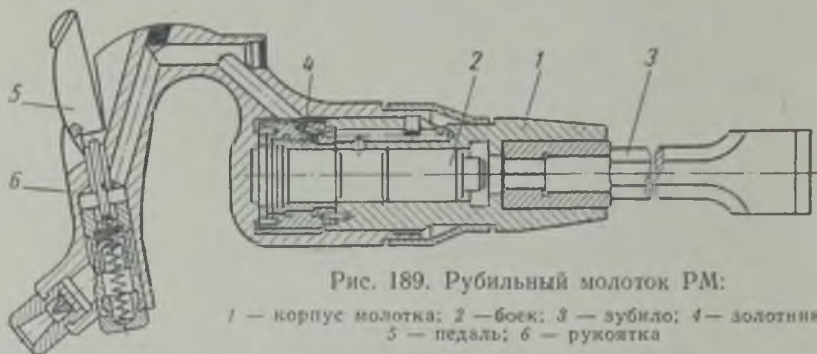


Рис. 189. Рубильный молоток РМ:

1 — корпус молотка; 2 — боек; 3 — зубило; 4 — золотник;
5 — педаль; 6 — рукоятка

Зачистка отливок абразивными инструментами. Отливки зачищают абразивными кругами с целью удаления заливок, заусенцев, перекосов и неровностей поверхности. Для обработки отливок применяют абразивные инструменты на керамической, бакелитовой и вулканитовой связках. Обдирку отливок осуществляют на станках: шлифовальных с гибким валом, подвесных маятниковых наждачных, стационарных обдирочно-зачистных, кроме того в полуавтоматах и автоматах.

Шлифовальные станки с гибким валом применяют для прямой и торцевой обдирки отливок и отрезки стояков. Поверхности отливок зачищают после обрубki или удаления небольших остатков литниковой системы и других приливов на отливке. Хорошо зарекомендовали себя в работе станки с гибким валом И-54 и И-54А Ярославского завода «Красный маяк». Крупные и средние отливки зачищают в поточном производстве подвесными маятниковыми наждачными станками.

На *стационарных обдирочно-зачистных станках* удаляют остатки литниковой системы, приливов и заусенцев. При зачистке отливки прижимаются вручную или специальными приспособлениями к вращающемуся абразивному кругу. Для уменьшения запыленности воздуха к кожуху абразивного круга снизу приделана камера, наполненная водой.

Автоматы и полуавтоматы для абразивной обдирки отливок впервые были разработаны и внедрены на Горьковском автозаводе. Полуавтоматы в несколько раз повысили производительность труда наждачников, особенно при обработке мелких отливок. Работа на полуавтоматах требует разбивки отливок на группы по расположению зачищаемых мест, конфигурации и размерам.

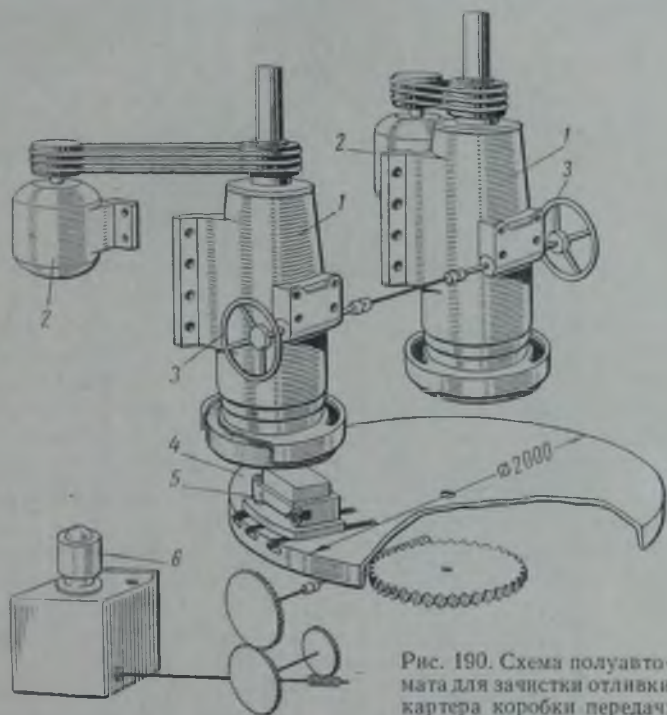


Рис. 190. Схема полуавтомата для зачистки отливки картера коробки передач:

1 — правая и левая головки; 2 — электродвигатели; 3 — штурвалы; 4 — вращающийся стол; 5 — приспособление; 6 — электродвигатель (подача камня 1 мм на оборот штурвала)

Кроме того, должны быть сделаны соответствующие приспособления для закрепления и подачи отливок на полуавтомат и удаления отливок после очистки. Каждая конструкция зачистных автоматов рассчитана на обработку отливок определенной группы. В конструкциях предусмотрены сменные приспособления, обеспечивающие быстрое и надежное крепление отливок.

На рис. 190 приведена схема станка для обдирки отливки коробки передач и зачистки больших плоскостей отливок. На вращающемся столе диаметром 2000 мм устанавливают двенадцать приспособлений для зажима отливок. Стол вращается, и отливки поступают под абразивный круг, закрепленный на шпинделе. Производительность такого полуавтомата 180 отливок в час.

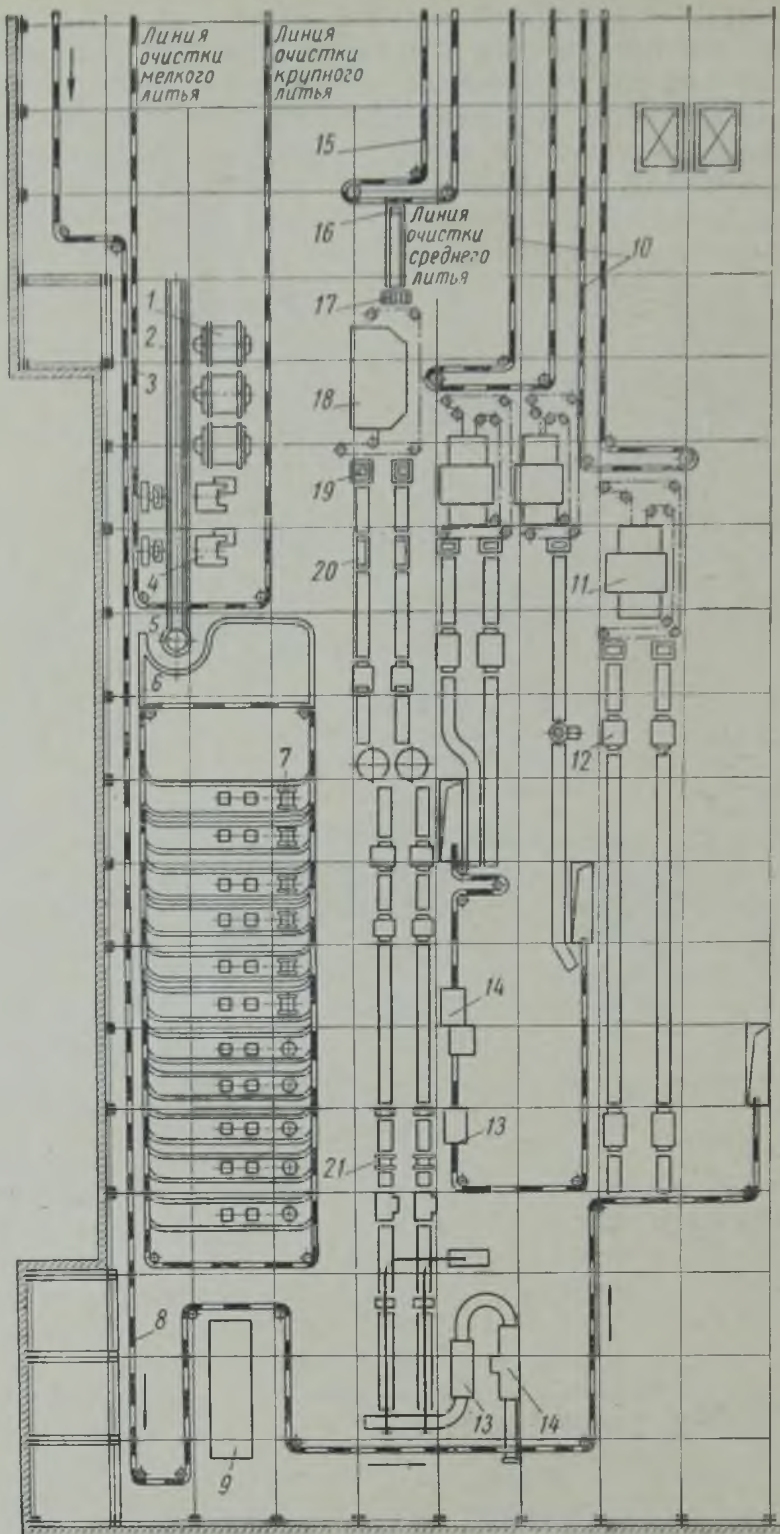


Рис. 191. Планировка очистного отделения чугунолитейного цеха

Окраска отливок. Отливки окрашивают для защиты от коррозии при хранении на складе и в процессе механической обработки.

При однослойной окраске отливок из серого и ковкого чугуна наилучшей стойкостью обладает нитроэмаль № 624. Отливки перед окраской промывают в двухкамерной машине и затем сушат теплым воздухом. Отливки можно промывать в 0,5%-ном содовом растворе при 80—85° С в течение 1 мин, затем в горячей воде при той же температуре с последующей просушкой горячим воздухом в течение 2 мин и охлаждением на воздухе в течение 5—7 мин. Отливки окрашивают нитроэмалью № 624 из пульверизатора или окунанием в ванну с просушкой в камере при 60° С в течение 10 мин.

На рис. 191 приведена планировка очистного отделения чугунолитейного цеха серого чугуна для мелкого, среднего и крупного автомобильного литья. Отливки после выбивки подают подвесными конвейерами 8, 10 и 15 в очистное отделение на поточные линии. Мелкие отливки подаются на линию очистки на подвесном конвейере 8 в специальной таре-ящиках с раскрывающимся дном.

После отбивки литников отливки загружаются в дробеметные барабаны 1 непрерывного действия. Очищенные отливки ленточным транспортером 2 подаются на сортировочный вращающийся стол 5.

После сортировки отливки по подвесным толкающим конвейерам 3 и 6 поступают соответственно к зачистным полуавтоматам 4 и наждачным станкам 7. Затем отливки принимаются контролерами ОТК литейного цеха и подвесным конвейером отправляются на склад готовых изделий. Отливки, подлежащие окраске, поступают в камеру 9, а затем по конвейеру 8 на склад готовых изделий.

Средние отливки с подвесного конвейера 10 перегружаются в шеститурбинные дробеметные камеры 11 и очищаются от пригоревшей смеси, после очистки отливки поступают на зачистные полуавтоматы 12, а часть отливок, подлежащих окраске, — в моечную 13 и окрасочную 14 камеры. Принятые и окрашенные отливки подвесным конвейером 8 подаются на склад готовых изделий.

Крупные отливки подаются подвесным конвейером 15 на подъемный стол 16 и вибрационную решетку 17 для выбивки стержней. Затем отливки поступают в двенадцатитурбинную дробеметную автоматическую камеру 18 для очистки от пригоревшей формовочной смеси. Из камеры отливки попадают на кантователь 19, а с кантователя с помощью рольганга на автомат 20 для зачистки заусенцев. Отливки подвергают гидравлическому испытанию на установках 21, после чего дефектные отливки отправляют на заварку, а годные — в моечную камеру 13 и на окраску в камеру 14. Окрашенные отливки подвесным конвейером 8 транспортируются на склад готовых отливок.

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПЛАВОВ

ГЛАВА I

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ковкий чугун представляет собой отожженный белый чугун. В процессе отжига чугун графитизируется и одновременно несколько обезуглероживается, твердость и хрупкость отливок уменьшается, пластичность и обрабатываемость резанием улучшаются. Относительное удлинение для ферритных ковких чугунов составляет 6—12%.

Таблица 41

Классификация ковкого чугуна
(ГОСТ 1215—59)

Марка	Сопротивление разрыву в кг/мм ² не менее	Удлинение в %	НВ не более
КЧ 30-6	30	6	163
КЧ 33-8	33	8	163
КЧ 35-10	35	10	163
КЧ 37-12	37	12	163
КЧ 45-6	45	6	241
КЧ 50-4	50	4	241
КЧ 56-4	56	4	269
КЧ 60-3	60	3	269
КЧ 63-2	63	2	269

Ковкий чугун в автомобильном и тракторном, а также в сельскохозяйственном машиностроении нашел широкое применение. Это объясняется преимуществами ковкого чугуна перед серым чугуном и литой сталью, заключающимися в высоких механических и технологических свойствах, дешевизне материалов и т. п. Однако недостатком производства ковкого чугуна является очень длительный цикл его отжига.

Существуют два вида ковкого чугуна: ферритный или черносердечный и перлитный или белосердечный.

Ферритным ковким чугуном называют чугун, структура которого состоит из феррита и углерода отжига с 10—15% перлита. Такой чугун обладает большим сопротивлением удару и применяется главным образом для деталей, подвергающихся динамической нагрузке.

Перлитным ковким чугуном называют чугун, состоящий из перлита и углерода отжига. Такой чугун применяется для отливок, работающих на износ.

Механические свойства ковких чугунов приведены в табл. 41.

При производстве отливок из ковкого чугуна необходимо учитывать особенности его свойств. Белый чугун, из которого получается ковкий чугун, содержит значительно меньше кремния и углерода, обладает большей усадкой 1,6—1,9%; худшей жидкотекучестью, большей склонностью к образованию горячих и холодных трещин; при затвердевании в отливках возникают значительные внутренние напряжения.

Литейные свойства ковкого чугуна обуславливают и особенности получения из него отливок: в утолщенных местах отливок необходимо ставить питающие бобышки и холодильники для ликвидации усадочных раковин и рыхлот.

В процессе отжига большинство отливок коробится и после очистки и обрубки нуждается в правке на прессах в специальных штампах. Отливки из ковкого чугуна подвергаются двойной очистке до и после отжига.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВКИ

Литейные формы для отливок из ковкого чугуна изготавливают главным образом машинной формовкой и только небольшое количество (для опытных образцов и ремонтных деталей) вручную. В связи с тем, что температура заливки ковкого чугуна (1390—1430° С) выше по сравнению с серым чугуном, формовочные и стержневые смеси должны обладать большей огнеупорностью, газопроницаемостью и податливостью. Поэтому облицовочные и наполнительные смеси должны содержать большее количество свежих материалов. В наполнительную смесь следует добавлять 10—12% свежих материалов для сохранения ее физико-механических свойств.

Формы для мелких отливок можно изготавливать из одной наполнительной смеси, а для более крупных отливок, помимо наполнительной смеси, применяется также облицовочная смесь. Чтобы устранить усадочные раковины и рыхлоты, жидкий металл подводят к толстым местам отливки, где устанавливают питающие бобышки, застывающие после затвердевания отливки. Для ускорения процесса охлаждения толстой части отливки применяют холодильники, способствующие также уменьшению вероятности возникновения трещин. С этой же целью в отливках по возможности выравнивают толщину стенок; в сечениях отливки, опасных в отношении возникновения усадочных трещин, делают ложные усадочные ребра «усы», удаляемые при обрубке отливки.

Питающая бобышка выполняет роль прибыли. Она имеет цилиндрическую или слегка коническую форму, металл в ней должен охлаждаться медленно. Около $\frac{1}{3}$ высоты бобышки находится в нижней опоке.

Питающую бобышку следует устанавливать возможно ближе к питаемому месту отливки и соединять с ней коротким и достаточно широким каналом-шейкой.

При длинной и узкой шейке металл преждевременно застывает и питание отливки прекращается. Шейка должна иметь пережим для легкого отделения бобышки от отливки. Сечение шейки в пережиме рекомендуется делать около 65—75% от сечения тела

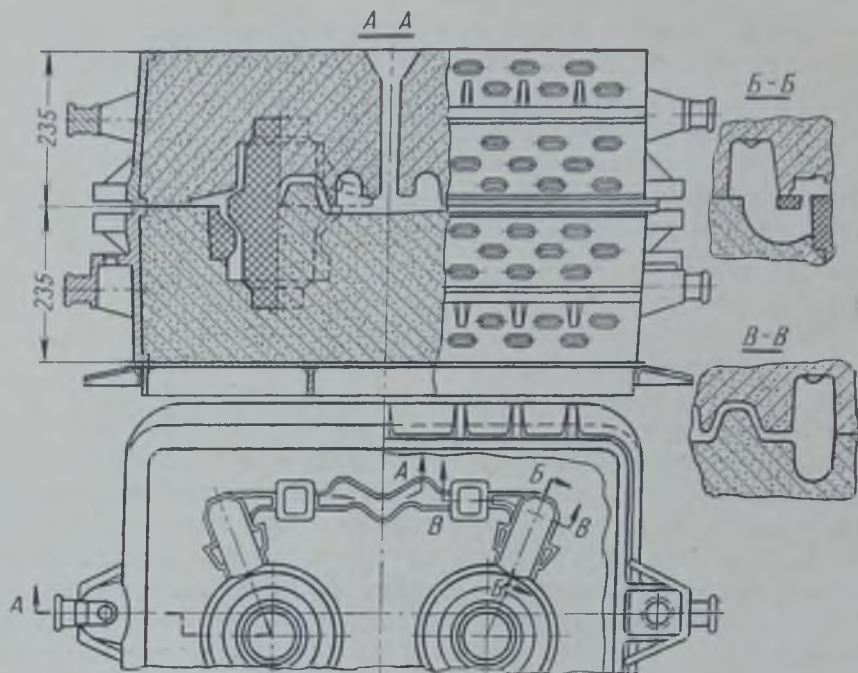


Рис. 192. Форма для отливки ступицы заднего колеса автомашины

отливки в питаемом месте. Расстояние наиболее узкого сечения шейки в пережиме от тела отливки обычно составляет не более 3 мм. Схема формы для отливки ступицы колеса из ковкого чугуна КЧ 35-10 приведена на рис. 192.

При расчете литниковой системы для отливок из ковкого чугуна скорость заливки принимается меньшей, чем для серого чугуна, вследствие меньшей жидкотекучести белого чугуна и увеличенного сечения питателей. Поэтому при расчете литниковой системы для ковкого чугуна коэффициенты s и x , входящие в формулу (6), изменяются. Для ковкого чугуна принимается соотношение $F_n : F_{шл} : F_{см} = 1 : 1 : 1,5$, иное чем для отливок из серого чугуна, т. е. литниковая система является незаполненной и не может служить шлакоуловителем. Шлак при заливке металла в форму задерживается фильтровальными сетками, установкой

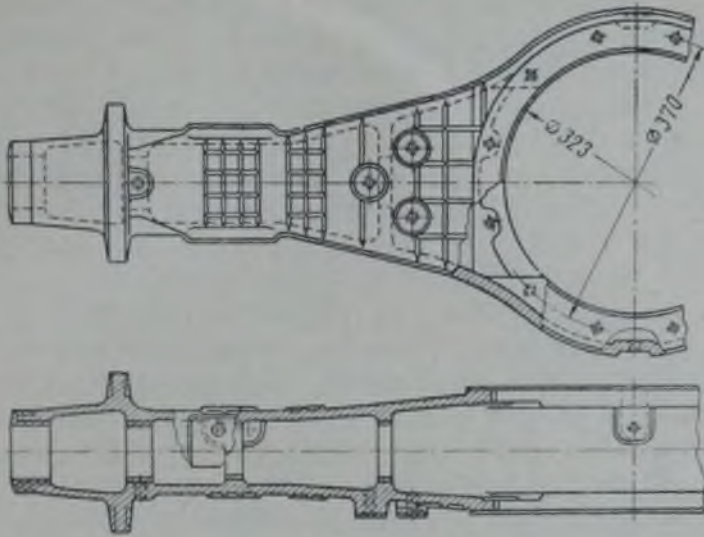


Рис. 193. Отливка картера заднего моста

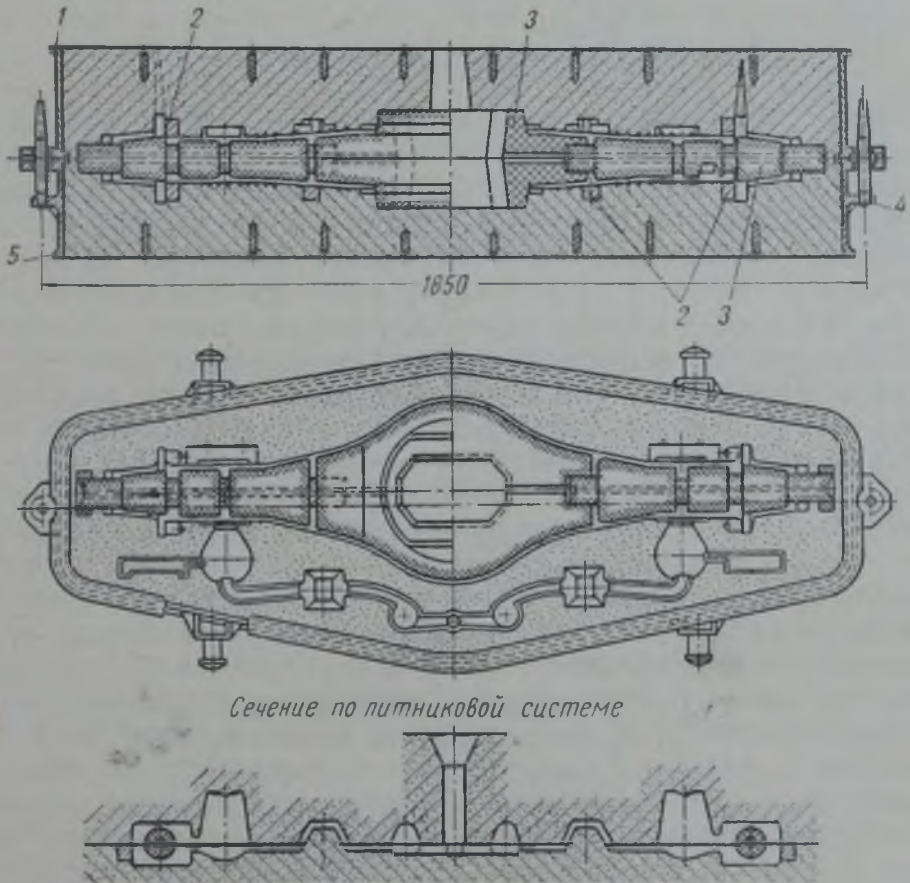


Рис. 194. Форма для отливки картера заднего моста:

1 — верхняя опока; 2 — холодильники; 3 — стержень; 4 — установочный штырь; 5 — нижняя опока

дроссельной литниковой системы и другими способами. Отливка картера заднего моста (рис. 193) по массе и габаритным размерам является наиболее крупной отливкой из ковкого чугуна. Отливка длиной 1560 мм имеет резкие переходы сечений. Она образована из сферических и плоских тел. Такая конструкция отливки способствует образованию усадочных раковин и больших местных напряжений. На рис. 194 приведена собранная форма для отливки картера заднего моста, места для подвода литниковой системы, установки боковых прибылей и холодильников.

Для устранения брака по горячим трещинам в отливках стержни изготавливают из более податливой стержневой смеси.

На возникновение напряжений и горячих трещин в отливках влияет температура заливки металла и охлаждение отливки в форме. Отливки, имеющие резкие переходы от тонкой части к толстой, должны охлаждаться в форме до более низких температур. Поэтому для них следует удлинять конвейеры или дополнительно охлаждать формы на рольгангах, или помещать горячие отливки в специальные колодцы, в которых они будут медленно охлаждаться.

§ 3. ПЛАВКА БЕЛОГО ЧУГУНА

При производстве высококачественного ковкого чугуна необходимо выплавлять чугун с низким содержанием углерода и кремния, определяющим структуру основной металлической массы, количество и форму графита в чугуне. Особое влияние на механические и физические свойства чугуна оказывает содержание углерода. В связи с этим следует получать стабильный состав чугуна с пониженным содержанием углерода, иметь наименьшую окисляемость и возможно высокий перегрев ($1500\text{—}1550^\circ\text{C}$). Высокий перегрев чугуна необходим для повышения жидкотекучести чугуна и его модифицирования, так как в процессе модифицирования чугун охлаждается. Кроме того, при перегреве чугуна лучше отделяются шлаковые включения и измельчается графит; в результате ускоряется процесс отжига и в процессе заливки газы лучше удаляются из формы.

Белый чугун плавят в вагранке, пламенной или электрической печах и дуплекс-процессом; вагранка — дуговая электропечь, вагранка — индукционная электропечь, вагранка — пламенная печь, вагранка — индукционный копильник, вагранка — малый бессемер. Плавка в вагранке является самым дешевым и простым способом получения белого чугуна, но при этом не обеспечивается устойчивое получение наиболее широко употребляемых марок ковкого чугуна, так как в вагранке трудно получить белый чугун с низким содержанием углерода и высоким перегревом до 1550°C с длительной выдержкой.

Качественный ковкий чугун с устойчивыми показателями механических свойств можно получить дуплекс-процессом: ваг-

ранка — электропечь с кислой футеровкой. Чугун плавят в вагранке, затем его переливают в электропечь, в которой нагревают до $1500\text{--}1550^\circ\text{C}$ и доводят химический состав по содержанию кремния, марганца и углерода. Выплавленный в вагранке чугун должен иметь химический состав, близкий к заданному.

На ГАЗе изменили конструкцию горновой части вагранки и устройство металлоприемника, в результате стали получать чугун со стабильным содержанием углерода не выше $2,7\%$. Высота горна от нижней кромки фурм равняется $220\text{--}240\text{ мм}$ за счет устройства набивного пода и металлоприемника у металлической летки в виде усеченного конуса. Под набивают, как обычно, формовочной смесью. Металлоприемник получают заформовыванием деревянного вкладыша. При загрузке холостой колоши металлоприемник заполняется крупным коксом.

Для выпуска металла из вагранки делают три летки диаметрами: нижняя 40 мм , средняя 35 мм и верхняя 30 мм . Первый металл выпускается из вагранки через нижнюю летку. После того как пойдет достаточно разогретый металл, нижняя летка заделывается и открывается верхняя, которая является рабочей на все время плавки. Средняя летка служит запасной на случай выхода из строя нижней или верхней.

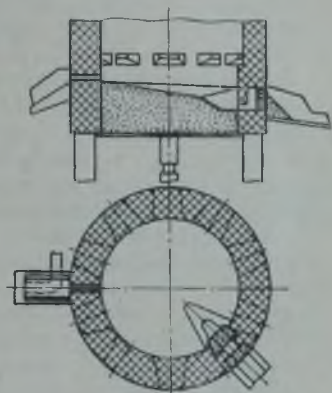


Рис. 195. Схема изменения горновой части вагранки при выплавке низкоуглеродистого чугуна

Для отделения шлака внутри вагранки и выпуска его отдельно от металла между металлической леткой и внутренним рядом футеровки вагранки устроен вертикальный канал (от пода металлоприемника до верхней металлической летки). Канал сообщается с металлоприемником через отверстие во внутреннем ряду футеровки горна, расположенное на уровне пода металлоприемника и нижней металлической летки (рис. 195).

Выпуск металла производится непрерывно в миксер. В процессе плавки необходимо следить за количеством подаваемого в вагранку воздуха. При завышенном количестве дутья металл сильно окисляется и в отливках образуются трещины и недоливы. Количество подаваемого в вагранку воздуха зависит от диаметра вагранки в поясе плавления. Так, для вагранки диаметром 1550 мм воздуха необходимо подавать около $135\text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 м^2 сечения плавильного пояса. Опускание шихты в шахте более чем на одну колошу в процессе плавки не допускается.

При остановках вагранки более чем на 30 мин следует давать пересыпку из отборного кокса размером $40\text{--}100\text{ мм}$. Выпуск

шлака из вагранки необходимо производить периодически через 20 мин, не допуская ухода металла в шлаковую летку и шлака в металлическую.

В случае повышенного содержания серы в чугуна (от 0,1 до 0,12%) первые 3—4 колоши чугуна следует подвергать обессериванию кальцинированной содой. Чугун после обессеривания содержит 0,06—0,08% серы. Для выравнивания химического состава белого чугуна, полученного из вагранки, можно рекомендовать установку одного миксера на две вагранки. Миксер устанавливают между двумя работающими вагранками, а их сливные желоба соединяют над миксером в один желоб.

В литейных цехах ковкого чугуна белый чугун часто получают дуплекс-процессом вагранка—электропечь. Выплавленный в вагранке чугун заливают в электропечь для доводки его по химическому составу и температуре. Перед заливкой форм жидкий чугун подвергают модифицированию с целью ускорения процесса отжига чугуна в отжигательных печах.

Модифицирование белого чугуна. Модифицирование жидкого чугуна различными модификаторами значительно сокращает время отжига за счет ускорения процесса графитизации, повышает механические свойства ковкого чугуна, способствует получению в белом чугуне пластинчатого графита. В качестве модификаторов применяют алюминий, висмут и бор.

Алюминий присаживают в разливочные ковши в начале их заполнения чугуном или непосредственно перед заполнением. Алюминий вводят в жидкий чугун в кусках небольших размеров в количестве не более 0,01—0,15% от веса жидкого чугуна и содержание его в чугуне не должно превышать 0,015—0,020%, иначе в толстостенных отливках могут выделяться черные пятна пластинчатого графита. Температура металла при модифицировании должна быть не ниже 1400—1500° С.

Висмут и бор как модификаторы присаживают в струю металла из электропечи. Одновременно с висмутом и бором вводят и алюминий в виде компактных литых кусков весом 0,12—0,15 кг. По данным ГАЗа модификатор вводят в жидкий чугун в следующих количествах: бора — 0,0027% и висмута 0,0035% к весу жидкого чугуна. При этом средняя продолжительность общего времени отжига тонкостенных отливок из модифицированного чугуна составляет 36 ч вместо 46 ч.

Бор способствует графитизации. Он вводится в чугун в виде ферросиликоборала и ферробора в количестве 0,002—0,01% от веса чугуна. Механические свойства чугуна при таком количестве бора заметно не улучшаются, но процесс отжига ускоряется. При толщине стенок отливок до 15 мм оптимальная добавка бора составляет 0,003—0,005%.

Висмут до 0,003% вводится в ковш с жидким чугуном для надежного получения структуры белого чугуна. При модифи-

цировании белого чугуна комплексным модификатором (висмут, бор и алюминий) висмут сильно переохлаждает чугун и способствует надежному получению структуры белого чугуна.

Модификаторы — цирконий и титан являются графитизирующими элементами. Увеличение центров графитизации в модифицированном белом чугуне указанными модификаторами происходит за счет увеличения их в зонах расположения остаточного цементита в виде включений (возможно свободного углерода), которые можно наблюдать при увеличениях в 6000—8000 раз.

§ 4. ПРОЦЕСС ОТЖИГА БЕЛОГО ЧУГУНА

Отливки из белого чугуна после отделения литников и очистки укладывают на поду печи (если отжиг производят в электрических печах или в печах с защитной атмосферой) или в специальные горшки (ящики) из жароупорной стали, устанавливаемые в стопки.

Отжиг отливок на ферритный ковкий чугун производят в нейтральной среде. При небольших масштабах производства отжиг производится в камерных печах периодического действия, а в крупносерийном и массовом производстве в печах непрерывного действия и электрических печах элеваторного типа. Печи элеваторного типа нашли широкое применение в автомобильной промышленности, так как в них можно регулировать температуру с точностью до $\pm 10^\circ\text{C}$.

Температурный режим отжига ковкого чугуна для отливок массой 5—10 кг и толщиной стенки 10—15 мм изображен на рис. 196.

Химический состав белого чугуна до отжига: 2,5—2,75% С; 0,95—1,15% Si; 0,35—0,45% Mn; 0,13—0,17% P; до 0,12% S; 0,05—0,06% Cr; 0,015—0,025% Al. Чугун подвергают модифицированию висмутом, бором и алюминием.

Отжиг по графику (рис. 196) производится в электрических печах элеваторного типа емкостью 25 т.

Первая стадия отжига заключается в нагреве отливок до температуры 950—970° С с длительной выдержкой при этой температуре. При этом происходит распад цементита с образованием аустенита и графита. Время нагрева зависит от конструкции отжигательной печи, массы садки в печи, массы отливки и толщины стенок отливки. Чем больше масса садки печи, тем больше время нагрева. Выдержка зависит главным образом от толщины

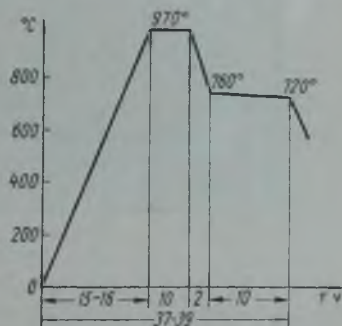


Рис. 196. График режима отжига ковкого чугуна, модифицированного алюминием, висмутом (0,008%) и бором (0,002%)

стенки отливки и ее массы. Чем больше толщина стенки отливки и ее масса, тем дольше выдержка при первой стадии графитизации.

Вторая стадия графитизации заключается в переходе эвтектонической критической температуры, которая в зависимости от состава чугуна лежит в пределах $740-780^{\circ}\text{C}$. При этом происходит превращение аустенита в перлит и разложение цементита, входящего в состав перлита, на феррит и углерод отжига в виде мелких пятен. Отжиг на ферритный ковкий чугун длится, согласно приведенному графику, 37—39 ч.

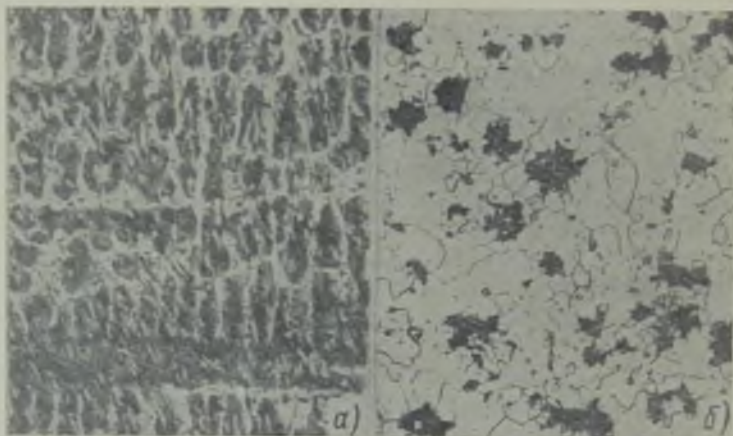


Рис. 197. Микроструктура ($\times 200$):

а — белого чугуна до отжига ($\text{П} + \text{Ц}$); б — ферритного ковкого чугуна после отжига ($\text{Fe} + \text{C}_{\text{отж}}$)

Продолжительность отжига зависит от ряда факторов:

Химического состава чугуна. Чем больше в чугуне графитизирующих элементов, таких, как кремний, углерод, титан и др., тем быстрее идет процесс отжига, и наоборот.

Структуры исходного белого чугуна в отливках. Чем мельче структура, которая получилась в результате перегрева чугуна и быстрого охлаждения отливок, тем быстрее идет процесс отжига.

Массы садки отливок в печи. Чем больше садка печи и чем толще стенки отливки, тем медленнее идет процесс отжига, и наоборот.

Температуры нагрева чугуна в первой стадии, которая также имеет большое влияние на ускорение процесса отжига. Чем выше температура первой стадии графитизации, тем быстрее идет процесс отжига, но ее нельзя повышать до 1000°C , так как при более высокой температуре отливки сильно коробятся и их очень трудно править, а зачастую и вовсе выправить невозможно.

Конструкции отжигательной печи, оказывающей большое влияние на ускорение процесса отжига. Например, в методических печах проходного типа с защитной атмосферой, где укладка от-

ливков происходит без тары, на поддоны, на отливках нет окалины и процесс отжига значительно сокращается.

Структуры белого и ферритного ковкого чугуна приведены на рис. 197.

Отжиг отливок на перлитный ковкий чугун. Отливки до отжига имеют средний химический состав: 1,8—3,0% С; 0,7—1,1% Si; 0,35—1,0% Mn, до 0,18% P; до 0,12% S и до 0,08% Cr.

Для отжига отливки после отбивки литников и очистки от пригоревшей формовочной смеси укладывают в ящики и засыпают железной рудой, затем ящики закрывают крышками, замазывают глиной и ставят в печи. Процесс отжига ведется в окислительной атмосфере с поверхностным обезуглероживанием.

На рис. 198 приведен график режима отжига на перлитный ковкий чугун. Процесс отжига заключается в нагреве отливок в печи до 950—1100° С с длительной выдержкой их при этой температуре. Во время нагрева и выдержки структурно-свободный цементит распадается на углерод отжига, структура чугуна состоит из аустенита и углерода отжига. При охлаждении во второй стадии отжига аустенит превращается в перлит, структура состоит из перлита и углерода отжига. После отжига содержание углерода отжига в чугуне уменьшается. В процессе обезуглероживания отливок происходят следующие реакции:

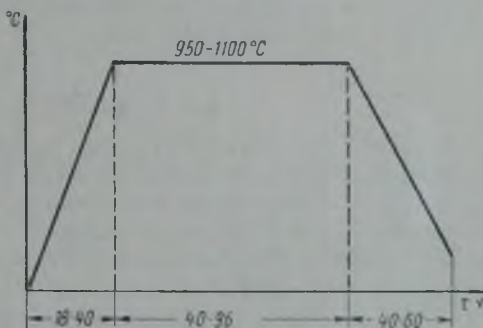
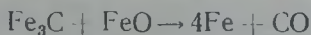


Рис. 198. График отжига белого чугуна на перлитный ковкий чугун

Образовавшаяся окись углерода с рудой образует углекислоту. Перлитный чугун имеет серебристый излом и микроструктура отливок по сечению резко меняется: у поверхности металл имеет структуру феррита (обезуглероженный слой), к центру — перлитно-ферритную структуру или перлитную с углеродом отжига. Перлитный ковкий чугун имеет меньшее удлинение, чем ферритный чугун, поэтому его применяют для менее ответственных отливок фитингов, ниппелей, гаек и др.

После отжига отливки подвергают контролю по макроструктуре, механическим свойствам и микроструктуре. Для определения макроструктуры на отливках делают приливы (свидетели)

и после отжига их отбивают для осмотра излома. Излом ковкого ферритного чугуна должен быть черносердечный с небольшой ферритной каймой. При недостаточно отожженных отливках приливы имеют светлый излом. Такие отливки подвергают вторичному отжигу. Излом перлитного ковкого чугуна должен быть светлым. Такой чугун называют иногда белосердечным.

Для определения механических свойств ковкого чугуна отливают образцы. Заливка образцов производится по-сырому. Образцы испытывают после отжига без механической обработки. Размеры литых образцов следующие: диаметр 16 мм, расчетная длина 70 мм и общая длина 190 мм. Образцы ковкого чугуна испытывают на растяжение.

§ 5. ОЧИСТКА ОТЛИВОК

Отливки из ковкого чугуна подвергаются двойной очистке до отжига и после. Очистка отливок из белого чугуна до отжига производится для выявления бракованных отливок, чтобы их не отжигать, для отделения формовочной смеси от поверхности отливки, отделения заливок и заусенцев, которые после отжига труднее удалять. Литники и прибыли легко удаляются, поэтому их отбивают молотками или кувалдой вручную. Эту работу необходимо производить аккуратно, ввиду хрупкости отливок. Дальнейшие операции очистки отливок осуществляют такими же средствами, как и обычных чугунных отливок.

Отливки после отжига очищают от окалины и формовочной смеси. Остатки литников и прибылей удаляются на специальных прессах, пневматическими молотками и на зачистных автоматах. Правка отливок из ковкого чугуна производится после отжига, очистки и удаления остатков литников и выпоров; отливки, засыпанные перед отжигом песком, имеют небольшое коробление и поэтому их или вовсе не правят или производят незначительную правку. При отжиге без засыпки песком отливки коробятся значительно и поэтому почти 100% отливок приходится править в специальных штампах на прессах; для этой цели применяют падающие молоты, фрикционные и гидравлические прессы. Наибольшее применение в поточно-массовом производстве в автомобильной промышленности нашли фрикционные прессы ФА123 и ФА125 мощностью 100 и 180 т. Гидравлические прессы применяют главным образом для правки отливок сложной конфигурации и больших габаритных размеров. В настоящее время широко применяют прессы П457 (усилие — 200 000 кг).

Часть отливок подвергается после правки окраске по такому же технологическому процессу, как и отливки из серого чугуна. На рис. 199 приведена схема очистного и отжигательного отделений ковкого чугуна. Отливки после выбивки подаются пластинчатым транспортером 1 в барабаны 2 непрерывного действия, в ко-

торых производится очистка и отбивка литников. После очистки отливки ленточным транспортером подаются на сортировку, а затем по подвесному конвейеру 3 к отжигательной печи 5. Загрузка отливок в печь осуществляется на тележках 4.

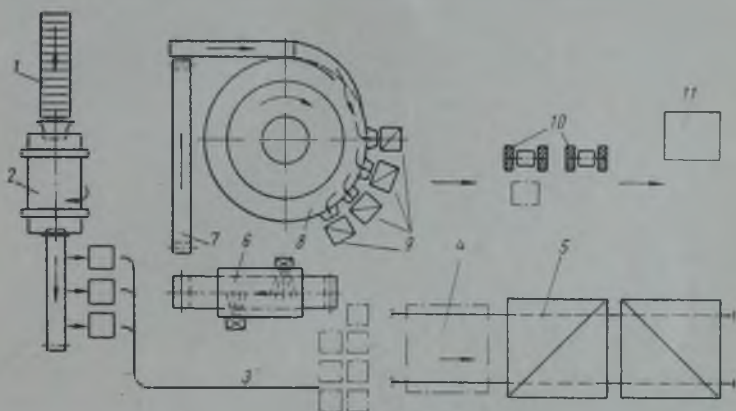


Рис. 199. Схема очистного и термического отделения цеха ковкого чугуна автомобильного завода

Отожженные отливки поступают на очистку в дробеметную камеру 6, после этого они подаются ленточным транспортером 7 на распределительный стол 8 (карусельный) для сортировки отливок по бункерам 9. Зачистка заусенцев на отливках производится наждаками 10, а правка их — на прессе 11.

ГЛАВА II

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ

§ 1. СТАЛИ ДЛЯ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК

Детали из углеродистой стали широко применяются в различных отраслях промышленности. Это объясняется тем, что сталь, в отличие от других сплавов, обладает высокими прочностью и пластичностью, а также выдерживает значительные напряжения при переменной и ударной нагрузках. При выборе стали следует учитывать требования, предъявляемые к детали в процессе эксплуатации. В литейном производстве условно разделяют углеродистую сталь на низкоуглеродистую, среднеуглеродистую и высокоуглеродистую.

Низкоуглеродистая сталь содержит 0,09—0,2% С; 0,5—0,6% Мп; 0,15—0,25% Si; до 0,08% Р и не более 0,03% S. Из

низкоуглеродистой стали изготавливают отливки для электротехнической и машиностроительной промышленности. После термической обработки, цементации они подвергаются закалке для получения высоких механических свойств. Механические свойства после такой термообработки: $\sigma_b = 42 \div 50 \text{ кг/мм}^2$ ($420 \div 500 \text{ Мн/м}^2$), $\delta_s = 20 \div 25\%$. Низкоуглеродистые стали имеют плохие литейные свойства: пониженную жидкотекучесть, повышенную склонность к окислению и образованию горячих трещин в отливках.

Поэтому более широкое применение нашли **среднеуглеродистые стали**, состав которых колеблется в широких пределах: 0,2—0,45% С; 0,6—0,9% Мп; 0,2—0,45% Si; 0,03—0,05% Р; 0,03—0,05% S. Эти стали имеют более высокие литейные свойства: хорошую жидкотекучесть, меньшую склонность к образованию горячих трещин, газонасыщаемости. Механические свойства среднеуглеродистых сталей: $\sigma_b = 40 \div 55 \text{ кг/мм}^2$ ($400 \div 550 \text{ Мн/м}^2$), $\delta_s = 23 \div 12\%$.

Высокоуглеродистые стали применяются для отливок, работающих в условиях тяжелого абразивного износа: брони шаровых мельниц, щек дробилок и т. д. Обычно такие детали механически не обрабатываются. Из высокоуглеродистых сталей изготавливают также отливки, подвергающиеся сложной термической обработке: закалке и отпуску. Высокоуглеродистые стали имеют состав: 0,45—0,5 и более % С; 0,5—0,8% Мп; 0,04—0,05% Р; 0,04—0,05% S.

Высокоуглеродистые стали имеют хорошие литейные свойства: высокую жидкотекучесть, малую склонность к образованию горячих трещин. Однако высокоуглеродистая сталь имеет низкую теплопроводность, а поэтому увеличивается опасность возникновения в отливках напряжений. При обрубке таких отливок нельзя применять ацетилено-кислородную резку прибылей и выпоров, а также пламенную очистку их поверхности.

Легированные стали применяют для изготовления отливок, к которым предъявляются специальные требования: жаростойкость, износостойкость, жаропрочность, коррозионная стойкость. К таким деталям относятся звенья цепей в конвейерных нагревательных печах, коробка для термообработки стальных деталей, шестерни мостовых кранов, экскаваторов, траки гусениц тракторов, детали паровых и газовых турбин.

В зависимости от количества легирующих элементов легированные стали условно разделяют на три группы: низколегированную, среднелегированную и высоколегированную. Низколегированная сталь имеет микроструктуру, не отличающуюся от обычной углеродистой стали, но макроструктура ее более мелкая; это улучшает механические свойства отливок. В микроструктуре среднелегированной и высоколегированной стали появляются аустенит, мартенсит, троостит, сорбит, что придает стали те или иные особые свойства.

Марганцевая литейная сталь бывает низколегированная (до 2% Mn), среднелегированная (2,5—4% Mn) и высоколегированная (до 20% Mn). Низколегированная марганцевая сталь имеет повышенные механические свойства по сравнению с обычной углеродистой, а по литейным свойствам не отличается от нее. Среднемарганцевая сталь имеет повышенную износостойкость, высокую прочность, но невысокие пластические свойства. Из нее изготовляют шестерни, кулачки и другие детали, работающие на износ.

Наибольшее распространение получила высокомарганцовистая сталь ПЗЛ (до 13% Mn). Эта сталь хорошо работает на износ с ударом и применяется для траков гусеничных машин, зубьев ковшей экскаваторов.

С увеличением содержания марганца в стали улучшается жидкотекучесть, но увеличивается усадка, склонность к образованию горячих трещин, окисных плен в отливках.

Хромистая литейная сталь бывает низколегированной (1—2% Cr), среднелегированной (3—5% Cr) и высоколегированной (30% Cr).

Низколегированная хромистая сталь хорошо противостоит истиранию, имеет высокую прочность, но недостаточно пластична. Дополнительное легирование этой стали молибденом, ванадием и вольфрамом позволяет увеличить предел прочности ее до 190 кг/мм^2 (1900 Мн/м^2).

Среднелегированные хромистые стали обладают повышенной прочностью при высоких температурах, а также хорошо сопротивляются коррозии в некоторых химических веществах.

Высокохромистые стали (13—30% Cr) обладают повышенной жаростойкостью даже при температурах около 1100°C .

Хромистые литейные стали обладают невысокой жидкотекучестью, а высоколегированные — значительной усадкой и склонностью к образованию усадочных раковин и трещин. Для лучшего заполнения формы хромистые стали перед разливкой перегревают и скорость заполнения формы увеличивают почти в 2 раза по сравнению с обычной углеродистой сталью.

Хромоникелевая литейная сталь обладает высокими конструктивными свойствами: повышенной прочностью, пластичностью, коррозионной стойкостью и жаропрочностью. Низколегированные хромоникелевые стали содержат 1—2% Cr; 1,5—3% Ni; 0,2—0,5% С и обладают повышенной прочностью.

Хромоникелевые нержавеющей стали 1Х18Н9Л содержат 0,1—0,4% С; 0,8—1,0% Si; 0,4—0,6% Mn; 17—19% Cr; 7—9% Ni, обладают повышенной жаростойкостью и применяются для деталей паровых и газовых турбин и других деталей, работающих при высоких температурах.

Хромоникелевые литейные стали имеют жидкотекучесть ниже, чем обычные углеродистые стали. Для хорошего заполнения формы

эти стали перегревают и применяют высокую скорость заливки. При затвердевании образуется крупнозернистая макроструктура, что способствует образованию в отливках горячих трещин. Поэтому для отливок из таких сталей необходимо подводить металл рассредоточенно, избегать местного перегрева; формы и стержни делать податливыми и для каждой отливки подбирать оптимальную температуру заливки.

Кремнистые литейные стали обладают повышенной сопротивляемостью износу, а также химической стойкостью. Низколегированные стали содержат до 2% Si, а высоколегированные до 20% Si. Высоколегированные стали обладают высокой твердостью (*НВ* 500) и хрупкостью. Низколегированные стали обладают повышенной склонностью к образованию горячих трещин в отливках, а высоколегированные — холодных, поэтому необходимо делать формы и стержни податливыми и охлаждать отливки медленно и равномерно.

Кроме этого, в промышленности применяют **медистые литейные стали**, которые используют для литых коленчатых валов, поршней и т. д., а также вольфрамовые литейные стали. **Вольфрамовые литейные стали** применяют для изготовления режущего инструмента. Это стали типа Р, РФ1, РФ2. Они обладают плохими литейными свойствами: малой жидкотекучестью и повышенной усадкой.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВКИ

При разработке технологии литейной формы необходимо предусматривать припуски на механическую обработку стальных отливок по ГОСТу 2009—55. Они принимаются большими по сравнению с отливками из чугуна и цветных сплавов из-за большой усадки стали и пригара формовочной смеси к отливкам. Вследствие высокой температуры стали формы должны изготавливаться из более огнеупорных формовочных и стержневых материалов. Кроме того, следует учитывать, что при соприкосновении жидкой стали с формовочной смесью окислы железа и марганца, соединяясь с кварцевым песком, ошлаковывают поверхность формы.

Сырые формы для отливок с чистой поверхностью изготавливают из бентонитовых формовочных смесей. Бентонитовая смесь по сравнению с жидкостекольной обладает хорошей пластичностью, лучшей формуемостью и огнеупорностью, но требует значительного уплотнения и хорошей вентиляции формы.

Бентонитовые смеси дают хорошие результаты при содержании влаги до 3,5% и при заливке в сырые формы отливок массой до 3000 кг. С увеличением содержания влаги уменьшается прочность сырой смеси и на отливках появляются «рванины» — следствия обгара формы.

Формы для стальных отливок, в отличие от форм для чугунного и цветного литья, должны иметь большую плотность формо-

вочной смеси для предохранения поверхности формы от размыва струей жидкой стали. Особенно сильно размываются литниковая воронка и литниковые каналы. Для выноса из формы смытых частиц формовочной смеси применяют открытые прибыли, увеличивают припуск на механическую обработку в верхней части отливки, а крупногабаритные формы при заливке металлом располагают с наклоном.

Переувлажнение формовочной смеси и содержание в ней значительного количества газотворных веществ способствуют образованию газовых раковин на поверхности отливки. Заниженная же влажность формовочной смеси (ниже 3,5%) препятствует хорошему уплотнению формы. При формовке по-сырому количество влаги не должно превышать 3,5—4,5%, а при формовке по-сухому 4,5—5,5%. Содержание в формовочной смеси углекислых солей и мела недопустимо, так как при высокой температуре они разлагаются и выделяют углекислый газ.

Чтобы устранить трещины в отливках, возникающие вследствие неравномерной усадки, формы изготавливают из податливых формовочных и стержневых смесей, не препятствующих нормальной усадке. Для увеличения податливости в формовочную смесь рекомендуется вводить 15—30% древесной или торфяной муки, которая во время сушки выгорает и образует пустоты, облегчающие усадку. В стержни для этой цели вводят патоку, декстрин и другие выгорающие добавки.

Готовые формы сразу после сборки следует заполнять металлом, так как длительно стоящие перед заливкой металлом формы выветриваются, осыпаются или сыреют.

Чтобы предупредить образование усадочной пористости, в подприбыльной части отливки ставят наружные или внутренние холодильники и применяют «утепленные» прибыли, при этом вводят термитную смесь в места формы, выполняющие прибыли.

Холодильники ускоряют процесс охлаждения утолщенных мест отливок и уменьшают напряжения, усадочные раковины и предотвращают возникновение горячих трещин в утолщенных местах отливки. Холодильники бывают внутренние и наружные. Они могут быть изготовлены из прутков проката и могут быть литыми.

Наружные холодильники устанавливают в той части стержня или формы, где необходимо ускорить отвод тепла из отливки при охлаждении ее в форме. Внутренние холодильники устанавливают внутри формы в местах скопления металла. Их изготавливают из металлических прутков, металлических полос и фасонных деталей из сплава того же состава, что и сплав отливки. Поверхность внутреннего холодильника должна быть чистой и свободной от ржавчины и окислов. Внутренние холодильники должны свариваться с металлом отливки. Для отливок из чугуна или цветных металлов применяют холодильники из чугуна или мягкой стали.

Наружные холодильники от приваривания их к отливке покрывают различными красками. Рекомендуется холодильники окрашивать суриком и формовочной краской. Холодильники перед установкой в форму (рис. 200) должны быть тщательно очищены от грязи, масла и окалины. В тех случаях, когда используют внутренние холодильники, о которых заранее известно, что они не расплавляются, применяют стальной пруток, который при механической обработке высверливают из отливки.

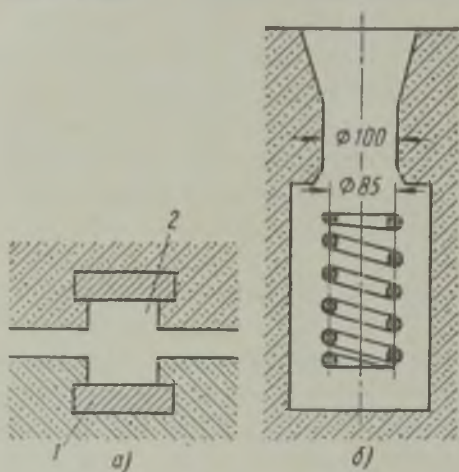


Рис. 200. Схемы установки холодильников в форме:

a — внешний; *б* — внутренний; *1* — холодильник; *2* — форма

Г. М. Дубицкий рекомендует для определения суммарной площади сечения питателей формулу (6).

Время заполнения формы жидким металлом следует определять по формуле

$$t = s \sqrt[3]{\delta G}, \quad (12)$$

где δ — средняя толщина стенок в мм;

G — масса отливки с литниками и прибылями в кг;

s — коэффициент времени.

Значение коэффициента s выбирается в зависимости от производственных условий и колеблется от 1,4 до 1,6.

Для отливок, склонных к образованию внутренних напряжений, трещин и усадочных раковин, значения коэффициента s желательнее увеличить на 0,1—0,2. Отливки, изготавливаемые в металлических или песчано-глинистых формах с большим числом холодильников, следует заливать быстрее и значение s для них следует уменьшить на 0,1—0,2.

По уравнению найденное время Г. М. Дубицкий рекомендует проверять следующим соотношением:

$$v = \frac{H}{t},$$

где H — высота отливки в $см$; t — время заливки в $сек$. При толщине стенок $\delta = 7 \div 10$ мм v не менее 20 мм/сек, при $\delta = 10 \div 40$ мм, не менее 10 мм/сек; $\delta \geq 40$ мм, $v = 8$ мм/сек. Если v окажется недостаточным, то нужно уменьшить время заливки или же изменить положение отливки в форме.

Соотношение сечений элементов литниковой системы по Г. М. Дубицкому: $F_n : F_{шл} : F_{ст} = 1,0 : 1,3 : 1,6$.

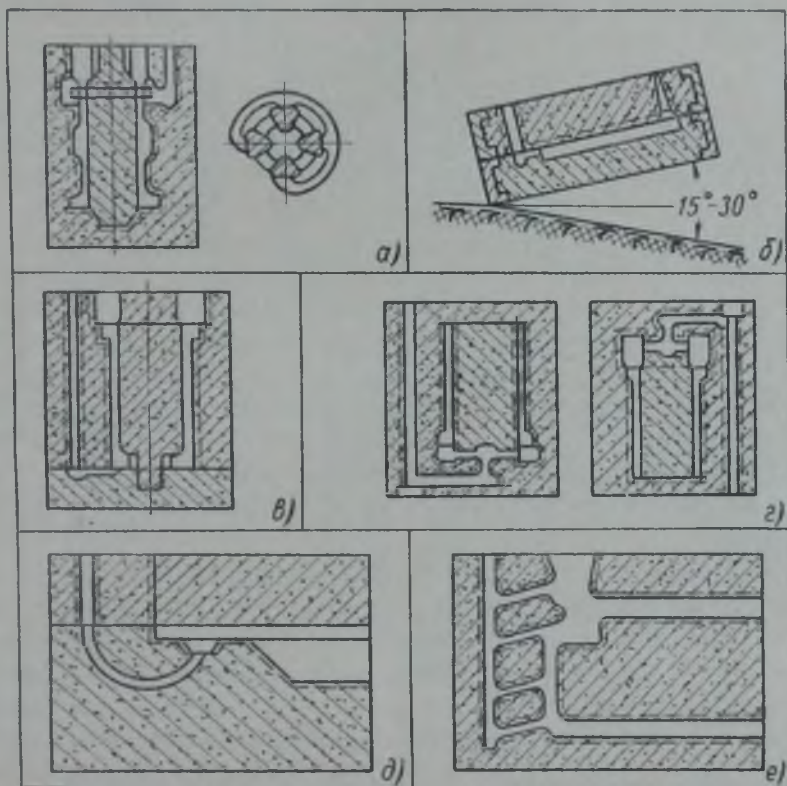


Рис. 201. Типовые конструкции литниковых систем для стальных отливок

Наиболее широко применяют в стальном литье сифонный или ступенчатый подвод металла, обеспечивающий спокойное заполнение формы. На литниковую систему с прибылями расходуется 25—50% от общей массы жидкого металла. Поэтому увеличение выхода годного литья можно достигнуть за счет уменьшения расхода металла на прибыли.

На рис. 201 приведены схемы литниковых систем для стальных отливок. Верхний подвод металла (рис. 201, а) применяется для широких отливок с небольшой высотой, заливка с наклоном формы (рис. 201, б) для отливок типа плит.

Сифонный подвод металла (рис. 201, в) имеет недостаток: в прибыль поступает более холодный металл. Однако возможна

заливка с кантовкой (рис. 201, *г*): после заливки формы наиболее горячий металл будет находиться в прибыли и обеспечит питание отливки. Иногда для плавного заполнения формы делают нижний подвод металла с помощью рожковой литниковой системы (рис. 201, *д*).

Для крупных отливок применяют многоступенчатую литниковую систему (рис. 201, *е*); в этом случае в прибыль поступает горячий металл. При подводе металла в форму необходимо соблюдать следующие правила: 1) металл следует подводить в полость формы наиболее короткими путями, чтобы предохранить форму от размыва и сократить расход металла на литниковую систему; 2) не делать литники вблизи выступающих частей формы и знаков стержней, не допускать удара струи металла о вертикальную стенку формы и направлять поток металла по продольной оси стенки отливки; 3) не рекомендуется размещать питатели около холодильников, так как они сильно разогреваются жидким металлом и не будут выполнять своего назначения; 4) подводить металл в тонкие части отливки следует несколькими питателями, чтобы предохранить от перегрева отдельные места отливки.

Литниковая система должна обеспечивать четкую направленность затвердевания отливок: прибыли должны заполняться горячим металлом. Основное отличие литниковой системы для стали по сравнению с чугуном — это применение прибылей для питания усадки отливки.

Прибыли должны устанавливаться на самые массивные части и не препятствовать свободной усадке отливки; кроме того, должно быть обеспечено легкое их отделение и несложная механическая обработка мест установки прибылей. В поточно-массовом производстве наиболее распространены прямые открытые прибыли, которые, помимо своего основного назначения — питания отливки, служат как бы резервуаром для всплывания неметаллических включений (засоров). Их преимущество заключается в удобстве сборки форм и возможности наблюдения за состоянием формы перед заливкой и в процессе заливки. Недостатком открытых прибылей (рис. 202, *а*) является зависимость высоты прибылей от высоты имеющихся в цехе опок и возможность засора формы через открытые прибыли, а также увеличенный расход металла на прибыли. Закрытые прямые прибыли (рис. 202, *б*) следует использовать для высоких опок, где применение открытых прибылей привело бы к чрезмерно большому расходу металла на прибыль. Отводные прибыли (рис. 202, *в*) устанавливают там, где необходимо питать узел отливки, находящийся в нижней половине формы, в тех случаях, когда нельзя поставить прямую прибыль, не изменяя конфигурации отливки. На практике очень часто применяют прибыли сферической формы. Это уменьшает расход металла на прибыли и увеличивает выход годного литья. Преимущество сфероидальных прибылей — высота их не связана с высотой опок.

Для улучшения работы прибылей важно, чтобы металл в прибыли оставался более длительное время в жидком состоянии (прибыль должна застывать позже отливки). С этой целью применяют специальные стаканы (рис. 202, *г*) из экзотермических смесей, состоящих в основном из термита. При заливке формы эта смесь разлагается с выделением большого количества тепла, которое и обогревает прибыль. Однако для крупных прибылей такие стаканы применять нецелесообразно, так как они сгорают раньше,

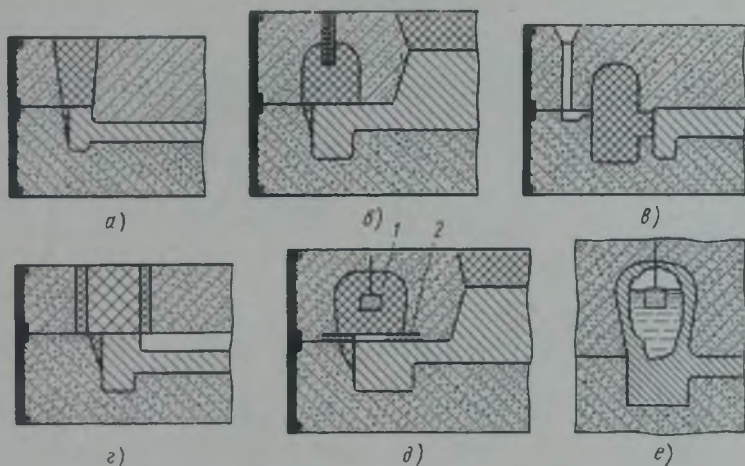


Рис. 202. Схемы установки прибылей на стальных отливках

чем прибыль закончит свое действие, и эффект их применения будет небольшим.

Чтобы обеспечить работу закрытой прибыли под атмосферным давлением, в форму устанавливают песчаный стерженек (рис. 202, *б*), вокруг которого металл не затвердевает, так как стерженек быстро прогревается до температуры одного порядка с температурой металла. По этому стерженьку воздух из атмосферы протекает в прибыль, которая и работает под атмосферным давлением.

Для улучшения работы прибылей и уменьшения расхода металла применяют прибыли, работающие под избыточным давлением. Это давление создается специальным патроном 1 (рис. 202, *д*), вставляемым внутрь формы. Патрон состоит из металлического корпуса и мелового заряда. После заливки формы жидким металлом стенки корпуса патрона расплавляются к моменту, когда на стенках формы уже образовалась достаточно прочная корочка твердого металла (рис. 202, *е*). Мел при нагревании разлагается, образуя газ, который и создает внутри прибыли избыточное давление. Давление улучшает условия заполнения усадочных пустот жидким металлом.

Для отделения прибылей от отливки применяют специальные тонкие керамические пластинки 2, которые, быстро прогреваясь, не охлаждаются перешеек между отливкой и прибылью и не препятствуют перетеканию металла из прибыли в отливку, но создают своеобразный надрез, позволяющий легко отделить прибыль от отливки.

Прибыль должна иметь достаточное сечение, затвердевать позже отливки и иметь минимальный, но достаточный объем, чтобы усадочная раковина не вышла за ее пределы.

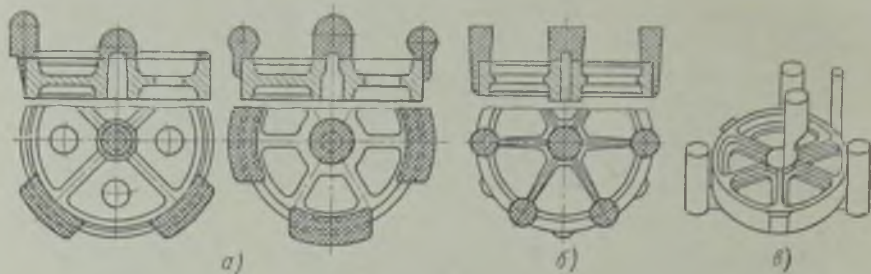


Рис. 203. Способы установки прибылей:
а — закрытых; *б* — цилиндрических; *в* — отводных

На рис. 203 приведены различные способы установки прибылей на отливках зубчатых колес диаметром от 500 до 1200 мм. Наружные холодильники часто применяют для борьбы с трещинами в тех случаях, когда нельзя ввести охлаждающие ребра на отливках. В стальных отливках горячие трещины и надрывы образуются при неправильной конструкции отливки, т. е. когда нет плавных переходов от тонкой части к толстой, а также при неправильном подводе металла к отливке. Надежным средством предупреждения образования горячих трещин в отливках является применение литейных ребер, удаляемых при обрубке. Толщина литейных ребер составляет 10—30% от толщины стенки отливки.

§ 3. ПЛАВКА СТАЛИ ДЛЯ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК

В литейных цехах применяют для плавки стали бессемеровские, мартеновские и электрические печи, дуговые и индукционные электропечи.

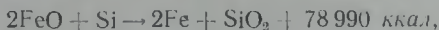
Плавка стали в малых бессемеровских конверторах. Малое бессемерование применяется для плавки стального фасонного литья в литейных цехах машиностроительных заводов. Это объясняется тем, что в конверторе можно получить сталь высокого качества и с более высокой температурой, чем в большом бессемеровском конверторе, применяемом в металлургическом производстве стали.

Малый бессемеровский конвертор (рис. 204) представляет собой грушеобразный стальной, футерованный диносовым кирпичом, сосуд, в котором сбоку имеются отверстия — фурмы (диаметр 30—45 мм). Конверторы с боковым дутьем строят емкостью от 500 до 3000 кг. К недостатку конверторного способа можно отнести то, что при кислоте процессе сера и фосфор не удаляются. Этот недостаток можно устранить продувкой чугуна кислородом, который понижает содержание закиси железа в шлаке, или переходом на основную футеровку.

Процесс плавки в малом бессемеровском конверторе происходит следующим образом. Выплавленный в вагранке чугун заливают в подогретый конвертор при помощи мерного ковша. Чугун, заливаемый в конвертор, имеет следующий химический состав: 3,2—3,5% С; 1,6—1,8% Si; 0,6—0,8% Mn, до 0,05—0,07% S. В залитый чугуном конвертор вдувается воздух под давлением 2,5 кг/см² (250 кн/м²) или кислород; конвертор устанавливается в вертикальное положение так, чтобы фурмы оказались над поверхностью металла.

Процесс плавки условно можно разделить на три периода.

В первом периоде при продувке воздухом металл окисляется по реакции: $Fe + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow FeO$. В первоначальный период продувки окисляется главным образом железо, а затем начинают выгорать сначала кремний и марганец за счет кислорода закиси железа, растворенной в металле:



Во втором периоде плавки, когда температура металла в ванне конвертора поднимается за счет тепла горения примесей чугуна

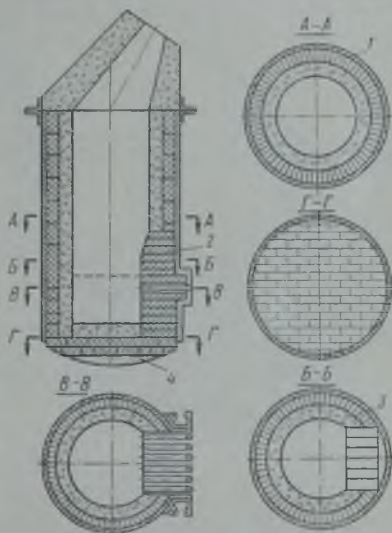
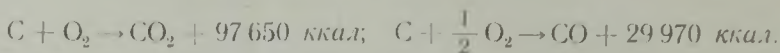
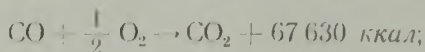
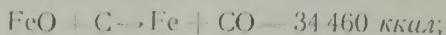


Рис. 204. Малый бессемеровский конвертор:

1, 2 — шамотный и диносовый кирпич; 3 — огнеупорная набивка; 4 — засыпка

кремния и марганца до 1450°C , начинает выгорать углерод по реакции



В результате металл обезуглероживается.

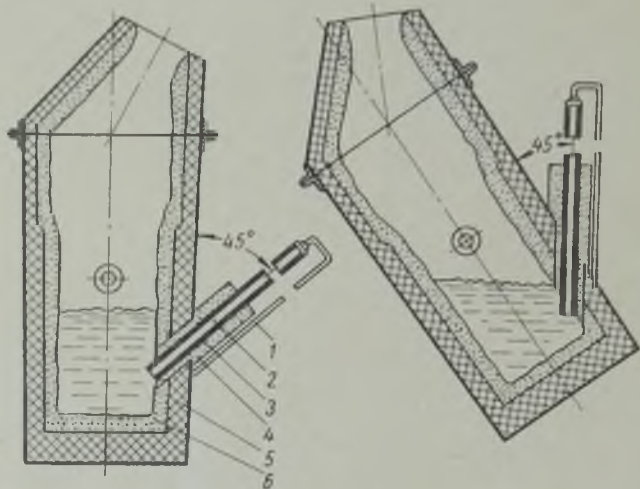


Рис. 205. Расположение кислородных форм в конвертере:

- 1 — медная трубка; 2 — кварцевая трубка; 3 — графитовый электрод;
4 — песчано-глинистая набивка; 5 — диафрагма; 6 — слой шлака

В третьем периоде догорают примеси чугуна, которые не успели выгореть в первом периоде, т. е. Si и Mn, по таким же реакциям, как в первом периоде. Когда выгорят все примеси, начинает появляться бурый дым, указывающий на конец плавки. Конвертор наклоняют и останавливают дутье. Весь процесс в малом бессемеровском конвертере длится 18—20 мин.

Для ускорения процесса плавки в конвертере и улучшения качества стали на Ново-Тульском металлургическом заводе применяют продувку кислородом через вертикальную фурму с водяным охлаждением (рис. 205). Вода подается под давлением 6—7 кг/см² (600—700 кн/м²). Расход воды 8—10 л/сек; фурму вводят в горловину. Стойкость фурмы до 100 плавков и выше. Футеровка конвертера основная. Процесс плавки начинается с засыпки в подогретый конвертор 5—8% извести от емкости садки металла, затем заливают чугун в конвертор, возвращают его в вертикальное положение и продувают чугун кислородом.

Кислород вдувают в жидкий чугун под давлением 4—8 кг/см^2 (400—800 кн/м^2). Фурма не доходит до уровня металла на 450—800 мм (считают от уровня ванны). Сталь можно получить с содержанием фосфора не более 0,045%. Расход воздуха на продувку тонны чугуна составляет 800 м^3 при давлении дутья 0,2—0,4 кг/см^2 (20—40 кн/м^2). Скорость подачи воздуха в конвертор емкостью 1,5 т должна быть не менее 75 $\text{м}^3/\text{мин}$, а в конвертор емкостью 2,5 т — до 100 $\text{м}^3/\text{мин}$.

Раскисление стали протекает по тем же реакциям, как и обычное раскисление стали. Легирующие элементы — никель, медь присаживаются вместе с чугуном, а хром, ванадий, молибден и другие присаживаются в ковш.

Особенности плавки в мартеновских печах. Сталь для фасонного литья плавят в мартеновских печах главным образом с основной футеровкой. Кислый мартеновский процесс плавки применяется редко. Для фасонного литья плавка стали в мартеновских печах ведется исключительно по способу скрап-процесса на твердой завалке.

Шихта состоит из 30—35% чугуна и 65—70% стального лома. Емкость садки мартеновских печей, применяющихся в литейных цехах, составляет 10—50 т , а на заводах тяжелого машиностроения до 100 т .

Для ускорения процесса плавки дутье обогащают кислородом или применяют сжатый воздух.

Особенности плавки в электродуговых печах. Плавка в электродуговых печах применяется при изготовлении мелкого и среднего стального литья. Емкость садки электропечей в фасонносталелитейных цехах колеблется от 0,5 до 10 т , а на заводах тяжелого машиностроения до 30 т . Выбор процесса плавки зависит от сорта стали и требуемой чистоты металла по сере и фосфору.

Печи с основной футеровкой применяют при изготовлении отливок ответственного назначения из высокопрочной конструкционной легированной или жаропрочной стали; в них можно получать сталь с низким содержанием серы и фосфора. Плавка стали в кислых электропечах производится только на чистых по содержанию серы и фосфора шихтовых материалах.

Наиболее простым и удобным в обслуживании сталеплавильным агрегатом является кислая дуговая электропечь. Общая продолжительность плавки составляет 160—180 мин . Для интенсификации процесса плавки в электропечах применяют кислород.

§ 4. ЗАЛИВКА, ОЧИСТКА И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Качество отливок во многом зависит от температуры заливки, поэтому необходимо стремиться производить заливку форм металлом с высокой температурой от 1550 до 1450° С, хотя при этом в отливках возникает больше напряжений и увеличивается склон-

ность к образованию горячих трещин. При заливке форм металлом с более низкой температурой в отливках появляется больше газовых раковин и шлаковых включений.

Металл в формы можно заливать из различных ковшей: стопорного, чайникового и др. Перед выпуском металла из печи ковши должны быть сухими и футеровка их нагрета докрасна, вследствие малой жидкотекучести стали; при недостаточном нагреве ковша металл в нем быстро охлаждается и в ковше образуются настывы, особенно при литье низкоуглеродистой стали.

Выбивка отливок из форм может производиться теми же средствами, что и отливок из серого и ковкого чугуна.

Очистка стальных отливок отличается от чугунных тем, что от стальных отливок труднее удалять литники и прибыли; их приходится отрезать кислородно-ацетиленовым пламенем или другими способами. Так как на стальных отливках больший пригар, чем на чугунных, то применяют, кроме обычных способов очистки, также газопламенную очистку и обрубку пневматическими молотками. Очистку стальных отливок производят до отжига и после. До отжига очищают пригоревшую формовочную смесь, а после отжига окалину, образующуюся при отжиге.

Термическая обработка отливок. Обычно проводят предварительную термическую обработку (отжиг или нормализация с отпуском) для снятия внутренних напряжений, смягчения стали для механической обработки и подготовки структуры к окончательной термообработке. Окончательная термообработка состоит из нормализации и отпуска или закалки и отпуска (табл. 42). Выбор режима термической обработки отливок зависит от химического состава стали, конструктивных особенностей отливок и технических условий.

Для углеродистой и низкоуглеродистой стали рекомендуются следующие виды термической обработки: отжиг для отливок, склонных по конфигурации к образованию значительных внутренних напряжений; нормализация — для простых отливок; норма-

Таблица 42

Рекомендуемые температуры нагрева в °С при термической обработке отливок из углеродистой и легированной сталей

Сталь	Предварительная термообработка: отжиг или нормализация	Окончательная термическая обработка			
		Нормализация	Отпуск	Закалка в масле	Отпуск
35Л	—	860—880	600—650	860—880	600—650
40Л	—	860—880	600—650	860—880	600—650
35ГЛ	—	—	—	850—870	600—650
40ХЛ	—	—	—	850—870	600—650
35ХМЛ	880—900	860—880	600—650	860—880	600—650
30ХНМЛ	880—900	860—880	600—650	860—880	600—650

лизация и отпуск — для отливок повышенного и особого качества, не склонных к сильному короблению при ускоренном охлаждении на воздухе.

Нормализация с отпуском повышает пластические свойства и ударную вязкость стали. При установлении режима термической обработки стальных отливок необходимо учитывать, что отливки можно загружать в печь, нагретую до температуры не выше 350°C . Если отливки имеют очень сложную конфигурацию и в них возникают внутренние напряжения, то при достижении в печи $650\text{--}700^{\circ}\text{C}$ рекомендуется делать выдержку в два раза меньшей продолжительности, чем при максимальной температуре отжига или нормализации. Отливки после выдержки при отжиге следует охлаждать вместе с печью до $300\text{--}350^{\circ}\text{C}$, мелкие и средние со скоростью $30\text{--}50$ град/ч, а более крупные и сложные $25\text{--}30$ град/ч.

Температура отпуска устанавливается в зависимости от требуемых механических свойств. При повышении температуры отпуска после нормализации пластические свойства улучшаются, а прочность несколько уменьшается. Выдержка при отпуске для отливок с толщиной стенки 25 мм составляет 2 ч, а для массивных отливок на каждые 25 мм толщины прибавляют сверх того 30 мин. После отпуска отливки охлаждают на воздухе, кроме тех случаев, когда возможно появление отпускной хрупкости; тогда отливки необходимо охлаждать в воде. Легированные отливки подвергают закалке в масле, а отливки из стали Г13Л (высокомарганцовистой) — закалке в воде. Для снятия напряжений после закалки отливки передают в нагретую печь для отпуска.

ГЛАВА III

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

В тех случаях, когда к отливкам предъявляют специальные требования, такие, как небольшая масса, высокая износостойкость и коррозионностойкость в различных условиях (на воздухе, в кислотах, морской воде) и т. п., широкое применение находят отливки из цветных сплавов. В машиностроении наиболее широко применяют сплавы на основе меди (медные сплавы), алюминия (алюминиевые), магния (магниевые) и на основе цинка (цинковые сплавы).

§ 1. МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Состав и свойства медных сплавов. Отливки из медных сплавов применяют во всех отраслях промышленности для изготовления арматуры, подшипников, шестерен, втулок и других деталей, работающих на трение. Медные сплавы значительно дороже

чугуна и стали, однако благодаря своим высоким антифрикционным и антикоррозионным свойствам до сих пор широко применяются в промышленности. Медь — дефицитный и дорогостоящий материал, поэтому конструкторы должны стремиться всюду, где это можно, заменить детали из медных сплавов чугунами, стальными, пластмассовыми, керамическими.

Чистая медь редко применяется для изготовления машиностроительных деталей, вследствие низких механических свойств. Поэтому чаще применяют сплавы на основе меди. Медные сплавы подразделяются на *бронзы* и *латуни*. Бронзы, в свою очередь, делятся на оловянные (сплавы меди с оловом) и безоловянные (сплавы меди с алюминием, железом, марганцем, никелем и др.). Латуни представляют собой сплавы меди с цинком, в которых могут содержаться также и другие элементы (кремний, алюминий, железо, марганец, свинец и др.).

Оловянная бронза представляет собой сплав меди с оловом (6—13%). Температура плавления оловянной бронзы 1000—1050° С, температура заливки 1100—1150° С. Оловянная бронза обладает хорошей жидкотекучестью, прочностью, твердостью и стойкостью против коррозии, но имеет небольшое удлинение. Механические свойства оловянной бронзы зависят от количества содержащегося в ней олова. С увеличением содержания олова прочность и твердость бронзы повышается, а относительное удлинение уменьшается. Цинк также улучшает жидкотекучесть бронзы и снижает температуру ее плавления, повышает предел прочности при растяжении и уменьшает твердость; стоимость сплава при этом снижается. Введение свинца улучшает его жидкотекучесть и антифрикционные свойства, а также обрабатываемость бронзы. Присадка 4—12% свинца в оловянную бронзу, содержащую 8—10% олова, значительно повышает ее антифрикционные свойства. Такой сплав применяется для изготовления вкладышей подшипников. Линейная усадка оловянной бронзы меньше 1%. Присадка алюминия в оловянную бронзу сильно снижает жидкотекучесть, ухудшает прочность и увеличивает пористость отливок. Допустимое содержание алюминия в бронзе 0,02%. Вредными примесями бронзы являются сурьма и железо. Оловянная бронза, в зависимости от ее назначения, изготавливается различных марок, например, Бр. ОЦС 6-6-3 применяется для втулок и арматуры, Бр. О10 — для подшипников, втулок и других деталей.

Фосфористая бронза, содержащая 10—11% Sn и около 1% P, обладает хорошими износостойкостью и литейными свойствами. Она применяется для изготовления подшипников и червячных шестерен.

Вследствие дефицитности олова и его высокой стоимости следует стремиться заменять оловянные бронзы безоловянными.

Безоловянные бронзы (свинцовая, алюминиевая, кремнистая) применяются для изготовления фасонных литых деталей. По своим

химическим и эксплуатационным свойствам они часто превосходят оловянную бронзу. Наиболее распространена алюминиевая бронза Бр. А 10, обладающая более высокой прочностью по сравнению с оловянной бронзой; высокой коррозионной стойкостью, износостойкостью и хорошей жидкотекучестью. Она применяется для отливок корпусов насосов, клапанов, водяной и паровой арматуры, втулок и вкладышей.

Марганцевая бронза Бр. АЖМц 10-3-1,5 применяется для отливок зубчатых колес, втулок, червячных венцов, подшипников и др.

Латунь. Содержание цинка в латуни для фасонного литья составляет 35—45%. Латунь отличается высокими литейными свойствами. Присадка свинца к латуни повышает ее жидкотекучесть. В литом состоянии латуни обладают высокой пластичностью. Для улучшения механических свойств в латунь вводят марганец, свинец, олово, алюминий, железо, кремний, никель. Такая латунь называется специальной.

Большое применение находят кремнистые латуни ЛК 80-3 и ЛКС 80-3-3, обладающие высокой жидкотекучестью. Отливки из кремнистой латуни хорошо обрабатываются. Кремнистая латунь ЛКС 80-3-3, содержащая свинец, обладает повышенными антифрикционными свойствами и более высокой, чем оловянная бронза, химической стойкостью в серной кислоте.

Латунь ЛМцОС58-2-2 применяется для изготовления червячных шестерен и втулок; ЛМцЖ 55-3-1 — для деталей морских судов, работающих при температурах выше 300° С (гребные винты, лопасти и т. д.); ЛМцЖ 52-4-1 — для авиационных деталей, несущих силовые нагрузки, подшипников, арматуры и др.

Особенности литейной формы для медных сплавов. Формы изготовляют из формовочных материалов, обладающих минимальной газотворной способностью, небольшой влажностью, максимальной газопроницаемостью и высокой огнеупорностью. Содержание углекислых солей в формовочной смеси должно быть не более 1%, ввиду того, что при 700—800° С соли диссоциируют, выделяя углекислый газ, который образует в отливках раковины или пористость. В табл. 43 приведены составы формовочных и стержневых смесей для отливок из медных сплавов (из практики ЗИЛ). Для отливок из бронзы и латуни можно применять также стержневые смеси, того же состава, что и для чугунного литья, но с более мелким песком.

Для стержней следует применять краску, состоящую из 60% талька и 40% бентонита и воды. Плотность краски 1,25 г/см³.

Изготовление форм для отливок из медных сплавов ничем не отличается от изготовления для чугунных отливок. Для простых отливок (типа втулок) из оловянной бронзы рекомендуется применять дождевую литниковую систему (рис. 206, а, б) или подвод металла сверху (рис. 206, в, г). На массивные фланцы в нижней части формы следует устанавливать холодильники 1, а в верхней

Состав и свойства формовочных и стержневых смесей для отливок из медных сплавов

Сплав	Состав в %					Физико-механические свойства			
	Кварцевый песок 1К02А (В)	Песок тамбовский П101	Наполнительная смесь	Добавка	Крепитель ПС	Влажность в %	Прочность на сжатие в кг/см ²	Прочность в сухом состоянии в кг/см ²	Газопроницаемость
<i>Формовочные смеси</i>									
Бронза	10,4	9,0	80,6	→	—	4,0—5,0	0,5—0,6	—	14
Латунь (кольца синхронизатора автомашины ЗИЛ-150)	—	6,0	89,2	4% молотого угля	—	4,0—5,0	0,5—0,6	—	14
<i>Стержневые смеси</i>									
Латуни и бронзы	86,0	11,4	—	2,3% сульфитной барды	0,1	3,5—4,5	0,06—0,08	5,0—7,0	60
Бронза (червячные винты для автомашин ЗИЛ-130)	98,9	—	—	—	1,14	3,5—4,5	0,03—0,05	4,0—6,0	90

части формы — прибыли и этажную литниковую систему с подводом в массивный фланец (рис. 206, *д*). Для коротких втулок с фланцем следует применять верхний подвод металла с установкой прибыли (рис. 206, *е*). При формовке втулок в горизонтальном положении можно подводить металл также двумя способами (рис. 206, *ж*). Для фасонной отливки (рис. 206, *з*) как при гори-

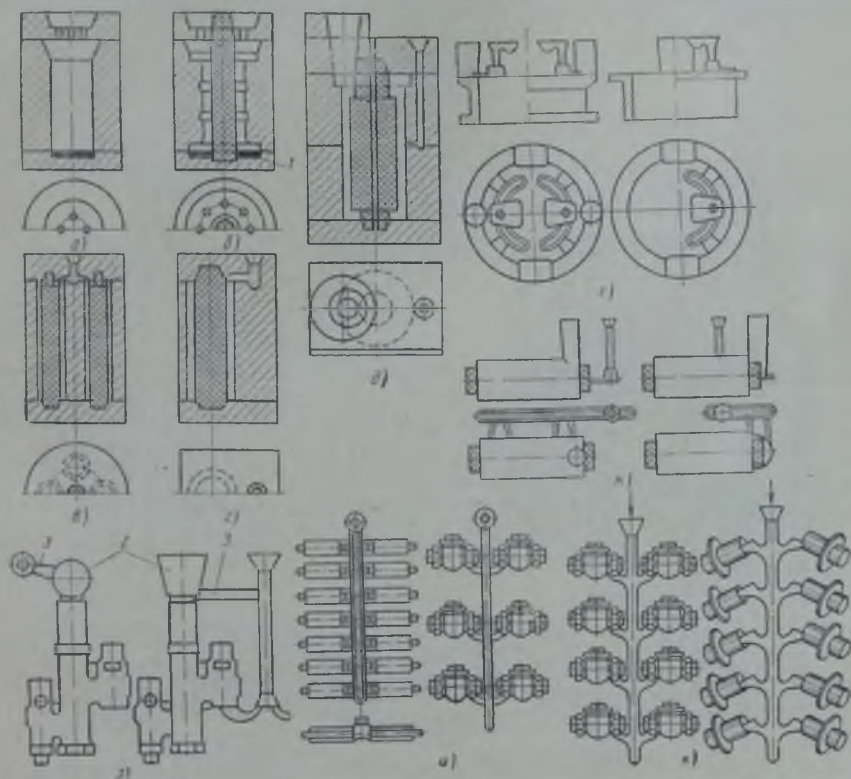


Рис. 206. Различные типы литниковых систем для литья оловянных бронз

зонтальном, так и при вертикальном расположении в форме на массивную часть следует устанавливать прибыль 2 и подводить к ней литник 3. Чтобы обеспечить плавное заполнение формы и устранить удар металла о стержень при горизонтальном расположении литникового хода, для отливки тройников (рис. 206, *и*) питатели следует располагать под углом, обратным направлению движения металла. Аналогично поступают и при вертикальной заливке тех же отливок (рис. 206, *к*). При изготовлении отливок из кремнистой бронзы и марганцевой латуни металл подводят снизу, в нижнюю прибыль. Кроме того, применяют литниковые фильтрующие сетки (рис. 207).

Особенности плавки медных сплавов. Медные сплавы плавят в тигельных, пламенных, дуговых и индукционных электропечах. К недостатку плавки в горне и в пламенных печах следует отнести большой расход топлива и высокий угар металла. Поэтому плавку лучше производить в дуговых электропечах или в тигельных печах с защитной атмосферой. На рис. 208 приведена схема тигельной печи для плавки латуни в защитной атмосфере азота. Из

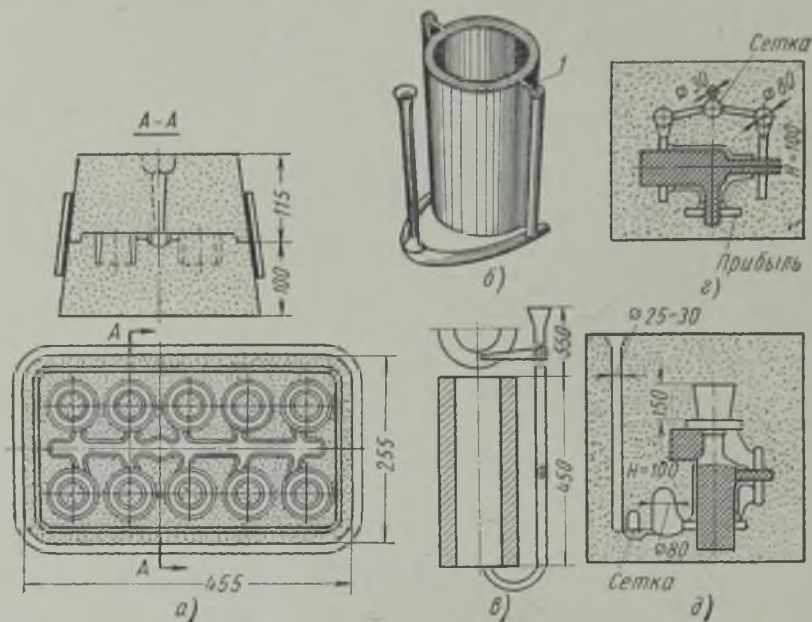


Рис. 207. Примеры технологии отливок из оловянной и кремнистой бронзы:

а — для отливок мелких втулок из оловянной бронзы; *б* — схема литниковой системы при отливке крупных втулок из фосфористой бронзы; *в* — подвод металла щелевым питателем; *г* — для отливки из кремнистой и марганцевистой бронзы

схемы видно, что тигель закрыт кожухом 1 и крышкой 5 с помощью рычажного приспособления 6. Металл плавится в тигле 2. Тигель нагревается мазутом с помощью форсунки 3. Азот подается в пространство между тиглем и крышкой 5, т. е. на поверхность расплавленного металла по трубке 4.

На рис. 209 приведена дуговая электропечь типа ДМК для плавки медных сплавов, в ней угар металла составляет 0,4—0,7% от веса шихты, а при переплавке стружки — 1,0—1,5%.

Плавка бронзы из чистых металлов производится следующим образом: на под печи типа ДМК насыпают древесный уголь, загружают медь и сверху снова насыпают древесный уголь. Перед загрузкой шихты футеровку печи тщательно очищают от остатков и окислов предыдущей плавки и печь прогревается до 600—700° С. По мере расплавления металла перемешивают, рас-

качивая печь. Если вся медь не вмещается в тигель за один прием, то остаток ее, предварительно подогретый, вводят в расплавленную жидкую медь. Когда вся медь расплавится и температура достигнет заданной, ее раскисляют фосфористой медью (0,3% от массы меди). В расплавленную и раскисленную медь вводят остальные элементы, например цинк, свинец, а затем сплав подогревают до заданной температуры.

Такое раскисление улучшает жидкотекучесть сплава и способствует удалению неметаллических включений. Литники, брак, отходы производства загружают в расплавленную медь. После их расплавления ванну раскисляют фосфористой медью из расчета 25% оставшейся от раскисления фосфористой меди. С поверхности металла счищают шлак и окислы металла, металл тщательно перемешивают.

Перед заливкой в формы металл еще раз раскисляют в ковшах 25% фосфористой меди (от расчетного количества).

Перед заливкой вводят олово при тщательном перемешивании.

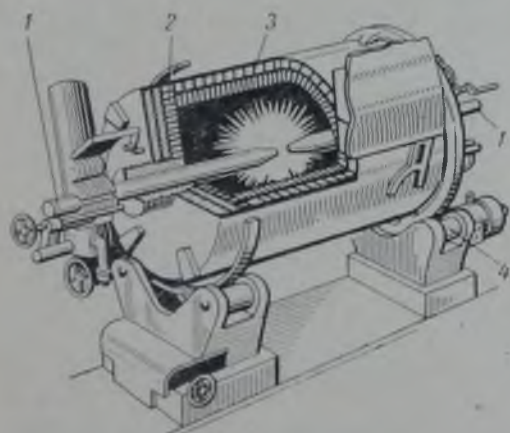


Рис. 209. Электрическая дуговая вращающаяся печь:

1 — электрод; 2 — футеровка; 3 — кожух; 4 — ролик

перегрев металла, предохранять металл защитными флюсами, имеющими температуру плавления ниже температуры плавления металла.

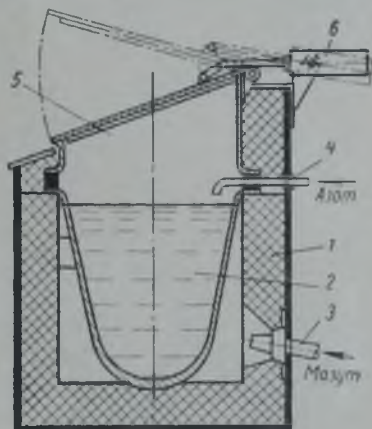


Рис. 208. Схема тигельной печи для плавки латуни в защитной атмосфере азота

Во время плавки дверка печи должна быть плотно закрыта. Температура металла в печи должна быть 1180—1230° С.

Перед выпуском металла ковши хорошо просушивают и прокачивают до температуры не ниже 700° С. Чтобы предохранить бронзу от чрезмерного окисления и появления пористости в отливках, необходимо сокращать продолжительность плавки, т. е. давать шихтовые материалы в хорошо разогретую печь, уменьшать

При плавке *алюминиевой бронзы* из чистых металлов и лигатур, т. е. промежуточных сплавов, алюминий вводят в сплав в виде лигатуры, состоящей из 50% алюминия и 50% меди, так как чистый алюминий сильно окисляется. Кроме того, применяют защитный флюс, состоящий из 60 вес. частей NaCl, 40 частей криолита. Масса флюса должна составлять 0,2% от массы жидкого металла. Температура заливки *алюминиевой бронзы* не выше 1150° С.

Кремнистую бронзу и латунь плавят под слоем древесного угля и флюса — буры. Флюс состоит из боя стекла и переплавленной буры в весовом соотношении 3 : 1. Флюс составляет 1—2% от массы металла. После расплавления и нагрева медь раскисляют фосфористой медью (0,2—0,3% от массы расплава меди). В расплавленную медь вводят медно-кремнистую лигатуру. Цинк и свинец добавляют в сплав после кремния, в конце плавки. В сплав вводят 90%-ный ферросилиций, из расчета 10% угара кремния. Одновременно с ферросилицием в сплав присаживают свинец.

Общее правило для плавки цветных сплавов, содержащих в шихте присадки с различной температурой плавления — это первоначальное расплавление самых тугоплавких компонентов и последующее присаживание более легкоплавких составляющих. Температура заливки *кремнистой бронзы* 980—1100° С. Плавку латуни лучше всего вести в индукционных печах с железным сердечником или в тигельных печах с защитной атмосферой. При плавке *алюминиево-железных* или *марганцевых бронз* и латуней сначала расплавляют железо или ферромарганец, а затем присаживают в малых количествах медь, а за ней алюминий в виде лигатуры. Медные сплавы имеют большую усадку и сравнительно легко окисляются с образованием на поверхности пленки окислов. Поэтому в целях предохранения отливки от спаев и неслитин, необходимо обеспечивать плавное заполнение форм и хорошее их питание.

§ 2. АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Алюминиевые сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности: авиационной, автомобильной, тракторной и других отраслях машиностроения. Они обладают высокой прочностью, хорошими литейными свойствами, коррозионной устойчивостью, теплопроводностью, электропроводностью, сравнительно малой усадкой и малой склонностью к образованию трещин. Поэтому из *алюминиевых сплавов* можно отливать сложные, прочные и плотные отливки — легкие, с хорошей обработаемостью.

В соответствии с химическим составом и свойствами различают пять групп *алюминиевых литейных сплавов*.

К *первой группе* относятся сплавы алюминия с кремнием — силумины, содержащие более 5% кремния, а также сплавы алю-

290

миния с кремнием и добавкой других элементов: магния, меди, марганца. К этой группе относятся сплавы АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ9. Сплавы этой группы имеют хорошие литейные свойства: малую усадку, высокую жидкотекучесть, хорошую герметичность, малую склонность к образованию горячих трещин.

Вторая группа — сплавы алюминия с магнием, содержащие магния более 4%, а также сплавы алюминия с магнием и другими элементами: марганцем, кремнием, бериллием, титаном. К этой группе относятся сплавы АЛ8, АЛ13, ВИ11-3. Эти сплавы обладают малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью. Подвергаются термической обработке для повышения механических свойств.

Третья группа — сплавы алюминия с медью, содержащие более 4% меди, а также алюминиево-медно-кремниевые сплавы. К ним относятся сплавы АЛ7 и АЛ12, а также сплав АЛ7В. Эти сплавы имеют пониженные литейные свойства и малую коррозионную стойкость.

Четвертая группа — сплавы с высоким содержанием цинка, более 4% (сплавы АЛ11 и В15). Они обладают большой плотностью и хорошими механическими свойствами, имеют наибольшую жидкотекучесть и склонность к образованию горячих трещин.

В пятую группу входят сплавы сложного химического состава (сплавы АЛ1, В14А, В300). Сплавы имеют повышенную жаропрочность, плохие литейные свойства и значительную склонность к образованию горячих трещин.

Отливки из алюминиевых сплавов во многих случаях подвергают термической обработке. Различают восемь видов термической обработки отливок из алюминиевых сплавов. Низкотемпературный отпуск (искусственное старение) применяется для улучшения обрабатываемости отливок и повышения механической прочности таких сплавов, как АЛ3, АЛ5. Отжиг применяется для снятия литейных или термических напряжений, а закалка для повышения прочности деталей из сплавов АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ7 и АЛ8. В некоторых случаях прочность сплава после термической обработки увеличивается почти в два раза, например у сплава АЛ8 прочность возрастает с 13 до 28 кг/мм² (130—280 Мн/м²).

Особенности литейной формы для алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы можно заливать в сырые, сухие и металлические формы.

Многие алюминиевые сплавы обладают склонностью к образованию газовой и усадочной пористости в отливках. Поэтому при выборе состава формовочных и стержневых смесей следует обращать особое внимание на их газотворную способность.

Для отливок из алюминиевых сплавов применяют мелкозернистые пески с добавкой глинистых песков вместо глины. Стержневые смеси (табл. 44) должны обладать большой податливостью,

Состав и свойства стержневых смесей для алюминиевого и магниевого литья

Класс стержня	Состав в вес. %				Свойства			
	Песок	Содержание песка	Связующие добавки	Содержание	Влажность в %	Газопроницаемость в сыром состоянии	Прочность в кг/см ²	
							на сжатие в сыром состоянии	на разрыв в сухом состоянии
<i>Алюминиевое литье</i>								
I	1К02А	100	Крепитель М и пектиновый клей	0,9—1,5 0,2—0,5	3—4	100	0,04—0,06	7,0—12
II—III	1К02А П01А	95—97 5—3	Крепитель М и пектиновый клей	1,5—2,0 0,3—0,7	3—5	80	0,06—0,10	7,0—15
<i>Магниевое литье</i>								
I	1К025А	100	Уайт-спирит, крепитель М, пектиновый клей и борная кислота	0,25 1,0—1,5 0,2—0,3 0,2—0,3	2—5	100	0,03—0,07	4—8
II	1К025А	97—95	Керосин, сера, крепитель М и пектиновый клей	0,25 0,5—1,0 1,7—2,5	2,5—5,5	80	0,06—0,15	4—9
	П016А	3—5						
III	1К025А стержневые отходы	50—70	Керосин и сера,	0,25 0,5—1,0	2,5—5,5	60	0,06—0,15	5—10
		50—30	крепитель М и пектиновый клей	1,25—1,5 2,0—3,0				

а крепители выгорать при сравнительно низкой температуре. При изготовлении отливок в песчаных формах для увеличения скорости охлаждения сплава и получения отливки с меньшей пористостью в большинстве случаев применяется формовка по-сырому. Формовочные смеси для алюминиевых отливок содержат 80—90% отработанной смеси и 3—10% свежих песков (П01 или 1К02А, или П02А). Прочность на сжатие сырых образцов формовочной смеси 0,25—0,4 кг/см² (25—40 кн/м²). Газопроницаемость уплотненного поверхностного слоя формы 25—50 единиц.

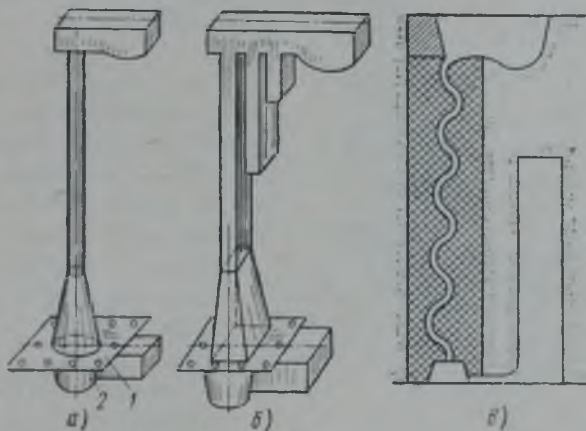


Рис. 210. Типы стояков:

а — цилиндрический; б — призматический, в — зигзагообразный; 1 — сетка; 2 — металлоприемник

При заливке в форму алюминиевые сплавы окисляются и окисные пленки могут захватываться струей жидкого металла и попадать в отливку. Поэтому литниковые системы для алюминиевых сплавов должны конструироваться так, чтобы движение расплава при заливке в форму было по возможности плавным, без завихрений. Это достигается уменьшением скорости движения металла от чаши к полости формы. Для этого делают незаполненные литниковые системы с сечениями элементов, постепенно расширяющимися от стояка к питателю:

$$F_{ст} : F_{шл} : F_{пит} = 1 : 2 : 4,$$

Для обеспечения плавного поступления расплава в форму и исключения попадания окислов и шлака в отливку устанавливают металлические фильтровальные сетки. Чаще всего применяют обычный цилиндрический или призматический стояк, а при большой высоте для ослабления ударного действия струи металла делают ступенчатую литниковую систему и зигзагообразные (змеевидные) стояки (рис. 210).

По данным исследований максимальная скорость движения сплава в стояке для алюминиевых сплавов должна быть 150 см/сек, а для магниевых 130 см/сек.

В формах для алюминиевых и магниевых отливок обычно делают вертикально-щелевую литниковую систему (рис. 211), при которой форма спокойно заполняется металлом.

Особенности плавки алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы легко окисляются при расплавлении, растворяют газы и вредные металлические примеси.

На поверхности расплавленного металла образуется прочная окисная пленка, которая предохраняет металл от дальнейшего окисления. Сплав может загрязняться окисью алюминия, которая не растворяется в расплавленном алюминии и может быть удалена только рафинированием. Вследствие того, что алюминиевые сплавы интенсивно растворяют газы, и главным образом водород, выделяющийся при кристаллизации металла, в отливках образуется пористость.

Для плавки алюминиевых сплавов очень важное значение

Рис. 211. Вертикально-щелевая литниковая система со змеевидным стояком:

1 — литниковая чаша; 2 — прямой и змеевидный стояк; 3 — шлакоуловитель; 4 — нижний питатель; 5 — щелевые питатели; 6 — выпор; 7 — отливка

имеет правильный подбор шихтовых материалов и выбор плавильного агрегата. Качественные алюминиевые сплавы можно получать только в условиях, предохраняющих расплав от загрязнения нежелательными примесями. В качестве шихтовых материалов применяют первичные металлы, первичные сплавы, лигатуры, отходы, литники, брак, стружку и т. п.

Алюминиевые сплавы плавят в печах различных конструкций. В цехах мелкосерийного производства (до 30 т литья в месяц) применяют тигельные печи, работающие на мазуте, газе и электричестве или отражательные печи небольшой емкости. В цехах массового производства фасонных отливок применяют газовые, мазутные или электрические отражательные печи, электропечи сопротивления и индукционные печи большой емкости до 5 т.

В связи с тем, что алюминиевые сплавы не рекомендуется подвергать перегреву, так как они легко поглощают газы и окисляются, их не плавят в пламенных печах и дуговых электропечах. Тигельные печи применяют главным образом в цехах литья под

давлением и кокильного литья в качестве раздаточных печей. Но они малопроизводительны и требуют большого расхода топлива. В тигельных печах устанавливают литые чугунные тигли емкостью 125—300 кг. Для предохранения тигля от растворения во время плавки и от насыщения алюминиевого сплава железом, тигли изготавливают из чугуна (чугун с содержанием 8—11% алюминия) или футеруют. Тигель после окраски отжигают при 500—600° С в течение 3—5 ч. Срок службы чугунных тиглей 60—100 плавков. Расход мазута 11—20% от массы шихты. Производительность тигельных печей составляет 80—150 кг/ч, продолжительность плавки в печи с тиглем емкостью 250 кг—1,5—2,5 ч. Для стационарных печей, кроме чугунных, применяют графитовые тигли емкостью 150—300 кг. На рис. 212 показана тигельная печь для плавки алюминиевых сплавов.

Для плавки алюминиевых сплавов применяются также электрические печи типа САН, в которой спираль помещается над ванной. Спирали изготавливают из сплава никеля с хромом или никеля с хромом и железом (нихрома). Лучшие сорта нихрома выдерживают нагрев до 1150° С в течение 6—8 мес.

В печи делают две камеры, которые служат для загрузки шихты; в камерах металл прогревается до оплавления за счет тепла, развиваемого нихромовыми нагревательными стержнями. Жидкий металл из камер стекает в металлосборник, центральную часть печи, где он также подогревается теплом нагревательных спиралей до температуры разливки.

Емкость печей, применяемых в литейных цехах, достигает 3 т. Число плавков в сутки обычно 5. Угар металла невысокий (1%). Расход электроэнергии в печи емкостью 1,5—2 т составляет 550 квт·ч/т.

На рис. 213 показана печь сопротивления для плавки алюминиевых сплавов.

Для плавки алюминиевых сплавов применяются также низкочастотные индукционные электропечи с железным сердечником. Переменный ток, проходя через первичную катушку, создает вокруг нее переменное магнитное поле, замыкающееся через железный сердечник, и индуктирует в кольце расплавленного металла электродвижущую силу.

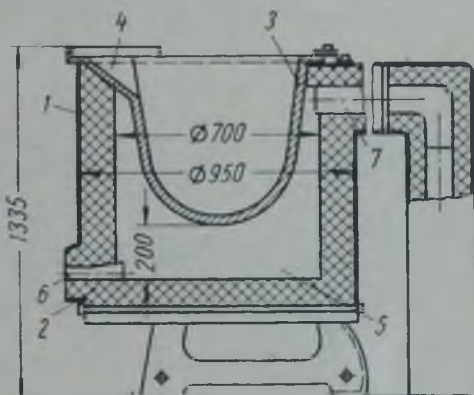


Рис. 212. Тигельная поворотная печь:
1 — кожух печи; 2 — футеровка печи; 3 — чугунный тигель; 4 — носок тигля; 5 — топчанная камера; 6 — форсунка; 7 — дымоход

Индуктируемый в кольце расплавленного металла вихревой ток выделяет тепло, зависящее от тока, сопротивления металла кольца и времени прохождения тока. В индукционных печах металл перемещается в ванне в процессе плавки за счет электромагнитных и тепловых явлений. Благодаря перемешиванию металла в ванне ускоряется процесс плавки, так как частицы нагретого металла вследствие меньшей плотности поднимаются, а частицы холодного металла, имеющие большую плотность, опускаются. Чем быстрее происходит смена металла в канале печи, тем скорее разогревается ванна и тем более производительнее работает печь.

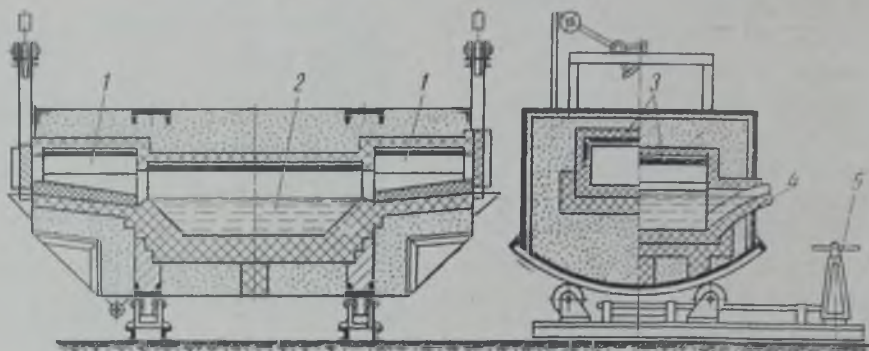


Рис. 213. Электрическая печь сопротивления для плавки алюминиевых сплавов:

1 — камера для загрузки шихты; 2 — металлосборник; 3 — нихромовые нагреватели; 4 — летка; 5 — привод наклона печи

Производительность печи можно повысить и за счет увеличения числа нагревательных каналов или сечений.

Индукционные печи с железным сердечником бывают емкостью от 30—60 кг до 6—8 т. В них металл во время плавки не соприкасается с газами печи; угар металла составляет 0,5—0,8%, а при переплавке стружки около 5%. Расход электроэнергии 380—450 квт/ч вместо 430—600 квт/ч при плавке в печи сопротивления.

Процесс плавки алюминиевых сплавов. В начале плавят чушковой алюминий и лом под слоем флюса (50% NaCl + 35% KCl + 15% Na₃AlF₆), а затем в ванну добавляют лигатуры для получения сплава определенного химического состава. Чтобы удалить газы из металла, ванну охлаждают до начала кристаллизации, а затем быстро нагревают до температуры выпуска металла. Иногда металл подвергают рафинированию (перед выпуском), для чего через жидкий расплав продувают в течение 5—8 мин газообразный аргон или вводят в ванну 0,2% хлористого цинка или гексахлорэтана C₂Cl₆ (под колокольчиком).

Силумины модифицируют, в жидкий металл вводят до 0,1% металлического натрия или смесь хлористого натрия с фтористым натрием.

§ 3. МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Магниевые сплавы широко применяют в авиационной, автомобильной, приборостроительной и других отраслях промышленности. Из магниевых сплавов изготовляют корпуса приборов, корпуса бурильных, пневматических и ручных инструментов, корпуса радиоаппаратуры, биноклей, фотокамер, пишущих машинок, детали моторов и др.

Сплавы на магниевой основе имеют незначительную плотность 1,74—1,92 г/см³, высокую прочность, хорошо обрабатываются резанием и хорошо воспринимают ударные нагрузки. При применении магниевых сплавов уменьшается масса машин.

Магниевые сплавы обладают химической стойкостью по отношению к щелочам, керосину, бензину и минеральным маслам. Наиболее часто для отливок применяют магниевые сплавы МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6.

Сплав МЛ1 содержит 1—1,5% кремния, имеет низкие механические свойства и плохо противостоит коррозии. Однако позволяет получать отливки повышенной прочности.

Сплав МЛ2 содержит 1—2% марганца, имеет плохие литейные свойства: малую жидкотекучесть, большую склонность к горячим трещинам и большую усадку; обладает высокой коррозионной стойкостью и поэтому применяется для отливок масляной арматуры.

Сплав МЛ3 имеет плохие литейные свойства: малую жидкотекучесть, большую склонность к горячим трещинам, большую усадку, но удовлетворительную коррозионную стойкость и не склонен к образованию микрорыхлот, а поэтому применяется для деталей, от которых требуется высокая герметичность (корпусы насосов и др.). Состав сплава: 2,5—3,5% Al; 0,5—1,5% Zn; 0,15÷0,5% Mn, сумма примесей не более 0,5%, остальное Mg.

Сплав МЛ4 применяется для литья в песчаные формы; при заливке в кокиль в отливках могут образоваться горячие трещины. Этот сплав не рекомендуется применять для отливок сложной конфигурации. Детали после термической обработки обладают высокой прочностью. Термическая обработка заключается в закалке или в закалке и искусственном старении. Состав сплава МЛ4: 5—7% Al; 2—3% Zn; 0,15—0,50% Mn; 0,25% Sn; 0,15% Cu; сумма примесей 0,6%, а остальное Mg. Этот сплав используют для деталей автомобилей, корпусов прибора и инструментов.

Сплав МЛ5 — высококачественный сплав широкого назначения, применяется для литья ответственных и сложных по конфигурации деталей в песчаные формы, кокиль и под давлением. Этот сплав окисляется меньше других магниевых сплавов и обладает меньшей склонностью к образованию горячих трещин при охлаждении. Состав сплава: 7,5—9,3% Al; 0,2—0,8% Zn; 0,15—0,5% Mn; 0,6% (Sn + Cu + Fe), а остальное Mg. Сплав МЛ5 обладает лучшими литейными свойствами по сравнению со спла-

вом МЛ4. Отливки из сплава МЛ5 подвергаются термической обработке — закалке или закалке и искусственному старению.

Сплав МЛ6 обладает сравнительно хорошими литейными свойствами, но меньшей пластичностью по сравнению с МЛ4 и МЛ5; его применяют для литья в песчаные формы, кокиль и под давлением. Отливки из этого сплава могут подвергаться термической обработке. Содержание более 0,3% Si уменьшает предел прочности и удлинение. Медь тоже ухудшает механические свойства и коррозионную стойкость сплава. Прочность особенно снижается при содержании более 0,4—0,5% (Si + Cu). Состав сплава МЛ6: 9—11% Al; до 2,0% Zn; 0,15—0,5% Mn; не более 0,6% примесей, а остальное Mg. Этот сплав применяется для средненагруженных деталей различного назначения, радиоаппаратуры, корпусов ручных инструментов, биноклей, фотокамер и т. д.

Железо в небольших количествах ухудшает коррозионную стойкость магниевых сплавов. Для улучшения механических свойств сплавов в них вводят бериллий и кальций. Первичную структуру магниевых сплавов измельчают модифицированием и рафинированием.

Особенности литейной формы для магниевых сплавов. Отличительной особенностью магниевых сплавов является их способность сильно окисляться и даже возгораться при плавке и заливке. Для того чтобы предотвратить горение магния в форме, в облицовочную и стержневую смеси вводят 0,3—1% S в виде порошка или до 0,5% борной кислоты.

Для стержневых смесей можно применять крепитель М, полностью заменяющий масляные крепители. При вводе в формовочные и стержневые смеси добавок серы, борной кислоты и фтористых соединений между отливкой и формой образуется слой нейтральных газов, который предохраняет отливку от соприкосновения с кислородом, и, кроме того, на отливке образуется защитная пленка. При формовке по-сухому в смесь добавляют от 4 до 7% серного цвета и 0,5—1% борной кислоты.

Влажность смеси должна быть 3—4%; газопроницаемость 30—40 единиц, прочность в сыром состоянии 0,22—0,30 кг/см^2 (22—30 кн/м^2), содержание глины 7—10%. Для наполнительной смеси можно применять до 100% оборотной смеси. Составы стержневых смесей приведены в табл. 44.

Малая плотность магниевых сплавов позволяет изготавливать формы из смесей с прочностью 0,20—0,22 кг/см^2 (20—22 кн/м^2). Магниевые сплавы, обладая при высоких температурах низкой прочностью, требуют изготовления стержней из формовочной смеси с большой податливостью, чтобы устранить появление горячих трещин в отливках при усадке сплава. Песчаные формы можно изготавливать из формовочной смеси с небольшой газопроницаемостью, так как при заливке магниевое расплавление песчаная форма прогревается очень медленно и на небольшую глубину (примерно около 10 мм).

Литниковые системы для магниевых сплавов почти ничем не отличаются от литниковых систем для алюминиевых сплавов. Формы должны заливаться спокойно, без завихрений жидкого металла. Литниковые чаши должны быть металлоемкими для удержания в них шлака. Предпочтительно применение вертикально-щелевой литниковой системы. Для устранения пористости усадочного происхождения ускоряют затвердевание отливки, устанавливая наружные холодильники и правильно подводя металл.

Особенности плавки магниевых сплавов. Для плавки магниевых сплавов применяют тигельные и отражательные печи, работающие на газе, мазуте; электропечи, а также индукционные печи. Тигельные печи для плавки магниевых сплавов бывают с выемными и стационарными тиглями.

В литейных цехах массового производства применяют тигельные печи со стационарным тиглем. Емкость стальных стационарных тиглей до 900 кг. Производительность печи со стационарным тиглем емкостью 150—250 кг составляет 60—120 кг/ч, а с тиглем емкостью 900 кг около 250 кг/ч. Печи с выемным тиглем применяют в литейных цехах, изготавливающих крупные отливки и выпускающих небольшое число мелких и средних отливок. При литье крупных деталей емкость тигля достигает 2000 кг.

Отражательные печи большой емкости применяются при непрерывной плавке магниевых сплавов и переплавке крупногабаритного лома и отходов. В качестве футеровки применяют магнетитовый кирпич. Готовый сплав из печи переливают в раздаточные тигельные печи с помощью центробежной помпы, которая перекачивает жидкий металл на расстояние до 10 м.

Для приготовления магниевых сплавов применяют магний марок МГ-1 и МГ-2, переплавленные отходы лигатуры, присадки в виде алюминия, цинка и других металлов. Плавка первичных магниевых сплавов производится следующим образом: в разогретый до 400—500° С тигель загружают небольшое количество флюса, его расплавляют, а затем добавляют магний, алюминий и лигатуры. Цинк вводят в конце рафинирования с целью уменьшения угара. В качестве флюса применяют 33—40% $MgCl_2$, 25—36% KCl ; 15—20% CaF_2 ; 7—10% MgO и 6% ($CaCl_2 + NaCl$). После расплавления шихты и нагрева сплава до 700° С печь выключают и производят рафинирование. В процессе плавки поверхность металла в тигле должна быть закрыта слоем флюса. Рафинирование производят перемешиванием расплава железной ложкой-шумовкой. Ложку передвигают последовательно вниз, вперед и вверх и т. д. Время перемешивания 4—6 мин. Расход флюса составит 0,5—1,0% от массы шихты. Рафинирование заканчивают в том случае, если расплав имеет блестящую зеркальную поверхность. После рафинирования с поверхности ванны снимают шлак, и ванну вновь посыпают ровным слоем флюса. Затем сплавы перегревают до 750—780° С и выдерживают при

этой температуре в течение 10—15 мин. После отбора проб (на спектральный и химический анализы, качество структуры) тигель вынимают из печи и охлаждают. После охлаждения металла до 650° С тигель подают к месту заливки.

Магниевые сплавы модифицируют как для измельчения структуры, так и повышения механических свойств. Сплавы МЛЗ, МЛ4, МЛ5, МЛ6 можно модифицировать перегревом. Сплав перегревают до 850—900° С и выдерживают при этой температуре 15—20 мин, а затем охлаждают до температуры заливки. В качестве модификатора можно также применять кальций, церий, цирконий, хлоридное железо и др. Модификатор вводится в расплав с помощью колокольчика. После модифицирования с поверхности расплава снимают шлаки, образующиеся при модифицировании, засыпают поверхность расплава свежим флюсом, дают сплаву отстояться, а затем производят заливку. Продолжительность приготовления 50 кг магниевого сплава около часа. Общий расход флюса при обработке магниевого сплава составляет 2—5% от массы шихты.

В массовом производстве магниевые сплавы плавят в стационарных тиглях, обычно в трех. В первой печи расплавляют первичные сплавы, крупные отходы, чушки магния и переплавляют мелкие отходы. Порядок плавки такой же, как и в печах с съемным тиглем, с той только разницей, что применяется флюс, состоящий из 38—46% $MgCl_2$; 32—40% KCl ; 5—8% Ba_2Cl_2 ; 3—5% CaF_2 ; 8% ($CaCl_2 + NaCl$); 1,5% MgO .

После нагрева металла до 700—800° С сплав рафинируют при этой температуре в течение 3—5 мин и переливают его во вторую тигельную печь, которая используется как раздаточная печь. В ней металл снова рафинируют в течение 5—10 мин при 700—720° С и модифицируют, затем температуру металла повышают до 800° С и поддерживают в течение разливки.

В раздаточной печи металл может находиться под покровом флюса 12—15 ч. Флюс в тигле раздаточной печи используется для 15—20 полных оборотов металла. Чушки первичного сплава можно загружать непосредственно в раздаточный тигель, предварительно подогрев их до 100—150° С на бортах тигля. В раздаточной печи необходимо оставлять не менее 15—20% от общего количества металла, для того чтобы не зачерпывать загрязненный флюс, находящийся на дне тигля. После разливки сплава в формы раздаточный тигель вновь наполняют жидким металлом из первой печи. Сплав рафинируют, и процесс повторяется.

В третьей тигельной печи расплавляют флюс, в котором промывают и подогревают плавильный инструмент и разливочные ковши. В качестве промывочного флюса применяют карналит $MgCl_2 \cdot KCl$. Емкость тиглей в первой и во второй печах 200—450 кг, а в третьей печи 200—250 кг.

Часть четвертая

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ

ГЛАВА I

ЛИТЬЕ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ (КОКИЛИ)

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Литье в металлические формы (кокили) является одним из прогрессивных способов получения отливок повышенной точности и чистоты поверхности. В отличие от песчаных разовых форм, которые разрушаются после каждой отливки, одни и те же металлические формы (кокили) заливают металлом много раз — от нескольких сот до нескольких десятков тысяч раз. Например, на ЗИ.Те и Заволжском моторном заводе при заливке колодки ручного тормоза из алюминиевых сплавов стойкость кокилей достигала 20 000—25 000 и более отливок.

Полость металлической формы можно выполнить с большой точностью и повышенной чистотой поверхности, поэтому отливки, изготовленные в них, имеют более точные размеры и более чистую поверхность. Высокая теплопроводность материала формы значительно ускоряет затвердевание и охлаждение отливки, что во многих случаях положительно сказывается на ее механических свойствах. При литье в металлические формы по сравнению с обычным литьем в песчаные формы увеличивается выпуск литья в 2—5 раз (при той же площади цеха), выход годного литья (за счет уменьшения припусков на механическую обработку отливок, отходов), снижается себестоимость литья и расход формовочных смесей, что облегчает механизацию и автоматизацию производства. Кроме того, значительно улучшаются условия труда.

Недостатки литья в металлические формы: высокая стоимость изготовления форм, поэтому этот способ литья нельзя применять для индивидуального и мелкосерийного производства; возможность образования отбела в чугунных отливках, вследствие чего их подвергают отжигу.

Экономическая целесообразность использования этого способа зависит от стойкости и конструкции кокилей, степени механизации и автоматизации, а также от характера производства (мас-совое, серийное, индивидуальное). Литье в металлические формы рентабельно при условии съема с каждой формы 200—400

небольших и 50–200 крупных отливок. Металлические формы должны быть простыми в изготовлении, удобными и безопасными в работе, иметь высокую стойкость. Технологический процесс изготовления отливок в металлических формах состоит из следующих основных операций:

- 1) подготовки форм (очистки, нагрева, нанесения на рабочие поверхности облицовки и краски);
- 2) сборки формы (установки стержней в форму, закрытия и закрепления частей формы);
- 3) заливки формы жидким металлом;
- 4) извлечения отливок от формы после их остывания (раскрытие формы с помощью механизмов или вручную);
- 5) обрубки, очистки и, в случае надобности, термической обработки отливок.

§ 2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ (КОКИЛИ)

При определении возможности получения в металлической форме отливки необходимо учитывать ее технологичность и сложность конфигурации. Отливки должны легко удаляться из формы при минимальном числе разъемов ее, не иметь резких переходов от толстой стенки к тонкой, большого числа выступающих частей и острых внутренних углов. Внутренние полости отливок получают в большинстве случаев с помощью песчаных стержней. При литье алюминиевых и магниевых сплавов часто применяют металлические стержни. Кокили в зависимости от плоскости разъема делятся на неразъемные (рис. 214, а), с горизонтальной (рис. 214, б), вертикальной (рис. 214, в) и сложной (рис. 214, г) поверхностью разъема. Неразъемные (вытряхные) кокили применяют для отливок, имеющих внешний уклон без выступающих частей, кокили с горизонтальной плоскостью разъема — для низких и неответственных отливок, кокили с вертикальной плоскостью разъема — для небольших отливок массой до 75 кг, а также для плоских или тонкостенных отливок со стержнями. Кокили со сложной поверхностью разъема применяют для сложных отливок.

При конструировании металлической формы особое внимание следует обращать на вентиляцию, т. е. вывод из формы газов с помощью выпора и газоотводных каналов (рис. 215). Газоотводными каналами называют мелкие и узкие каналы глубиной не более 0,3 мм, наносимые на плоскость разъема формы. Иногда газоотводные каналы наносятся на стенках рабочих полостей для облегчения выхода воздуха и газов через места стыка отдельных частей металлической формы.

Благодаря небольшому сечению газоотводные каналы не пропускают жидкий металл. В формах с вертикальным разъемом удобно делать выпор и газоотводные каналы в плоскости разъема. Труднее выводить газы из кокилей с горизонтальным разъемом.

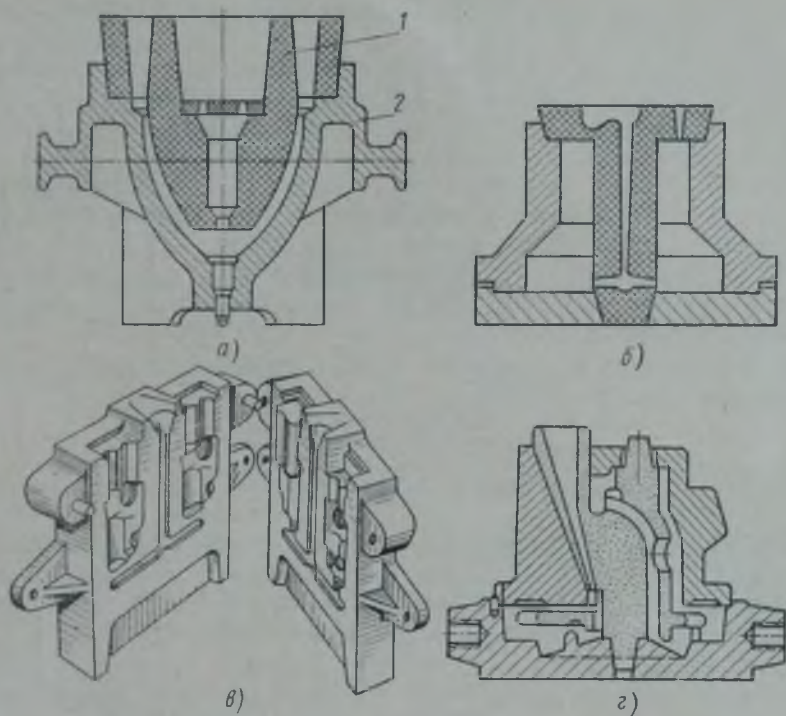


Рис. 214. Металлические формы (кокили)

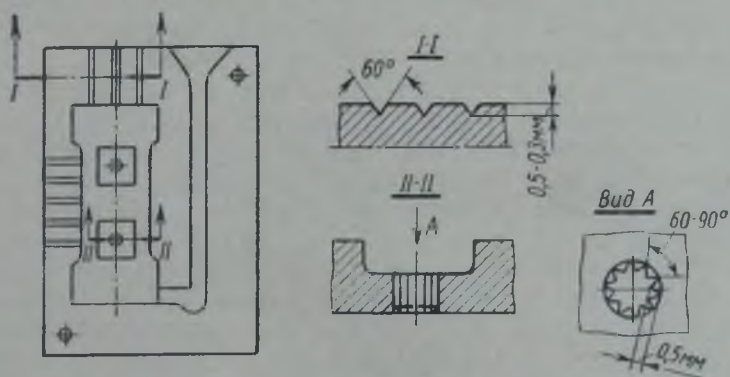


Рис. 215. Способы отвода воздуха и газов из кокилей

Кокилы изготовляют из чугуна, стали, алюминия и меди: мелкие кокилы из чугуна СЧ 32-52, средние из чугуна СЧ 15-32, крупные из стали 15.

Серый чугун для изготовления кокилей должен иметь перлитно-ферритную структуру без следов структурно-свободного цементита, так как при заливке формы жидким металлом и ее нагреве в металле формы могут происходить структурные превращения и связанное с этим коробление ее. Количество феррита в структуре не должно превышать 5—10%. Примерный состав такого чугуна: 3,4—3,6% С; 1,8—2,2% Si; 0,9—1,0% Mn; 0,15—0,12% P; 0,06—0,08% S. Ответственные части кокилей изготовляют из сталей 30ХГСА, 35ХГС, металлические стержни — из сталей У7, У10 и 30ХГСА.

Для определения толщины стенок кокилей можно рекомендовать следующую формулу:

$$\delta_2 = 14 + 0,6\delta_1, \quad (13)$$

где δ_1 , δ_2 — толщины соответственно стенок отливки и кокиля в мм.

Расположение отливок в кокиле должно обеспечить спокойное движение металла в литниковой системе и в полости формы, а также удаление газа и воздуха из формы. В кокиле можно расположить одну или несколько отливок в зависимости от их размеров и конфигурации.

Корпус кокиля представляет собой жесткую конструкцию с ребрами, которые препятствуют короблению кокиля при его нагреве и охлаждении. Половины кокиля или отдельные его части, оформляющие рабочую полость, должны хорошо центрироваться относительно друг друга. За рубежом распространены кокилы из алюминия для литья не только легких сплавов, но чугуна и стали. Отливки в таких кокилях получаются с более чистой поверхностью, лучшей структурой, без рыхлот и усадочных раковин. Внутренняя поверхность алюминиевого кокиля анодируется, это предохраняет от сваривания с жидким металлом и увеличивает стойкость кокиля. Рабочая часть кокиля опрыскивается перед заливкой силиконовой жидкостью. Стержни в алюминиевых кокилях часто делают алюминиевыми.

Кокильные краски и облицовки. Рабочую поверхность формы и металлических стержней покрывают краской специального состава. Красят кокилы для того, чтобы предохранить поверхность кокиля от воздействия жидкого металла и тем самым увеличить срок их службы, регулировать скорость охлаждения отливки и улучшить заполняемость формы. В состав краски входят вещества, обладающие малой теплопроводностью, что придает краске теплоизоляционные свойства. Благодаря краске металл медленнее охлаждается, а форма меньше прогревается металлом.

Краски для кокилей должны удовлетворять следующим требованиям: 1) не содержать веществ, химически взаимодействующих с заливаемым металлом; 2) хорошо наноситься и удерживаться на поверхности формы; 3) хорошо противостоять резким колебаниям температуры; 4) иметь заданную теплопроводность.

Составы кокильных красок, используемых при литье различных сплавов, приведены в табл. 45.

Таблица 45

Кокильные краски

Литье	Компоненты	Содержание в г	Примечание
Алюминиевое	Окись цинка	50	Краски наносятся на рабочую поверхность кокиля, нагретого до 200° С, ровным слоем с помощью пульверизатора
	Графит коллоидальный	10	
	Вода	1000	
	Мел молотый	150	
	Жидкое стекло	40	
	Графит	80	
	Вода	1000	
Магниевое	Тальк	100	
	Борная кислота	65	
	Жидкое стекло	35	
	Вода	1000	
Чугунное	Кварцевая мука	100	Рабочую поверхность кокиля, нагретого до 2000° С, покрывают слоем краски (0,2—1 мм), а затем слоем копоти
	Жидкое стекло	50	
	Вода	1000	

Для покрытия кокилей при литье медных сплавов (бронзы, латуни) применяют жирные смазки: масло (льняное и машинное), нефть, мазут и керосин. К жирной составляющей добавляют графит, костяную муку, окись цинка, тальк и пр. Краски следует наносить на поверхность кокиля при нагреве его до 100—150° С. Для устранения отбела на поверхности чугунных отливок применяют комбинированное покрытие кокиля огнеупорными красками и ацетиленовой копотью, а иногда и облицовками.

Поверхности кокиля, выполняющие тонкие стенки чугунной отливки, во избежание отбела покрывают облицовками. Облицовками покрывают и поверхности кокиля, оформляющие литниковые каналы, прибыли. Облицовки по сравнению с красками должны обладать более высокой огнеупорностью и значительно

меньшей теплопроводностью. Для этого в их состав вводят измельченный жженный асбест.

Состав облицовки в г

Кварцевая мука	100
Асбестовый порошок	80
Жидкое стекло	50
Вода	1000

Перед употреблением краски должны быть процежены через марлю. Хранить их необходимо в закрытой посуде.

Литниковые системы. При разработке конструкции литниковой системы для получения отливок из различных сплавов следует

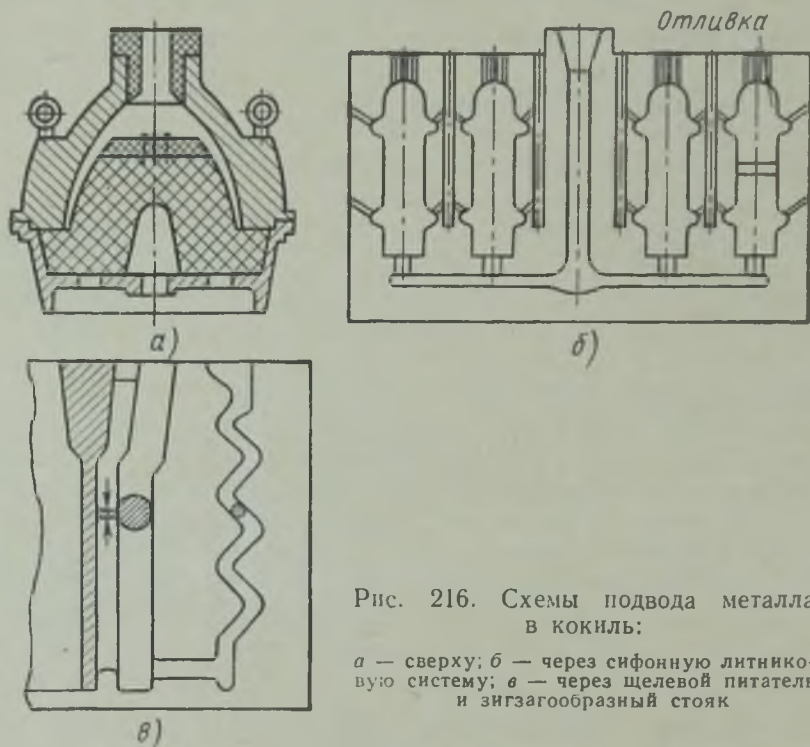


Рис. 216. Схемы подвода металла в кокиль:

a — сверху; *б* — через сифонную литниковую систему; *в* — через щелевой питатель и зигзагообразный стояк

руководствоваться известными, изложенными ранее, особенностями построения литниковых систем для данного сплава. Однако вследствие быстрого охлаждения жидкого металла в металлической форме литниковые системы делаются с большим сечением каналов, чем при литье в песчаные формы. Площадь сечения питателей берется на 25—33% больше, чем для песчаных форм. Длина литниковых каналов должна быть возможно меньшей и в них не допускается острых углов, поворотов или резких изменений сечений. Для легких сплавов рекомендуется следующее соотношение площадей элементов литниковой системы (стояка, коллектора, питателя): $F_{ст} : F_{кол} : F_n = 1 : 2 : 3$ или $1 : 2 : 6$.

Металл подводят в кокиль сверху, снизу и сбоку (рис. 216). Для алюминиевых и магниевых сплавов часто применяют вертикально-щелевой питатель и зигзагообразные стояки.

Расчет литниковой системы при литье в кокиль можно вести по тем же формулам, что и для песчаных форм.

§ 3. ОСОБЕННОСТИ ЛИТЬЯ РАЗЛИЧНЫХ СПЛАВОВ

Литье чугуна. Перед заливкой металла в кокиль его рабочие полости покрываются краской и облицовками. Краска кокиля возобновляется через каждые 100—200 заливок после очистки формы от старой облицовки. Перед началом работы форма должна быть подогрета до 200—250° С. Нельзя заливать металл в холодную форму, так как это приводит к быстрому растрескиванию ее поверхности. Для устранения отбела при литье чугуна рабочие поверхности кокиля, кроме краски, перед каждой заливкой обязательно покрываются копотью ацетиленового пламени. Во время работы кокиль не должен нагреваться выше 400° С, так как это приводит к растрескиванию поверхности формы. Поэтому кокиль охлаждают обычно воздухом. При хорошем уходе кокиль выдерживает 3000—5000 заливок чугуном.

В зависимости от массы и толщины стенок отливки температура заливки чугуна колеблется в пределах 1280—1300° С. Химический состав чугуна для отливок, не работающих на износ: 3,5—3,6% С, 2,4—2,6% Si, 0,6—0,7% Mn, 0,3—0,4% P, до 0,12% S.

В шихте желательно иметь не менее 50% чушкового чугуна, 20—30% возврата производства, 20—30% лома. Опыт показывает, что чугунные отливки массой до 10 кг и сечением до 12 мм без отбела получить очень трудно. Поэтому обычно такие отливки подвергаются отжигу за исключением толстостенных несложной конфигурации и неответственных отливок.

Термическая обработка чугунных отливок необходима не только для устранения отбела, но и для снятия внутренних напряжений. При содержании 2,4% Si в отливках цементит при отжиге (850—870° С) распадается в течение часа. Для снятия внутренних напряжений в отливках с отбеленным слоем без снижения твердости отжиг можно проводить при нагреве до 600° С, выдерживать при этой температуре 4—8 ч и медленно охлаждать вместе с печью.

Литье алюминиевых сплавов. Температура заливки алюминиевых сплавов находится в пределах 710—720° С; поэтому кокиль не нагревается расплавом так сильно, как при литье чугуна. Стойкость кокиля в этом случае достигает 50 000 заливок. Алюминиевые сплавы имеют большую усадку, поэтому необходимо ставить прибыли, иногда превышающие массу отливок, а также обеспечивать направленное затвердевание соответствующим

подводом металла к отливке. Алюминиевые сплавы необходимо обязательно рафинировать.

Высокая стойкость кокилей, хорошая чистота поверхности, точность размеров и высокие механические свойства отливок создают широкие перспективы использования этого способа для литья алюминиевых сплавов. Поэтому при проектировании технологии изготовления отливки из алюминиевого сплава необходимо предусматривать, в основном, изготовление их в кокилях.

В последнее время начали применять литье в кокиль стали, например катки для трактора изготавливают из стали 50Г. Сборка кокилей и заливка их жидкой сталью осуществляется на тележечном конвейере. На каждую тележку устанавливается два кокиля, которые заливаются из ковшей емкостью 260 кг. Через 8—10 мин после заливки кокиль подается на специальный стол и затем к месту выбивки. После выбивки отливки кокиль с помощью вращающейся металлической щетки автоматически очищается от остатков песка, гарн и старой краски.

Затем кокиль охлаждается в камере, где он обрызгивается струйками горячей воды. Температура кокиля снижается до 200—250° С. После этого специальным пульверизатором кокиль окрашивается маршалитовой краской на сульфитном щелоке и устанавливается специальными клещами на площадку конвейера. На таком автоматическом конвейере работают трое рабочих и разливают в кокили 6 т стали в течение 30 мин.

§ 4. МЕХАНИЗАЦИЯ ЛИТЬЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

При литье в металлические формы обязательно механизмируют операции раскрытия и закрытия форм, установки и извлечения стержней, удаления отливок из формы, покрытия форм облицовочным составом, охлаждения и нагрева формы, заливки. Это осуществляется на специальных кокильных установках: индивидуальных станках; универсальных машинах, позволяющих осуществить раскрытие формы как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости; полуавтоматических карусельных машинах; конвейерных кокильных линиях.

Разработка и использование механизированных кокильных машин идет по следующим направлениям. Для крупных отливок сложной конфигурации, требующих применения кокилей с несколькими поверхностями разъема и большого числа металлических стержней, удаляемых в различных направлениях, следует применять механизированные кокили с программным управлением.

Для отливок более простых по конструкции, небольших и средних по размеру, следует использовать универсальные индивидуальные или карусельные машины, а также конвейерные автоматические линии. Обычно в качестве силовых органов механизмов

раскрытия и закрытия кокилей, извлечения стержней и т. д. в кокильных машинах используют пневматические или гидравлические приводы.

На двухпозиционной кокильной машине (рис. 217) установлены разъемные кокили 1, имеющие общий пневматический привод 2. Кокиль 1 состоит из двух частей, одна из которых закреплена неподвижно на специальной стойке, а другая — перемещается по направляющим 3. В то время как в один кокиль зали-

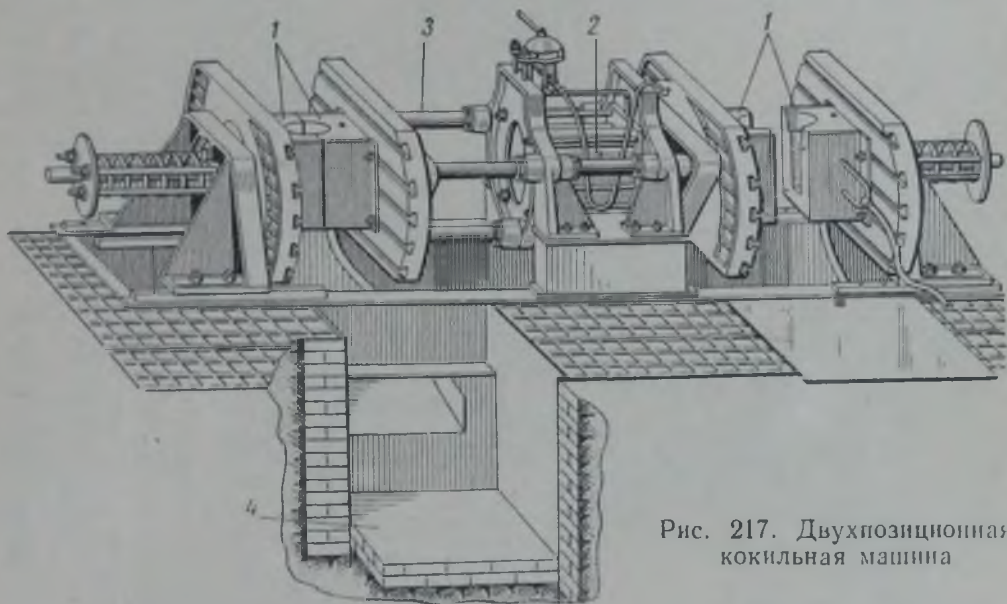


Рис. 217. Двухпозиционная кокильная машина

вают металл, второй кокиль раскрывается и из него извлекают отливку. Под каждым кокилем имеется траншея 4, в которую ставят ящик или устанавливают пластинчатый транспортер для уборки готовых отливок.

Нашей промышленностью разработаны и используются несколько типов различных кокильных машин. Карусельные кокильные машины 96594 конструкции НИИЛитмаш (рис. 218) предназначены для отливки в многогнездный кокиль мелких автомобильных деталей из алюминиевых сплавов с песчаными стержнями и без них. На столе 2 машины, вращающемся вокруг вертикальной колонны 1, установлено шесть кокильных станков 3. На этих станках последовательно производятся следующие операции: заливка металлом, удаление отливок и установка стержней. После заливки кокили попадают под фотоэлектрический счетчик. Тепловое излучение от заливочной воронки воздействует на фотореле, которое дает импульс счетчику механизма. В системе охлаждения установки имеется заслонка, которая в зависимости от теплового режима кокилей, регистрируемого термомпарами,

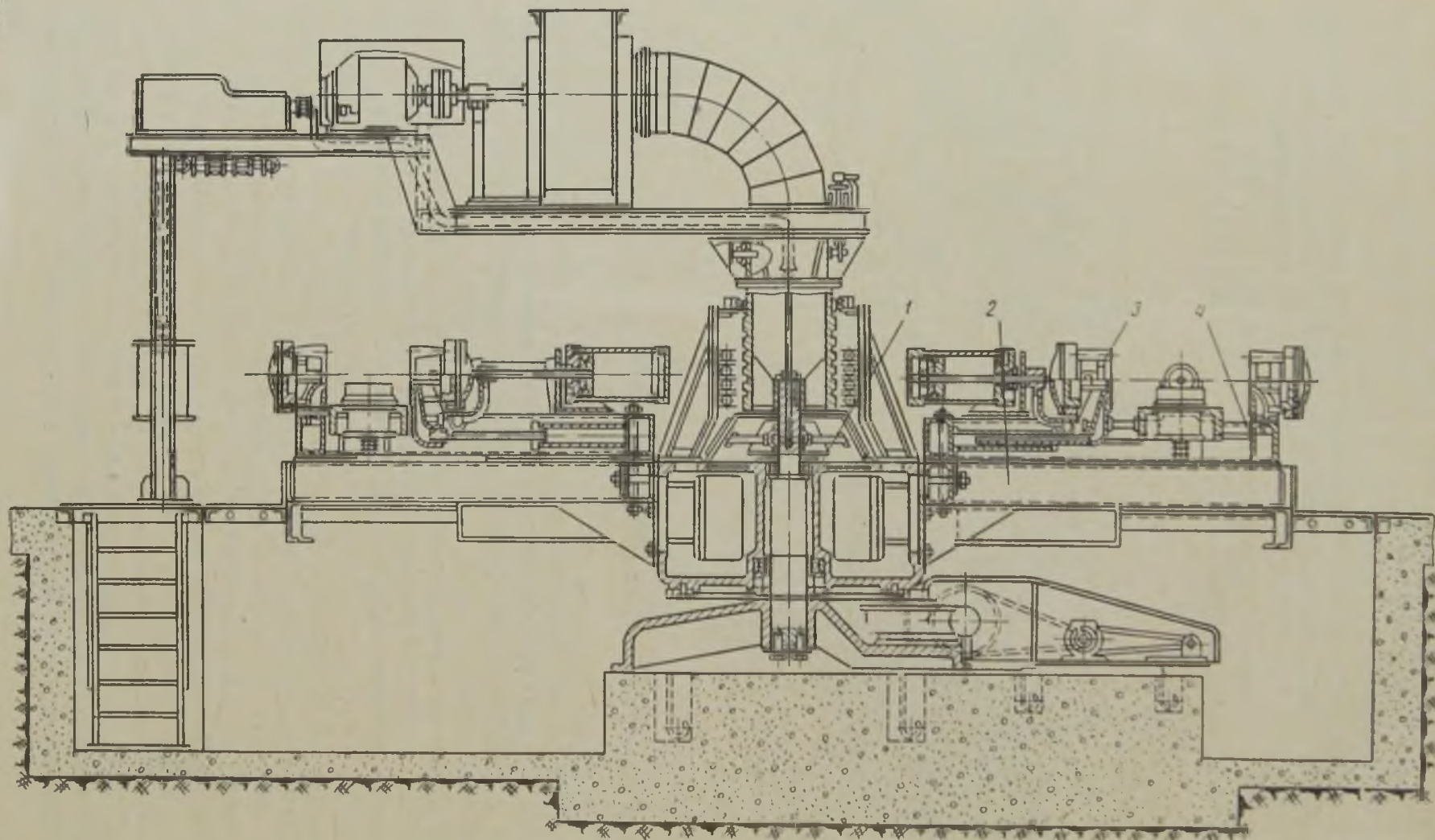


Рис. 218. Карусельная кокильная машина модели 96594 конструкции НИИЛитмаш

установленными в кокилях, перекрывает воздухопровод 4 и автоматически регулирует температуру кокилей в заданных пределах. Производительность машины 75 отливок в час.

Карусельные машины НИИЛитмаш модели 98593 предназначены для отливки головки блока автомобильного двигателя в кокиль. Эта машина имеет восемь кокильных станков, производительность ее 65 отливок в час.

Кокильные конвейеры применяют в массовом производстве. На заводе «Водоприбор» применяют кокильный конвейер, на плат-

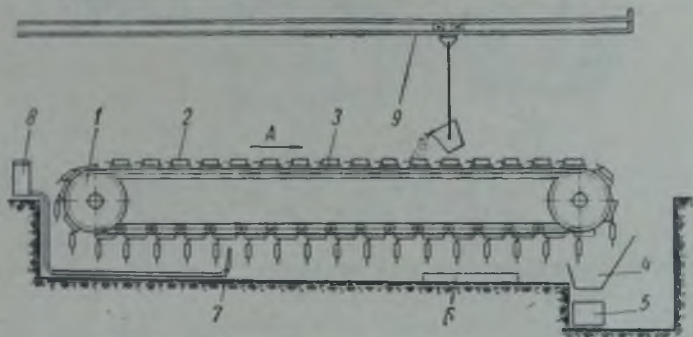


Рис. 219. Вертикально-замкнутый кокильный конвейер

формах которого установлены индивидуальные пневматические машины. Подвод воздуха к машинам и управление ими автоматизировано.

Вертикально-замкнутый конвейер Луганского завода им. Пархоменко предназначен для отливки колес вагонеток (рис. 219). Звездочка 1 приводит цепь 3, к которой прикреплены половинки кокиля 2, имеющие крышки. Кокили заливают из ковша, передвигаемого по монорельсу 9. В конце конвейера крышка кокиля открывается и отливки из кокиля падают по лотку 4 в ящик 5. В нижней части конвейера кокили охлаждаются сжатым воздухом из сопел 6 и покрываются краской из пульверизатора 7, соединенного с баком 8.

ГЛАВА II

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сущность способа. При центробежном литье жидкий металл заливается во вращающуюся форму, где под действием центробежных сил распределяется по поверхности формы и затвердевает.

Форма может вращаться вокруг вертикальной, горизонтальной и наклонной осей, а также одновременно вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

Горизонтальная или слегка наклонная ось вращения формы применяется для большинства отливок (труб, втулок, колец, венцов). Вертикальная ось вращения применяется при необходимости получения отливки без центрального отверстия: фасон-

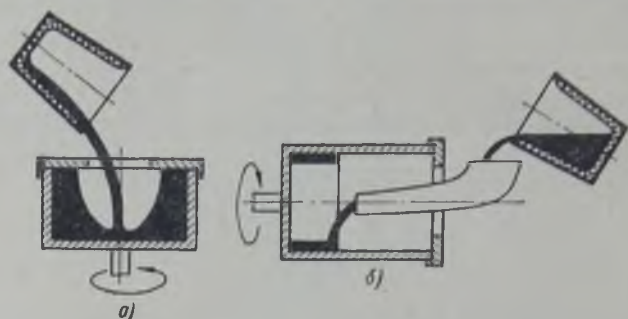


Рис. 220. Схемы центробежных установок с вертикальной (а) и горизонтальной (б) осями вращения

ных изделий, заливаемых через центральный стояк, и при заливке в песчаные формы (рис. 220).

На рис. 221 представлена схема получения втулок на центробежной машине с вертикальной осью вращения. Предварительно

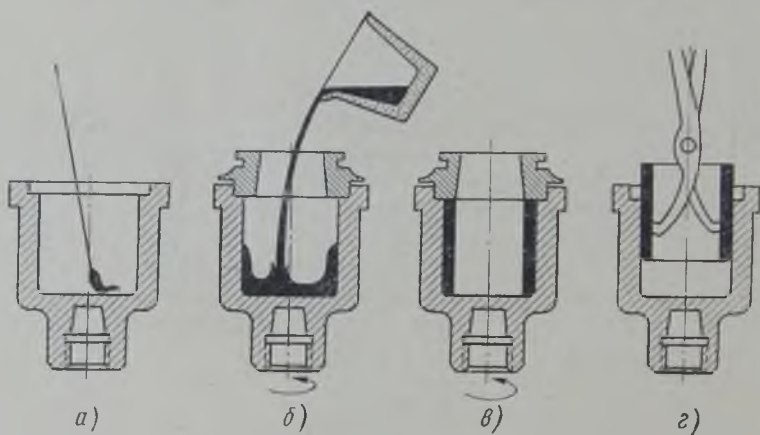


Рис. 221. Схема получения втулок на центробежной машине с вертикальной осью вращения

подогретая металлическая форма закрепляется на шпинделе. Затем днище формы окрашивается графитовой краской кистью или пульверизатором (рис. 221, а), устанавливается крышка, и форма приводится во вращение. Металл из ковша заливается через отверстие в крышке (рис. 221, б). Количество жидкого металла определяется мерным ковшом. Залитый металл увлекается

динцем во вращение, прижимается центробежными силами к боковой поверхности формы и поднимается до соприкосновения с крышкой (рис. 221, в). Внутренний диаметр отливки определяется количеством залитого в форму металла. Прижатый к стенкам формы центробежной силой металл затвердевает при вращении формы. Готовая втулка вынимается из формы клещами или выталкивателем (рис. 221, г).

Наибольший технико-экономический эффект применения центробежного способа литья достигается при изготовлении отливок, имеющих форму тела вращения, а в ряде случаев его целесообразно применять и для фасонных отливок, таких, как шестерни, турбинные диски с лопатками, детали арматуры и др. Наиболее эффективно применение центробежного литья для производства чугунных труб.

Заливка вращающейся формы и затвердевание отливки во вращающейся форме под действием центробежных сил обуславливает главные преимущества этого способа литья.

1. При литье полых цилиндров не требуется стержней для образования центрального отверстия, так как металл под действием центробежной силы распределяется у стенок формы.

2. Заливка производится свободной струей, литниковые системы не применяются.

3. Затвердевание металла под действием центробежных сил способствует получению плотных (без газовых, усадочных раковин и рыхлот) отливок.

Способ центробежного литья наряду с преимуществами имеет и недостатки, также объясняемые действием центробежных сил.

1. Под действием центробежных сил при заливке формы усиливается ликвация компонентов сплава, поэтому не все сплавы целесообразно отливать центробежным способом.

2. Вследствие повышенного давления металла, возникающего за счет центробежных сил, форма должна обладать большой прочностью и хорошо быть уравновешена. Поэтому не все фасонные отливки целесообразно получать центробежным способом.

3. Для получения правильных размеров внутреннего отверстия необходима точная дозировка заливаемого металла (отсутствие литниковой системы, свободная заливка).

Методы расчета скорости вращения формы. От правильного выбора скорости вращения формы при центробежном литье зависят прочность структуры, распределение шлакоочных включений, газовой и усадочной пористости, ликвации в отливке.

Обычно минимальной и достаточной скоростью вращения формы считается такая, при которой можно получить заданную свободную поверхность отливки.

Скорость вращения формы зависит от расположения оси вращения, рода металла и диаметра отливки.

Величина центробежной силы, которая действует на металл при вращении формы с числом оборотов n , определяется по формуле

$$P = mr\omega^2, \quad (14)$$

где m — масса жидкости в г;

r — радиус тела вращения в см;

ω — угловая скорость вращения формы в сек^{-1} ;

$$\omega = \frac{\pi n}{30}.$$

Однако при определении числа оборотов учитывают не только положение оси вращения формы, но и связанные с этим искажения внутренней поверхности отливки. Установлено, что для отливок из разных сплавов, в зависимости от размеров отливки, температуры заливки сплава и формы, оптимальное число оборотов, при котором качество отливки наивысшее, различно.

При определенном соотношении наружного r_1 и внутреннего r_2 радиусов отливки ($\frac{r_1}{r_2} = 1,15$) для расчетов числа оборотов формы можно пользоваться формулой

$$n = \frac{\kappa_0}{\sqrt{r_1}},$$

где κ_0 — коэффициент, значения которого приведены в табл. 46.

Таблица 46

Значения коэффициента

Сплав	Плотность в г/см^2	Положение оси вращения формы	Коэффициент κ_0	Отливка
Чугун	7,2	Горизонтальное, вертикальное	1800—2500 2470—3000	Трубы, втулки Трубы
Сталь	7,85	Горизонтальное	2150—2730	Полые отливки
Бронза	8,4	Вертикальное	3400	Кольца, втулки, вкладыши подшипников
Алюминиевый	3,10—3,65	Горизонтальное	2600—3500	Трубы, втулки

Л. С. Константинов экспериментально установил, что для всех сплавов высокое качество отливки (хорошие механические свойства и хорошая чистота поверхности) может быть достигнуто, если величина центробежной силы, действующей на жидкий металл, будет такой, что эффективная плотность металла (плотность в поле действия центробежной силы)

$$\delta = \gamma\omega^2 r_1,$$

будет равна 340 г/см^3 ,

где γ — плотность металла в $г/см^3$;
 ω — угловая скорость вращения формы;
 r_1 — радиус отливки.

При этом число оборотов Л. С. Константинов рекомендует определять по формуле

$$n = \frac{5520}{\sqrt{\gamma r_2}},$$

где 5520 — постоянный для всех сплавов коэффициент;
 γ — плотность отливки;
 r_2 — внутренний радиус отливки.

Эта формула имеет недостаток: в ней не учитывается влияние толщины стенки отливки.

Для отливок с малой толщиной стенок это не имеет существенного значения, но для толстостенных отливок это очень важно, так как центробежная сила на наружной поверхности отливки достигает такой величины, что может произойти разрыв прилегающей к изложнице поверхности металла, в отливке образуется трещина. Поэтому при большой толщине стенок отливки необходимо изменять число оборотов в процессе вращения формы. Вначале форму следует заливать при минимальном числе оборотов, затем по мере заливки формы и увеличения толщины стенки отливки число оборотов можно увеличивать до максимума, при котором поверхностный слой не будет поврежден.

При литье фасонных деталей число оборотов должно подбираться с таким расчетом, чтобы было обеспечено заполнение формы и точное воспроизведение контуров детали. Опыт установлено, что наилучшие результаты получаются, если число оборотов формы подбирается таким образом, чтобы окружная скорость v точки отливки, наиболее удаленной от оси вращения, составляла 3—5 м/сек.

Окружная скорость v любой точки вращающегося тела определяется по формуле

$$v = \frac{\pi r n}{30}, \quad (15)$$

$$n = \frac{v \cdot 30}{\pi r}, \quad (16)$$

где n — число оборотов формы в минуту;
 r — расстояние этой точки от оси вращения в м.

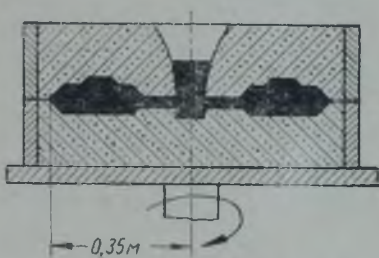


Рис. 222. К определению числа оборотов формы при центробежной заливке на машине с вертикальной осью вращения

Например, требуется определить число оборотов формы при центробежной отливке на машине с вертикальной осью (рис. 222). Принимаем величину окружной скорости 5 м/сек, а расстояние от оси вращения наиболее удаленной от нее точки равным 0,35 м. Подставляя в формулу (16), получим $n = \frac{5 \times 30}{3,14 \times 0,35} = 137$ об/мин.

§ 2. ТИПЫ ФОРМ И МАШИНЫ ДЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ

Формы для центробежного литья применяют двух основных типов: металлические и футерованные различными составами (песчаные). Форма выбирается в зависимости от геометрических размеров изготавливаемой отливки, ее материала и производственной программы. Металлические формы целесообразно применять при литье деталей без затрудненной усадки, когда наружный контур позволяет извлечь отливку из формы, при быстром остывании формы и изготовлении большого числа одинаковых деталей.

Футерованные песчаные формы применяются для отливок с затрудненной усадкой, когда конфигурация их мешает извлечению из металлической формы, при получении чугунной отливки без отбела и изготовлении небольшой партии отливок.

«Горячей» металлической формой называют такую форму, которая перед заливкой нагревается не ниже 500° С, а «холодная» форма перед заливкой также нагревается газовыми горелками или другим способом до 150—200° С. Из-за трудности поддержания температурного режима заливка в горячую форму толстостенных чугунных и стальных деталей не нашла большого распространения. Применяется она лишь для отливок из цветных металлов, когда нет опасности приваривания горячего металла к поверхности формы.

Металлические формы охлаждают до температуры 150—200° С проточной водой в ванне, либо ее обрызгиванием, для чего машины оборудуются специальной системой охлаждения. Стойкость охлаждаемых металлических форм невелика. Например, при отливке труб массой до 50 кг форма выдерживает 400—500 заливок, а при отливке более крупных труб только 200—300 заливок. Это объясняется тем, что при интенсивном водяном охлаждении в металлических формах (изложницах) возникают трещины, вследствие чего уменьшается срок их службы.

Сухие теплоизоляционные покрытия применяются для создания постоянного теплового режима формы, увеличения ее срока службы, а при литье чугуна для получения отливок без отбела. В качестве сухих покрытий применяют пылевидные огнеупорные материалы, которые наносятся на рабочую поверхность формы. К таким материалам относятся кварцевый песок, фосфоритная мука и др. Присыпка на поверхности формы удерживается действием центробежной силы. Обычно присыпка вводится узким

совком при вращении формы с постоянной скоростью. При пылевидном покрытии снижается скорость охлаждения отливки, но полностью избежать отбела чугуна не удастся, кроме этого отливка получается несколько шероховатой; припуск на обработку должен быть не менее 4 мм на сторону. Применение присыпки увеличивает стойкость формы до 7 раз. При отливке цилиндрических втулок с толщиной стенки 10—12 мм и диаметре до 100 мм стойкость формы может быть доведена до 3500 заливок чугуном. Цветные сплавы отливать с присыпкой форм не следует.

Футерованные песчаные формы применяются для получения фасонных отливок, затрудняющих усадку. Футерованные формы обычно изготавливают вне центробежной машины. Поэтому такой процесс требует нескольких сменных форм. Песчаные формы могут футероваться обычной формовочной смесью, стержневыми и специальными смесями. Сухие формы, кроме отливки труб, применяются и для фасонных деталей. Для серийного и массового производства разработаны механизированные способы изготовления таких форм: уплотнением вибрацией, на специальной пуансоношнековой машине, накаткой песчаной смеси на поверхность формы и пескодувным методом.

Машины для центробежного литья тел вращения бывают двух типов: шпиндельные и роликовые. Для литья коротких втулок, гильз, колец применяют шпиндельные машины с горизонтальной осью вращения, для литья длинных труб роликовые машины с горизонтальной осью вращения, а для литья фасонных деталей машины с вертикальной осью вращения.

На рис. 223 приведена шпиндельная центробежная машина для литья втулок, гильз, маслот. На этой машине можно изготавливать цилиндрические заготовки диаметром до 300 и длиной до 350 мм; максимальная масса отливки 100 кг.

Основными узлами машины являются изложница, вал с подшипниками, привод, ограждение с устройством для охлаждения изложницы, заливочный желоб, станина. Толщину стенок изложницы выбирают в указанной ниже зависимости от наружного диаметра отливки:

Диаметр отливки в мм	До 100	100—200	200—300	300 и выше
Толщина стенки в мм	30—35	35—40	40—45	45—50

Внутри пустотелой станины помещен электродвигатель 1, от которого через ременную передачу и ступенчатые шкивы 2 передается движение полуму вала 3, на конец которого насаживается металлическая форма-изложница 4. Вал машины имеет две опоры на подшипниках качения 6. Число оборотов вала — 625, 1000

и 1610 об/мин. Быстрая остановка изложницы осуществляется колодочным тормозом 11. Внутренняя поверхность формы имеет небольшой конус для легкого извлечения из нее отливки. Форма охлаждается водой и закрывается крышкой 5, которая имеет внутри отверстие диаметром, равным внутреннему диаметру отливки. Для предотвращения отбела торцевой части отливки

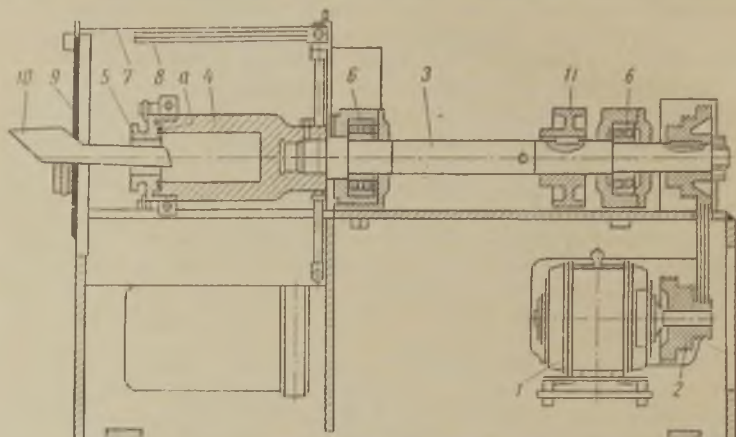


Рис. 223. Шпидельная машина с горизонтальной осью вращения

в крышке делается проточка *a*, в которую набивается огнеупорная масса. Крышка крепится специальными гайками со срезанными фланцами. Металлическая форма помещена внутри кожуха 7, предназначенного для защиты от брызг жидкого металла и выбрасывания воды, охлаждающей форму. На передней торцевой части кожуха установлена на петлях дверца 9, имеющая в центре отверстие, через которое проходит заливочный желоб 10.

§ 3. ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ И ТРУБ

Центробежная отливка чугунных втулок. Число оборотов изложницы выбирается по указанным ранее в § 1 зависимостям. Процесс литья состоит из следующих операций.

1. Подготовка формы. Перед заливкой металла в форму ее необходимо очистить от остатков теплоизолирующей присыпки струей сжатого воздуха или щеткой. Форма должна быть нагрета до температуры 150—200° С. Такая температура поддерживается и при следующих заливках. Затем форму закрывают крышкой, которую тщательно закрепляют, чтобы она не открывалась при вращении формы.

2. Покрытие изложницы теплоизоляционным слоем. После закрытия формы включают двигатель и приводят форму во вращение. Затем с помощью совка засыпают покрытие. Толщину теплоизолирующего слоя берут в указанной ниже зависимости от толщины стенки отливаемой втулки:

Толщина стенки в мм	До 10	10—15	15—20	Св. 20
Толщина теплоизолирующего слоя в мм	1,5	2,5	4,0	5

Присыпка должна быть хорошо просушена и просеяна через мелкое сито (№ 0063; 005).

3. Перед заливкой желоб нагревают и вводят в изложницу так, чтобы металл, заливаемый в желоб, не застывал. Желоб должен быть установлен по возможности ниже, чтобы уменьшить высоту падения металла. Заливочный ковш следует футеровать по шаблону соответственно массе отливки. Этим обеспечивается приблизительная дозировка металла по объему, которая последнее время вытесняется дозировкой по массе. Металл не должен переливаться через край желоба. Заливка должна производиться без перерыва струи. Продолжительность заливки 5—10 сек (для отливок массой до 10 кг), а при более крупных отливках не должна превышать 15 сек. Температура чугуна при заливке в форму не должна быть чрезмерно высокой, так как это приводит к пригару песка, усадочной пористости и другим дефектам в отливках. Интервал между двумя заливками не должен превышать 6—8 мин.

4. Охлаждение и извлечение отливок из изложницы. После заливки медленно отодвигают желоб и выключают водяное охлаждение. Изложница вращается до тех пор, пока температура отливки не снизится до 700° С. Для ускорения охлаждения отливки можно после затвердевания обдувать ее сжатым воздухом. После того, как отливка остыла, включают охлаждение и останавливают машину. Затем освобождают крышку изложницы и снимают ее ломиком; отливку удаляют клещами или толкателем. Форму продувают сжатым воздухом, и все операции повторяются вновь. При работе с футерованными крышками (для предупреждения отбела отливок с переднего торца) необходимо иметь несколько крышек для обеспечения ритмичной работы.

Отливка чугунных маслот. Для отливки чугунных маслот и втулок без отбела применяют формы, футерованные формовочной смесью. Футеровочная смесь имеет прочность 0,4—0,5 кг/см² (40—50 кн/м²); влажность смеси 4—4,5%.

Для нанесения футеровки изложница с двумя крышками устанавливается на ролики центробежной машины, внутрь вращающейся формы засыпается формовочная смесь, которая под дей-

ствием центробежной силы распределяется неровным слоем по поверхности формы. Внутри изложницы двумя домкратами укрепляется скребок, плавно перемещающийся по вертикали. При помощи этого скребка 1 рассчитанная доза формовочной смеси распределяется при вращении изложницы и образует профиль наружной поверхности втулки (рис. 224, а). При опускании скребка слой формовочной смеси уплотняется и прочно удерживается на стенках изложницы. Окончательная отделка производится пакаткой поверхности формы валиком 2 (рис. 224, б).

Центробежное литье труб. Существует два способа центробежного литья труб: в металлические и в футерованные песчаные

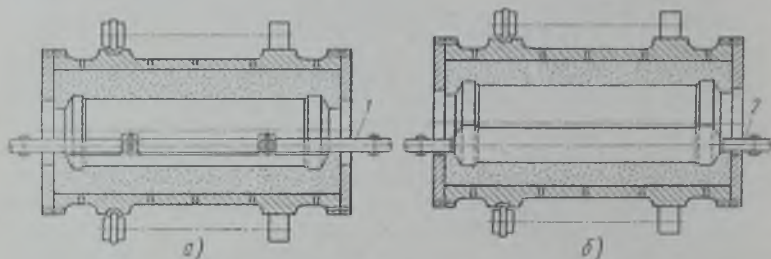


Рис. 224. Нанесение футеровки на изложницу

формы. Основным недостатком центробежного литья в металлические формы является то, что трубы отбеливаются, становятся хрупкими и поэтому их необходимо отжигать. При литье в песчаные (футерованные) формы снижается производительность процесса, так как не необходимо готовить формовочную смесь, уплотнять ее в изложницах, кроме того, производить выбивные и очистные работы, использовать соответствующее дополнительное оборудование. Большое распространение нашел первый способ отливки труб.

На рис. 225 показана роликовая центробежная машина для отливки чугунных труб в металлические формы конструкции НИИЛитмаш. Машина имеет подвижную изложницу, а заливочный желоб и клещи для извлечения отливок неподвижны. Изложницы можно охлаждать как обрызгиванием, так и в ванне с водой. Изложница 1 представляет собой гладкий цилиндр с раструбом на одном конце. Изложница устанавливается на четырех роликах. Для фиксации изложницы в осевом направлении на нее надевается кольцо, упирающееся в ролики 2. В раструбном конце изложницы закрепляется шкив клиноременной передачи и вставляется патрон с песчаным стержнем для образования кольцевого паза в раструбной части трубы. В хвостовой части изложницы закрепляется втулка, ограничивающая длину отливаемой трубы. Изложница приводится во вращение электродвигателем 3 постоянного тока.

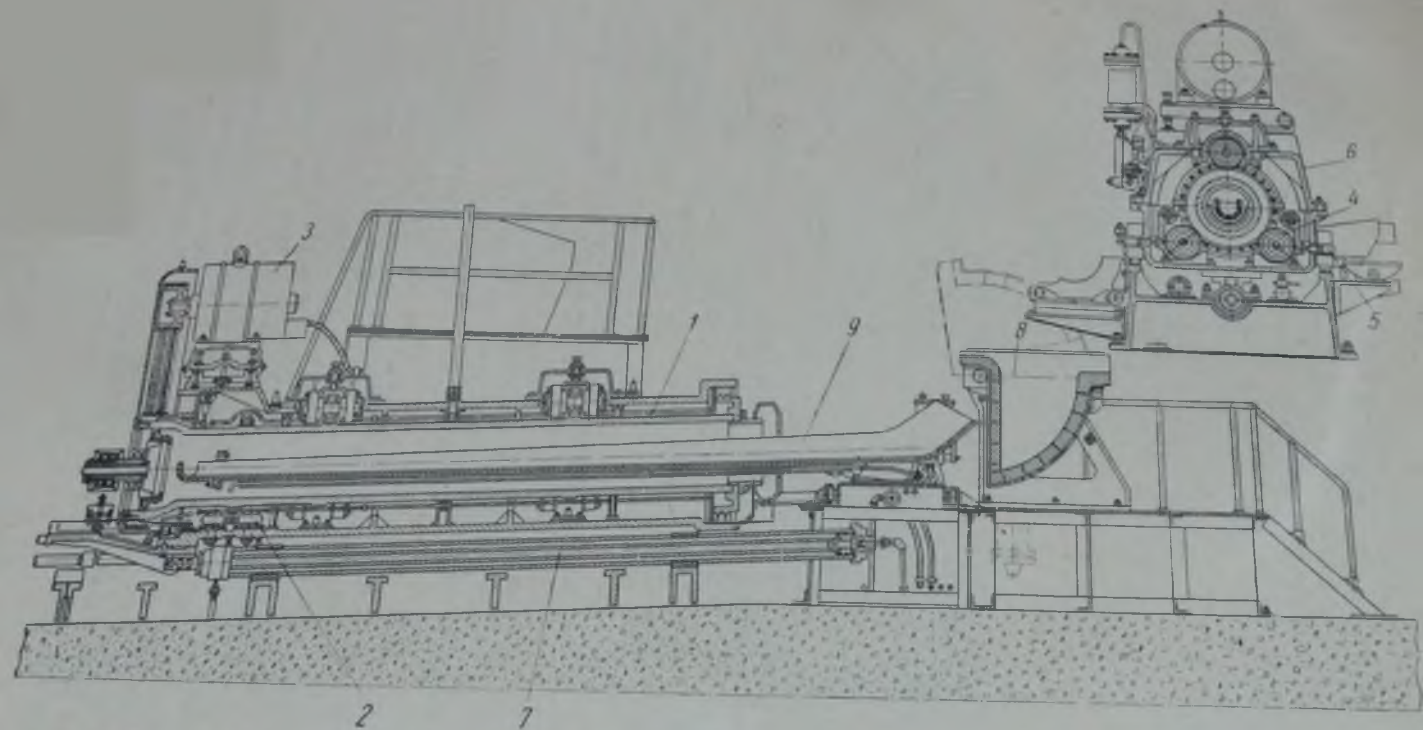


Рис. 225. Центробежная машина для отливки труб в металлические формы конструкции НИИЛитмаш

На машине можно отливать трубы различного диаметра. Положение оси изложницы остается постоянным, а регулируется положение опорных роликов 4, установленных на поворотных кронштейнах, закрепляемых упорными болтами 5. Изложница с опорными роликами и системой охлаждения расположена в жестком массивном корпусе 6, который опирается на направляющие станины четырьмя ходовыми роликами. Корпус изложницы перемещается гидроцилиндром 7. Заливочное устройство состоит из мерного ковша 8 и желоба 9. Мерный ковш выложен огнеупорным составом. Поворот ковша производится гидроцилиндром через реечную передачу.

Механизм для извлечения трубы из изложницы состоит из клещей, которые захватывают трубу изнутри и удерживают ее на месте, в то время как изложница перемещается, освобождая трубу.

Трубы, отлитые в металлические формы, имеют поверхностный отбел *HV* 580—640 и поэтому подвергаются отжигу. Отжиг производится при температуре 950—960° С и выдержке 50 мин. Для труб небольших размеров (диаметром 80—150 мм) выдержка составляет 30 мин. После термической обработки и очистки от окалины трубы асфальтируют в ваннах. Температура труб при опускании в ванну примерно 150° С. После асфальтирования трубы подвергаются гидроиспытанию.

Центробежная отливка чугунных труб в футерованные изложницы производится на таких же машинах, как и в металлических изложницах без покрытий. Теплоизолирующие покрытия, применяемые при литье труб, бывают сухие (сыпучий материал без связующего или с добавкой порошкообразного связующего), жидкие водные суспензии различного состава и водные растворы. Сухие покрытия наносят с помощью желоба, вводимого во вращающуюся изложницу, нагретую до 200° С. Если сухие покрытия имеют связующее, то смесь полностью отвердевает за 1—2 мин. Жидкие покрытия наносятся на изложницу с помощью специальной трубки, имеющей на одном конце бачок; состав заливают в изложницу таким же образом, как и металл. Однако покрытия как сыпучие, так и жидкие полностью не устраняют отбела труб и плохо предохраняют изложницу от разгара, в то время как литье в сухие песчаные формы гарантирует получение труб без отбела.

Песчаная форма для центробежного литья труб (рис. 226) состоит из металлической изложницы 1, выполняющей роль опоки, песчаной футеровки 2, раструба 3, ограничивающего стержня 4, крышек 5 и 6. Формы изготавливаются в массовом производстве на карусельных установках.

Центробежное литье цветных сплавов (втулок, колец, венцов, шестерен) широко применяется в промышленности. Центробежным литьем изготавливают из бронзы ОЦ10-2 крупные барабаны массой до 7,5 т для бумажных машин, наружный диаметр от-

ливки 1000 мм, толщина стенки 80 мм, длина 3500 мм. Эти отливки получают на горизонтальной центробежной машине. Стальную изложницу во время заливки металла охлаждают водой. Мощность электродвигателя, вращающего изложницу, 170 квт. Перед заливкой изложницу нагревают до 120° С. Средняя скорость наращивания толщины стенки при заливке 1,5 мм/сек. Крупные бронзовые отливки, такие, как венцы шестерен, отливают на Ново-Краматорском заводе центробежным способом в комбинированных формах. Массивная часть отливки формируется в кокилях, а более тонкая в стержнях.

Литье бронзовых заготовок производится центробежным способом и в песчаные формы.

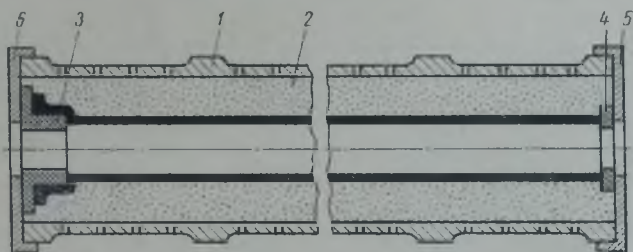


Рис. 226. Песчаная форма для центробежного литья труп

Для получения качественных отливок необходимо соблюдать следующие технические требования: 1) не допускать бнения формы и резкого местного охлаждения отливки; 2) заливать металл струей большого сечения, выдерживать оптимальную температуру заливаемого металла. Опытным путем установлено, что эта температура для бронзы Бр. АЖ 9-4 около 1000° С, Бр. ОФ 10-1 в пределах 1020—1050° С; для сплава АМцС 58-2-2 около 1030° С. Втулки средних размеров из медных сплавов льют в металлические формы либо без покрытия, либо в формы, покрытые ацетиленовой копотью.

Втулки из оловянной бронзы лучше отливать в стальные изложницы; втулки из высокосвинцовистых бронз во избежание ликвации по плотности должны отливаться при медленном вращении формы и интенсивном ее охлаждении.

Стальные изложницы для литья втулок из оловянных бронз следует натирать графитом или окрашивать графитовой водной краской. Нагревать изложницы перед заливкой выше 250° С не следует.

Центробежное литье биметаллических заготовок. Биметаллическое изделие состоит из двух различных сплавов: наружный или внутренний слой такого изделия изготавливается из специального сплава с требуемыми свойствами, а основная масса из черного или другого недефицитного сплава.

В машиностроительном литье детали из биметалла применяются в основном взамен дорогостоящей бронзы, что позволяет резко снизить расход бронзы на единицу продукции, уменьшить стоимость изделий.

Биметаллические втулки и заготовки, имеющие форму тела вращения, целесообразно отливать центробежным способом тремя методами: 1) свободной заливкой расплава, образующего внутренний слой заготовки, в полость вращающейся твердой втулки (основы из другого сплава); 2) расплавлением твердой шихты для образования внутреннего слоя заготовки внутри закрытой с торцев полости вращающейся втулки-основы; 3) последовательной заливкой двух расплавов, образующих наружный и внутренний слой заготовки.

При литье биметаллической втулки первым из указанных методов в качестве материала для основы втулки применяется сталь, содержащая до 0,3% углерода, а для внутреннего слоя главным образом оловянная бронза. Более углеродистые и легированные стали не обеспечивают хорошего сцепления с бронзой. До заполнения втулки (основы) расплавом ее необходимо подвергать тщательной очистке от окалины, масла и других загрязнений.

Во втором методе втулка изготавливается из стандартной трубы с последующей завальцовкой или приваркой доннышек. Расплавление бронзы внутри втулки-заготовки можно производить вне машины для центробежного литья.

При получении биметаллических втулок методом последовательной заливки слоев металла необходимо иметь два плавильных агрегата для расплавления: в одном стали, а в другом бронзы. Температура изложницы перед заливкой должна быть 150—200° С. Окружная скорость изложницы 8 м/сек.

Весовые скорости подачи жидкой стали во вращающуюся изложницу 1 кг/сек и бронзы 0,5 кг/сек. Сначала заливают сталь, затем дается выдержка 15—20 сек (во время движения изложницы), после чего заливают бронзу — получается биметаллическая втулка.

ГЛАВА III

ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сущность процесса литья под давлением состоит в том, что расплавленный металл подается в металлическую форму под избыточным давлением. Сочетание двух особенностей процесса (металлической формы и высокого давления) позволяет значительно улучшить качество отливки. Высокая чистота поверхности и точность размеров рабочей полости прессформы (формы для литья под

давлением) обеспечивает получение точных отливок с чистой поверхностью, практически не требующих дальнейшей механической обработки, а высокое давление на жидкий металл значительно увеличивает заполняемость формы.

Для литья под давлением применяют специальные машины, на которых и осуществляются основные технологические операции.

На рис. 227 приведена машина литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования. Прессформа для литья под давлением, состоящая из подвижной и неподвижной частей, закрепляется соответственно на подвижной 2 и неподвижной 4 плитах машины специальными болтами или скобами. Правильность установки

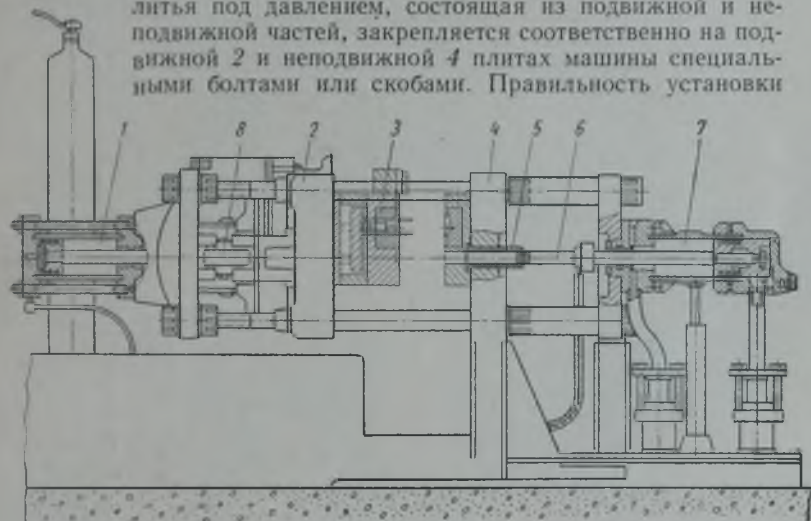


Рис. 227. Схема машины для литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования

формы и ее центровка проверяются открытием и закрытием ее с помощью механизма запертия 8 прессформы 3, приводимого в движение гидроцилиндром 1.

Процесс литья начинается с подогрева прессформы, заливочного стакана 5 и прессующего поршня 6. Для этого рабочий-оператор заливает несколько раз металл в прессформу. Получаемые отливки, как правило, имеют брак, их затем переплавляют. После подогрева форму смазывают. Температура нагрева прессформы зависит от заливаемого в нее сплава. Так, для цинкового сплава прессформу нагревают до 200°C ; алюминиевого — $160\text{—}180^{\circ}\text{C}$ и для латуни $200\text{—}220^{\circ}\text{C}$. Особенно смазывают трущиеся части прессформы, прессовый стакан 5 и поршень 6. Кроме того, несколько раз открывают и закрывают прессформу без заливки в нее металла для проверки ее работы.

После проверки работы прессформы регулируют скорость прессования. Она зависит от рода сплава, сложности и требований,

предъявляемых к отливке. Подвижная и неподвижная половины прессформы соединяются и скрепляются механизмом 8. В прессовый стакан 5 ложкой заливают расплавленный металл (рис. 228, а), включают механизм запрессовки 7, и поршень 6 (рис. 227) вытесняет жидкий металл в полость формы (рис. 228, б). Температура заливки зависит от применяемого сплава: цинковые сплавы заливают при 410—420° С, алюминиевые 640—660° С, латуни 980—1100° С.

После заливки металл выдерживается в форме несколько секунд, затем прессформа раскрывается и из нее выталкиваются

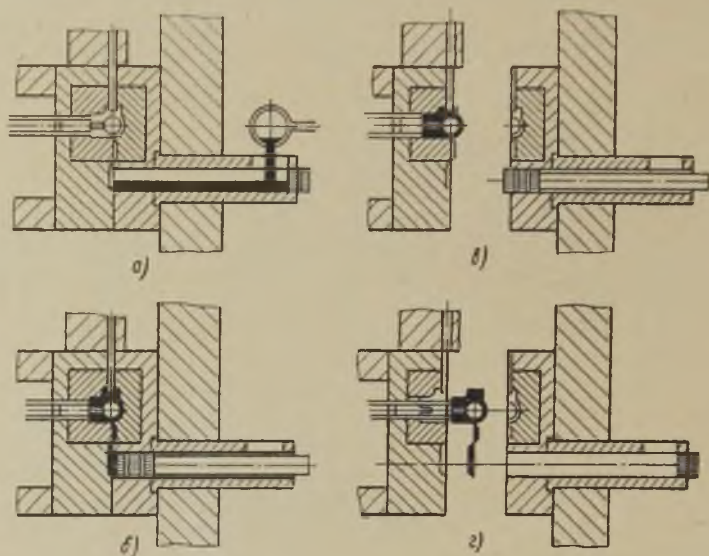


Рис. 228. Основные технологические операции литья под давлением

отливки (рис. 228, в и г). Готовые отливки с литниковой системой транспортируются в очистное отделение. Литье под давлением является наиболее прогрессивным способом изготовления отливок из цветных сплавов (цинковых, алюминиевых, магниевых, латуни) и в последнее время широко применяется в точном приборостроении, автомобильной, тракторной, текстильной, электротехнической и других отраслях промышленности.

Основные преимущества литья под давлением: высокая производительность, возможность получения сложных тонкостенных отливок с минимальной механической обработкой, чистой и гладкой поверхностью, мелкозернистой структурой и высокими механическими свойствами.

Литьем под давлением получают сложнейшие отливки со стенками толщиной до 0,8 мм, практически не требующие механической обработки. Точность изготовления отливок достигает 5-го,

а иногда и 3-го классов точности, шероховатость поверхности отливок соответствует 5—7-му классам чистоты. Припуски на механическую обработку не превышают 0,8 мм.

При литье под давлением металлическая форма быстро отводит тепло от небольшой массы отливки. Отливка охлаждается очень быстро, структура ее получается мелкозернистой, механические свойства более высокими.

Однако литье под давлением имеет ряд особенностей. В процессе заполнения вместе с жидким металлом в форму попадает воздух, который затем образует в отливке газовую пористость, что во многих случаях затрудняет механическую, а также и термическую обработку отливок.

Чтобы уменьшить пористость отливок, применяют вакуумирование полости прессформы. Кроме того, последнее позволяет получать отливки со стенками толщиной на 25% меньше по сравнению с обычным литьем под давлением, улучшает поверхность отливки. Однако вакуумирование прессформы усложняет машину и несколько снижает ее производительность.

На практике существует несколько способов вакуумирования полости прессформы. Один из способов представлен на рис. 229. Канал 4, проходящий между двумя половинами прессформы, соединяет вакуумную систему с внутренней полостью прессформы. Вакуум, создаваемый во внутренней полости прессформы и камере прессования 2, регулируется с помощью клапана 5, управляемого соленоидом.

Предохранительное приспособление 3 не позволяет металлу проникать в вакуумную систему. Установка работает следующим образом: в начальный момент прессформа закрыта. После заливки металла плунжер 1 подается вперед, и в момент, когда заливочное отверстие прессформы перекрывается, открывается клапан 5. Вакуум создается мощным насосом так быстро, что воздух из внутренней полости прессформы и камеры прессования удаляется прежде, чем металл заполнит полость прессформы. Одновременно включается клапан 3, который не позволяет металлу проникать в вакуумную систему.

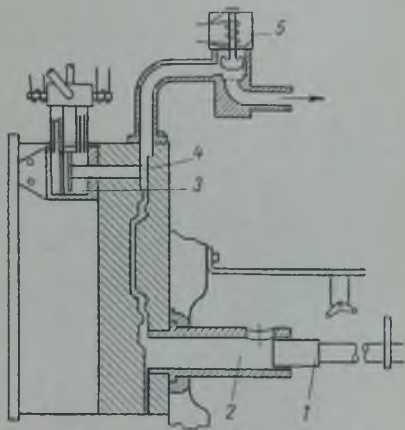


Рис. 229. Схема вакуумного приспособления для машин литья под давлением

Литье под давлением целесообразно использовать только в условиях массового или крупносерийного производства отливок, так как стоимость металлической прессформы высока. На практике применение литья под давлением экономически оправдывается, если нужно изготовить серию отливок не менее 1000 шт.

Литье под низким давлением является дальнейшим развитием получения отливок на машинах литья под давлением компресорного типа. Сущность этого способа (рис. 230) состоит в том,

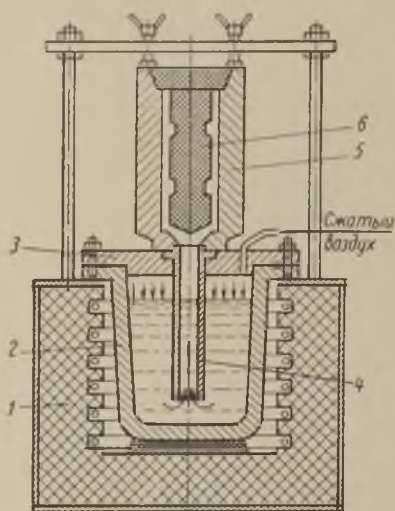


Рис. 230. Схема установки литья под низким давлением



Рис. 231. Отливка корпуса

что жидкий металл из раздаточной печи 1 под давлением воздуха или газа поднимается по опущенной в расплав трубке — металлопроводу 4 в форму 5, обычно металлическую, установленную на крышке 3 печи и имеющую стержень 6. После затвердевания отливки давление в тигле 2 уменьшают, выпуская газ из установки в атмосферу. Остатки жидкого металла из металлопровода сливаются в тигель.

При этом способе литья значительно сокращается расход металла на литниковые системы, благодаря чему возрастает выход годного. Литье под низким давлением можно использовать и в обычные песчано-глинистые формы, комбинированные формы — металлические с песчаными стержнями используют, главным образом, для получения крупногабаритных тонкостенных деталей из алюминиевых и магниевых сплавов (рис. 231), фасонных отливок из алюминиевых сплавов АЛ4, АЛ9 в металлических формах, а также массивных отливок из медных сплавов и стали.

§ 2. ПРЕССФОРМЫ

Прессформы изготовляют из специальных жаростойких хромистых сталей марок 3ХВ8, 4ХВ8, 5ХНМ, инструментальных углеродистых сталей У8, У10.

Стойкость прессформы определяется числом годных отливок, получаемых в ней.

Стойкость прессформы, изготовленной из термически обработанной стали, для отливок из алюминиевых сплавов составляет от 60 000 до 200 000, а прессформы из стали 3Х2В2 с присадкой

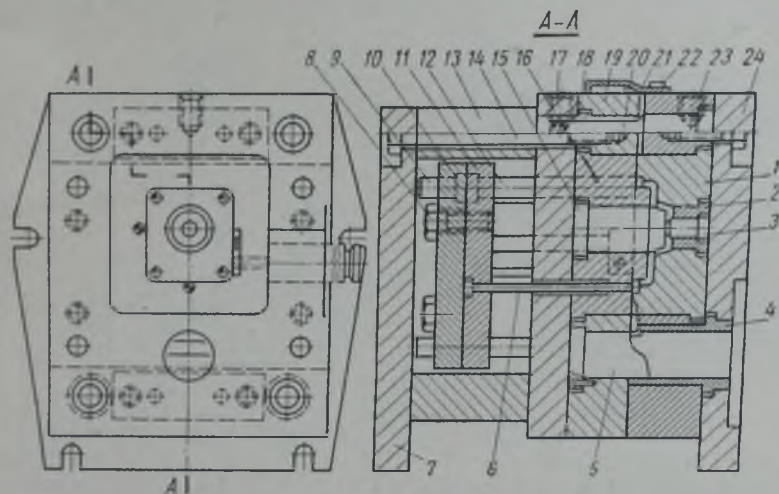


Рис. 232. Конструкция прессформы для литья под давлением

ванадия для отливок из латуни (60% Cu, 40% Zn) от 5000 до 50 000 отливок. По плоскости разъема прессформа (рис. 232) делится на две части: неподвижную (матрицу) и подвижную (пуансон), имеющую приспособление для выталкивания отливки. Матрица крепится к неподвижной части машины со стороны камеры прессования и связана с ней литниковым каналом. Отливка всегда находится в той части формы, которая имеет большее число выступов, образующих ее внутренние контуры и поднутрения.

Рабочую часть матрицы, соприкасающуюся с жидким металлом, изготовляют в виде сменных вкладышей 1. Литниковый канал выполняется в литниковой втулке 4. Вкладыш 1 матрицы и литниковую втулку 4 закрепляют на плите 23. Эта плита имеет направляющие колонны 20, устанавливающие в определенное положение части формы во время работы. К плите 23 винтами 22 крепят щит 21, предохраняющий от брызг металла. В этой же плите делают при необходимости каналы для охлаждения формы

и вентиляционные каналы для выхода газов и воздуха из полости прессформы. Некоторые стержни, оформляющие полость в отливке, устанавливают в матрице и закрепляют вкладыш 1, вставку 2, стержень 3 подкладной плитой 24.

Рабочая часть пуансона выполняется в виде вкладыша 16, устанавливаемого в плите 19. Для направления струи металла служит рассекатель 5. В местах расположения отверстий под направляющие колонны 20 матриц ставят сменные направляющие втулки 18. Стержни 15, рабочая часть которых направлена перпендикулярно плоскости разъема формы, закрепляют в ней

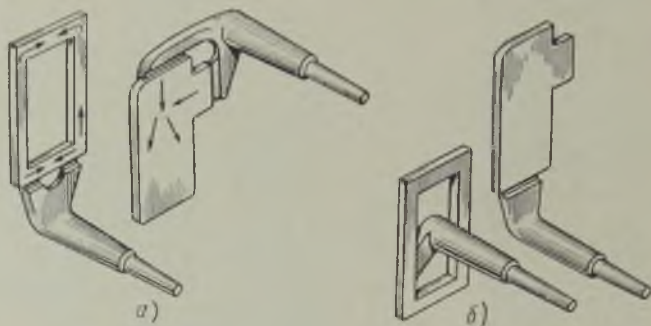


Рис. 233. Подвод металла в полость прессформы:

а — неправильный; *б* — правильный

неподвижно. В прессформах часто используют подвижные, а также и съемные стержни, для удаления их иногда применяют специальные механизмы — приводы.

Вкладыши, стержни и вставки крепят на плите пуансона подкладной плитой 17. Плиты пуансона и подкладную крепят болтами 14 к постаменту, состоящему из стоек 13 и плиты 7.

Отливка из подвижной части формы удаляется выталкивателями 6. Торцы выталкивателей устанавливают на 0,3—0,5 мм выше или ниже оформляющей поверхности прессформы. Выталкиватели 6 закрепляют в плитах 10 и 11, соединенных болтами 8 с приводом. Выталкиватели устанавливают в положение, которое они должны занимать при закрытой прессформе, с помощью контрвыталкивателей 12, а для удержания их при запрессовке металла в прессформу предусматривают упоры 9. Размеры рабочих поверхностей прессформы должны быть в пределах 3-го класса точности, а посадочные размеры сопрягаемых частей 2—3-го классов точности. Обычно основные элементы прессформы: плиты пуансона и матрицы, толкателей, сами толкатели, стержни, рассекатели и т. д. нормализованы, а вкладыши матрицы и пуансона делают сменными.

Для увеличения стойкости прессформы предусматривают охлаждение ее рабочей поверхности воздухом, а внутренних стенок — циркулирующей водой.

Литниковая система при литье под давлением должна обеспечить хорошее заполнение полости формы, удаление газов, минимальный износ струей жидкого металла ответственных частей формы, отсутствие местного перегрева, легкое удаление отливки из формы, высокую чистоту поверхности отливки. При разработке литниковой системы следует избегать резких поворотов и расширений, выступов и других препятствий на пути движения металла. Металл должен двигаться в полости формы так, чтобы не было завихрений и захвата воздуха (рис. 233).

§ 3. МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье под давлением осуществляется на машинах с горячей и холодной камерой прессования. **Машины с горячей камерой** прессования (рис. 234) применяют для легкоплавких сплавов

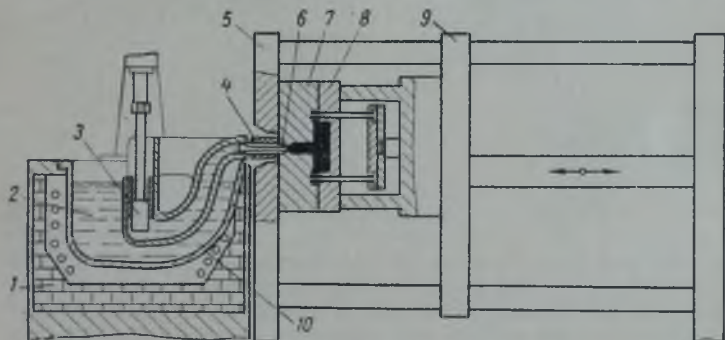


Рис. 234. Схема машины для литья под давлением с горячей камерой прессования:

1 — печь; 2 — ванна; 3 — прессовый поршень; 4 — электрообогреватель мундштука; 5 — неподвижная плита; 6 — мундштук; 7 — неподвижная часть прессформы; 8 — прессформа; 9 — подвижная плита

на основе цинка, свинца и олова. В таких машинах камера прессования помещается непосредственно в ванне с жидким металлом и подвергается воздействию температуры расплава. Часть литникового канала (гузнец), находящаяся над уровнем жидкого металла, в современных машинах обогревается дополнительно. При этом струя металла не застывает и легко поступает через канал гузнека и мундштука в металлическую форму. Современные машины с горячей камерой прессования работают с полуавтоматическим и автоматическим циклом. Печь вместе с камерой прес-

сования обычно представляет собой независимый агрегат, который легко может быть присоединен к машине или отсоединен. Обычно такие машины используют для литья цинковых сплавов, в последнее время их стали применять для изготовления отливок из магниевых сплавов. Однако машины с горячей камерой прессования имеют недостаток: некоторые рабочие органы машины (гузнец, камера прессования) постоянно находятся в расплаве и поэтому быстро выходят из строя. По этой же причине на машинах нельзя применять высокие давления прессования.

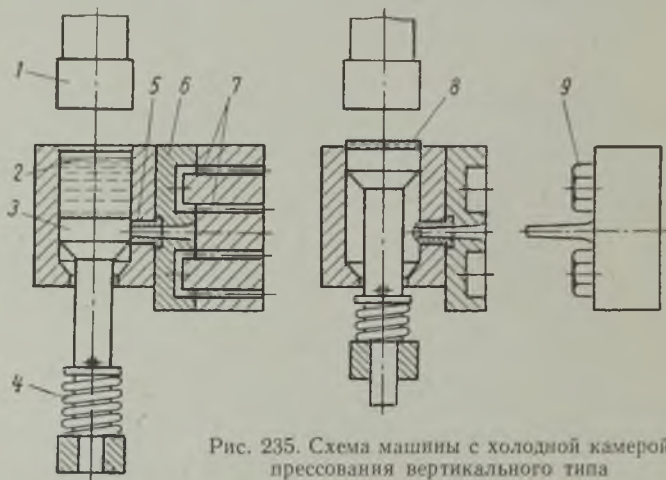


Рис. 235. Схема машины с холодной камерой прессования вертикального типа

Машины с холодной камерой прессования применяют главным образом для изготовления отливок из сплавов алюминия, меди и магния. Расплавленный металл обычно подается из печи в прессовый стакан мерным ковшом вручную или с помощью специальных автоматических устройств. Камера прессования может располагаться так, что прессующий поршень перемещается вертикально или горизонтально; соответственно различают и машины с вертикальной или горизонтальной камерами прессования. В последнее время преимущественно выпускаются машины с горизонтальной камерой прессования, так как на них можно развивать большие усилия прессования.

В современных машинах с холодной камерой прессования при литье алюминиевых и медных сплавов давление обычно достигает $300\text{--}1500 \text{ кг/см}^2$ ($30\text{--}150 \text{ Мн/м}^2$). Высокие давления прессования порядка 2000 кг/см^2 (200 Мн/м^2) характерны для современных машин с холодными камерами. Схема машины с горизонтальной камерой прессования приведена на рис. 227. На рис. 235 показана схема работы машины с вертикальной холодной камерой прессования. Расплавленный металл подается в ка-

меру для расплавленного металла 2 и запрессовывается поршнем 1 через мундштук 5 в прессформу, состоящую из подвижной половины 7 и неподвижной 6. Остаток металла 8 из камеры 2 выталкивается нижним поршнем 3 с пружиной 4. Готовая отливка 9 вместе с литниковой системой вынимается из подвижной части 7 прессформы. В промышленности используются машины с холодной горизонтальной камерой прессования марок: 515 (130), 516 (600), 517 (1000), 518 (1500), 519 (3000). В скобках указаны запирающие усилия в тоннах.

Современные машины для литья под давлением алюминиевых сплавов оборудованы автоматическими заливочными устройствами, плавильными печами с регулированием температуры сплава в раздаточной печи и автоматической подачей порции металла в форму. Например, один из принципов работы дозатора конструкции НИИТАвтопрома (рис. 236) основан на погружении в тигель 1 раздаточной печи вытеснителя 2. Таким способом из печи последовательно вытесняются одинаковые порции металла. При опускании вытеснителя не доходит до дна тигля. Величина хода вытеснителя контролируется концевым выключателем.

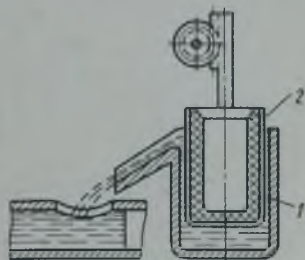


Рис. 236. Схема дозатора с вытеснителем

Вытеснитель изготавливается из огнеупорного материала и покрывается теплостойкой эмалью. Перемещение вытеснителя осуществляется механизмом с приводом от электродвигателя. Масса заливаемой порции жидкого металла зависит от хода вытеснителя. Ход вытеснителя и масса заливаемой порции металла регулируются приводной шестерней, связанной со счетчиком оборотов и автоматическим выключателем.

§ 4. СПЛАВЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Сплавы, применяемые для литья под давлением, должны обладать хорошей жидкотекучестью, возможно меньшей усадкой, узким интервалом кристаллизации, достаточной прочностью и пластичностью при высоких температурах, так как усадка отливок при литье под давлением полностью затруднена и в отливке могут возникнуть трещины.

Широко используются для литья под давлением цинковые сплавы. Они имеют низкую температуру плавления, обладают хорошей жидкотекучестью, высокими механическими свойствами с сопротивлением разрыву от 30 до 42 кг/мм² (300—420 Мн/м²). Наиболее распространены сплавы ЦАМ1 и ЦАМ4-3, содержащие от 3 до 4,5% Al и от 0,5 до 2,5% Cu.

Алюминиевые сплавы, применяемые для литья под давлением, должны обладать хорошей жидкотекучестью, незначительной усадкой и иметь минимальное содержание газов. Этим требованиям удовлетворяют сплавы АЛ2, АЛ4, АЛ9, а также сплавы АЛ3, АЛ5.

Магниевые сплавы для литья под давлением применяются для получения легких и прочных отливок. Они обладают незначительной плотностью ($1,8 \text{ Г/см}^3$), высокой электрической проводимостью, свойствами поглощения вибрации и сопротивления ударам. В основном используют сплавы МЛ5 и МЛ6.

Медные сплавы для литья под давлением применяются реже, чем цинковые и алюминиевые. Они обладают высокими механическими свойствами, стойкостью к коррозии и износу. Обычно применяют кремнистые латуни ЛК80-3-1, ЛК80-3-3, содержащие 2,5—4,5% Si.

ГЛАВА IV

ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сущность способа литья по выплавляемым моделям состоит в том, что вместо дерева или металла модель изготавливается из такого материала, который без разрушения формы можно выплавить или растворить и получить неразъемную форму, что обеспечивает высокую точность отливок. Чаще всего материалом модели является легко выплавляемая воскообразная масса. Процесс литья по выплавляемым моделям применяется для получения отливок сложной конфигурации с толщиной стенки до 0,5 мм преимущественно из стали и жаропрочных сплавов, трудно обрабатываемых механическим способом. Преимущества этого способа: возможность изготовления деталей из сплавов, не поддающихся механической обработке; получение отливок с точностью размеров до 4-го класса и шероховатостью поверхности до 6-го класса чистоты, что в ряде случаев устраняет механическую обработку; возможность получения узлов машин, которые при обычных способах литья пришлось бы собирать из отдельных деталей.

Прессформы для изготовления моделей. Выплавляемые модели изготавливаются в специальных прессформах (рис. 237). От точности изготовления прессформ и чистоты их рабочей поверхности зависит чистота поверхности и точность размеров отливок. Точность размеров и чистота поверхности рабочей полости прессформы должны быть на 1—2 класса выше требуемой точности и чистоты поверхности отливки.

Прессформы изготавливают из стали Ст. 3 и стали 45, алюминиевого сплава АЛ2, свинцово-сурьмяных сплавов, высококачественного гипса, эпоксидных смол ЭД5, ЭД6 и резины.

Выбор материала для прессформы зависит от характера производства. В условиях массового производства прессформы изготовляют из стали, а мелкосерийного производства — из гипса, пластмасс, свинцово-сурьмяных сплавов.

Прессформы могут быть изготовлены механической обработкой, отливкой по модели-эталону, способом электролитического нанесения металла на модель-эталон. Извлечение модели из прессформы без повреждений и искажений обеспечивается правильным выбором разъема, уклонов и применением выталкивающих устройств. Величина уклонов должна составлять не менее $0,5^\circ$.

§ 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ

Модельные составы. Для изготовления выплавляемых моделей применяют смеси или сплавы легкоплавких материалов, чаще всего органического происхождения. В качестве исходных материалов используют парафин, стеарин, церезин, буроугольный воск, торфяной битум, канифоль, полистирол, полиэтилен, этилцеллюлозу, жирные кислоты, озокерит и др.

Модельные составы для выплавляемых моделей должны обладать определенными свойствами: 1) температурой плавления $60\text{--}100^\circ\text{C}$, а температурой начала размягчения выше температуры рабочего помещения на $35\text{--}45^\circ\text{C}$; 2) минимальной и стабильной линейной усадкой, а также минимальным объемным и линейным расширением; 3) хорошей жидкотекучестью; 4) достаточной прочностью и твердостью для предохранения от повреждения поверхности моделей; 5) минимальной зольностью и неприлипаемостью к поверхности прессформ, инструменту и рукам рабочего; 6) химической инертностью по отношению к материалам прессформ и огнеупорных покрытий; 7) не выделять вредных паров при нагревании и сгорании; 8) возможностью многократного использования; 9) хорошей смачиваемостью облицовочным составом; 10) дешевой исходных материалов.

Наиболее распространены модельные составы, содержащие 70% парафина и 30% стеарина (ПС70-30) или 50% парафина и 50% стеарина (ПС50-50), а также содержащие 20% глицерина, 50% канифоли и 30% полистирола (КПСЦ-30-20).

Приготовление модельных составов и расплавление модельного возврата зависит от объема и степени механизации произ-

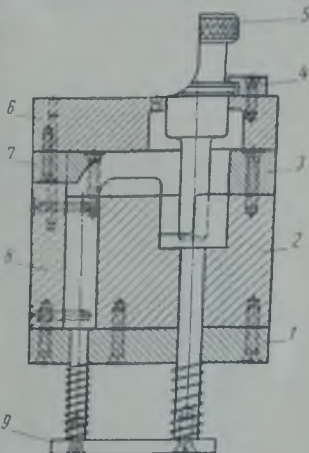


Рис. 237. Прессформа:

1 — основание; 2 — матрица; 3 — фасонная планка; 4 — замок; 5 — оправка; 6 — крышка; 7 — сухарь; 8 — пластина; 9 — плита выталкивателей

водства. Чаще всего применяют термостаты и различные специальные установки конструкции НИИЛитмаш и НИИТАвтопрома.

Парафино-стеариновые модельные составы готовят в термостатах с водяным обогревом (рис. 238). Рабочий бак 1 находится в резервуаре 2, заполненном теплопередающей жидкостью

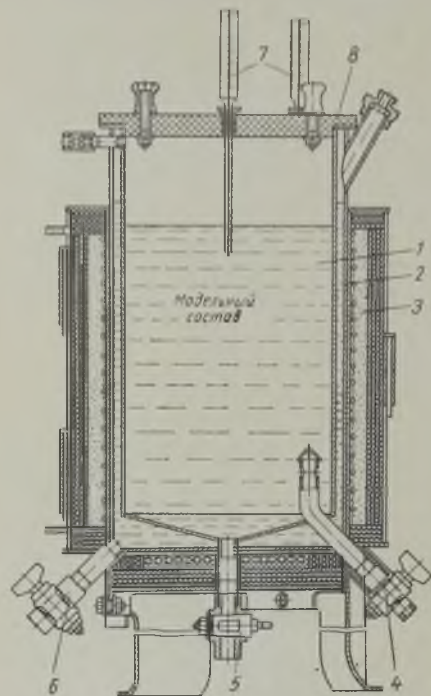


Рис. 238. Схема термостата с водяным обогревом

(водой, глицерином и т. д.) Глицериновую жидкость применяют в тех случаях, когда температура приготовления модельного состава превышает 90°C . Боковая поверхность и дно резервуара обогреваются электрической нихромовой спиралью 3. В рабочий бак 1 вмонтированы обогреваемый кран 4 для выпуска готового модельного состава и обогреваемый кран 5 для спуска осевшего на дно загрязненного модельного состава. Кран 6 служит для выпуска теплопередающей жидкости.

Температура расплавленного модельного состава и теплопередающей жидкости контролируется двумя термометрами 7, установленными в крышке 8 рабочего бака. Емкость бака определяется потребностью цеха в модельном составе.

В крупносерийном и массовом производствах отливок может быть использована установка для приготовления модельного состава конструкции НИИТАвтопрома, являющаяся частью автомата для изготовления выплавляемых моделей.

Технологический процесс приготовления модельного состава зависит от входящих в него компонентов. Например, парафино-стеариновые составы (ПС50-50 и ПС70-30) готовят следующим образом. Перед загрузкой в агрегат куски исходных материалов должны быть очищены от механических загрязнений. Плитки стеарина и парафина раздробляют, отвешивают требуемое количество и загружают в бак агрегата. Расплавленный до $80\text{--}85^{\circ}\text{C}$ модельный состав перемешивают и затем выдерживают в течение

15—20 мин для осаждения попавших загрязнений. Расплавленную массу процеживают через марлю, сливают в чистый сосуд и в процессе охлаждения ее тщательно перемешивают до пастообразного состояния. После достижения пастой температуры 42—45° С она передается на участок изготовления моделей.

Заполнение прессформы модельным составом производится свободной заливкой расплавленной массы, запрессовкой в пастообразном состоянии, заливкой и запрессовкой под высоким давлением.

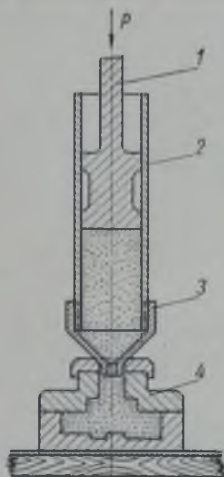


Рис. 239. Схема запрессовки модельной массы в прессформу:

1 — шиток; 2 — цилиндр; 3 — наконечник; 4 — прессформа

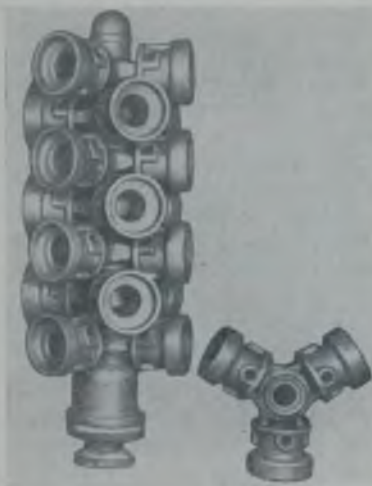


Рис. 240. Собранная «елка» — блок восковых моделей

Основным способом изготовления моделей является запрессовка пастообразного модельного состава в рабочую полость прессформы. Это обеспечивает лучшую точность и чистоту поверхности моделей. Для выполнения этой операции применяют установки, на которых приготовление пасты из жидкого расплава и запрессовка модельной массы в прессформы производится автоматически.

На рис. 239 приведена схема запрессовки модельной массы в прессформу. Перед запрессовкой легкоплавкой массы в прессформы последние очищают, а затем смазывают и собирают.

В качестве смазки для прессформ используется трансформаторное масло или касторовое масло, смешанное с этиловым спиртом в соотношении 1 : 1.

Готовые модели подвергаются осмотру. Модели хранятся либо в холодной проточной воде, либо в термостатах. Одновременно с изготовлением модели отливки изготавливают модели

элементов литниковой системы: стояка и воронки. Затем модели собирают в блоки («елки») с помощью припайки моделей отливок к моделям литниковой системы или механическим скреплением звеньев моделей на металлическом стояке — каркасе (рис. 240).

§ 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Процесс изготовления литейной формы включает подготовку материалов, формование керамической огнеупорной оболочки на поверхности модели, удаление модели из оболочки, формовку оболочки в наполнителе и прокалку формы.

Исходными материалами для изготовления оболочки являются кварцевый песок марок 1К016 или 1К020 с содержанием 20—30% фракции 02 и 30—35% фракции 016, пылевидный кварц, гидролизированный раствор этилсиликата и 15%-ный водный раствор едкой щелочи.

Этилсиликат — сложное химическое соединение, основой которого является эфир ортокремниевой кислоты, содержащей от 28 до 45% SiO_2 .

Подготовка исходных материалов. Пылевидный кварц и кварцевый песок перед употреблением тщательно промывают водой с целью удаления глинистых составляющих, а затем прокаливают при 950°C в течение 3 ч.

Для сообщения этилсиликату вяжущих свойств осуществляют операцию гидролиза этилсиликата в смеси воды, спирта и соляной кислоты. В результате гидролиза образуется золь кремниевой кислоты, обладающий высокими вяжущими свойствами. Для гидролиза этилсиликата применяется этиловый спирт, дистиллированная вода, концентрированная соляная кислота, этилсиликат с содержанием 28—32% SiO_2 . На приготовление литра гидролизованного этилсиликата расходуется: этилового спирта (88%) 160 см^3 , дистиллированной воды 120 см^3 и соляной кислоты плотностью $1,19\text{ Г/см}^3$ — $5,5\text{ см}^3$. Гидролиз этилсиликата производится в специальных гидролизерах.

Приготовление огнеупорных покрытий. Огнеупорную суспензию рекомендуется готовить в специальной мешалке (рис. 241). В бак загружается пылевидный кварц и добавляется связующее — гидролизированный раствор этилсиликата. Смесь тщательно перемешивается до полного удаления пузырьков воздуха. После этого проверяется вязкость состава.

Покрытия на модели наносятся окунанием их, обливанием или пульверизатором. Наиболее распространен способ окунания, так как он обеспечивает качественное покрытие. Окунание осуществляется одно-двух- или трехкратным погружением модельного блока «елки» в огнеупорную суспензию с выдержкой на воздухе после каждого погружения в течение 10—20 сек. После

окувания модельный блок-«елка» обсыпается песком 1К016 на специальной установке (рис. 242). Затем модельные блоки-«елки» высушиваются в специальных шкафах. При сушке «елок» на воздухе их выдерживают от 4 до 6 ч при 18—20° С. При сушке в среде аммиака продолжительность выдержки сокращается до 2 ч. Для второго и третьего слоя оболочки лучше применять песок 1К04. В некоторых случаях с целью экономии дорогого огнеупорного покрытия на основе этилсиликата для второго и третьего

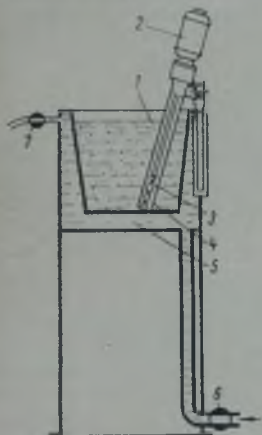


Рис. 241. Мешалка для приготовления огнеупорной суспензии:

- 1 — бак; 2 — электродвигатель;
3 — вращающийся винт; 4 — ко-
жух; 5 — резервуар с водой;
6 и 7 — краны

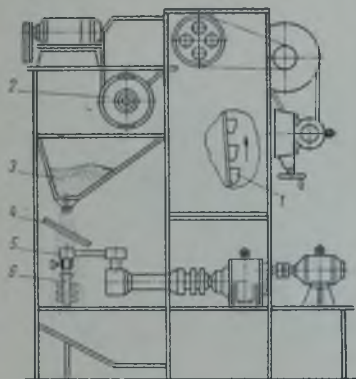


Рис. 242. Установка для обсыпки песком модельных блоков:

- 1 — элеватор; 2 — барабан; 3 — бункер; 4 —
сито; 5 — механическая рука; 6 — модельный
блок

слоев огнеупорного покрытия применяют огнеупорную суспензию с жидким стеклом в качестве связующего. После нанесения на блок выплавляемых моделей огнеупорного покрытия (2—3 слоя, в некоторых случаях и 5 слоев) производится удаление модельного состава из полости форм выплавлением. Модельный блок с огнеупорным покрытием нагревается в камерных электрических печах, в горячей воде, сжатым воздухом или паром. Парафино-стеариновые, парафино-церезиновые, а также парафино-стеариновые с добавкой этилцеллюлозы модельные составы рационально выплавлять горячей водой при 80° С. Потери модельного состава составляют от 5 до 10%, возврат модельного состава в количестве 90—95% используется для изготовления новых моделей.

На рис. 243 приведена схема установки для выплавления модельного состава горячей водой. Оболочки 1 подвешиваются

на приспособление 2 и опускаются в горячую воду 3. Вода нагревается газовыми горелками 4, температура ее поддерживается постоянной терморегулятором 5. Через 2—3 мин удаляются металлические стойки, а оболочки снова опускаются в воду на 8—10 мин. После этого модельный состав из оболочки выливается

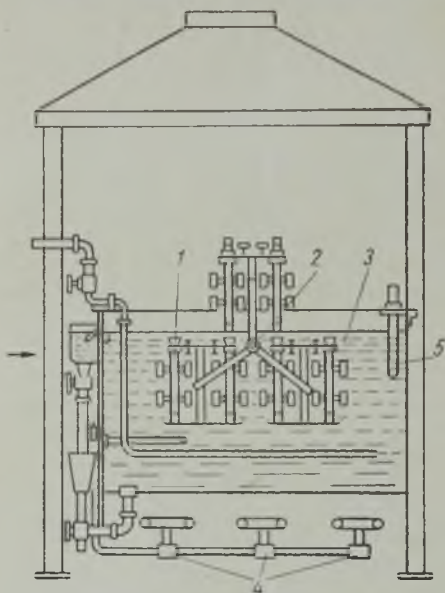


Рис. 243. Схема ванны для выплавления модельного состава горячей водой

в воду и полость оболочки промывается водой. На этом процесс удаления модельного состава заканчивается. На такой установке выплавляется до 50 модельных блоков в час.

После удаления из блока легкоплавкого модельного состава приступают к изготовлению формы. Оболочки формуют в жаропрочной опоке; из бункера насыпают наполнитель и его уплотняют, а затем форму прокаливают в электрических или газовых печах. Формы нагревают в печи до 850—900° С и выдерживают при этой температуре не менее двух часов. Опоки устанавливают литниковой чашей вверх и закрывают специальной крышкой.

§ 4. ПЛАВКА И ЗАЛИВКА МЕТАЛЛА В ФОРМЫ. ВЫБИВКА И ОЧИСТКА ОТЛИВОК

Для литья по выплавляемым моделям могут быть использованы сталь, чугун, цветные, легкие и жаропрочные сплавы. К качеству металла отливок предъявляются те же требования, что и к отливкам, получаемым другими способами. Поэтому металл из любого плавильного агрегата может быть использован и для литья по выплавляемым моделям. Плавка металла для заливки форм осуществляется по обычной технологии.

При плавке специальных сталей легирующие материалы, такие, как никель и ферровольфрам, необходимо вводить незадолго до полного расплавления или после загрузки последней порции стальной шихты, а феррованадий и ферротитан за 1—2 мин до выпуска металла из печи. Феррохром при выплавке нержавеющей и жаропрочных сталей 1X13, 2X13 и X18H9 следует вводить в несколько приемов во время перемешивания ванны. Ферромарганец вводят в последнюю очередь. Чтобы предупредить окис-

ление металла при плавке, для особо ответственных отливок рекомендуется применять в качестве защитной среды аргон, который подается в печь из баллона.

Заливка форм металлом может производиться различными способами в зависимости от размера и развеса отливок, состава сплава, способа заполнения формы и применяемых печей. Заливка может быть: 1) свободная, металл заполняет форму только под действием собственного веса, и 2) на центробежных машинах, металл заполняет форму и затвердевает под действием центробежной силы, развиваемой при вращении.

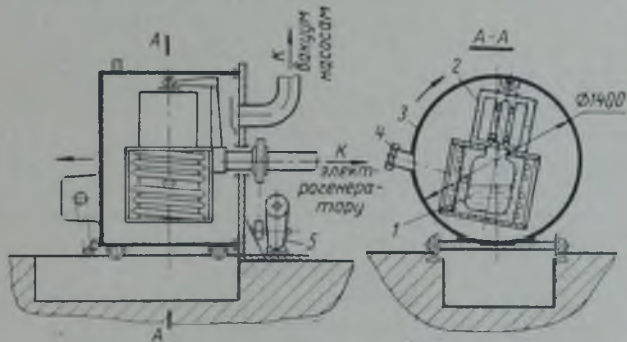


Рис. 244. Схема вакуумной установки для плавки и заливки окисляющихся сплавов

Заливку форм из печей емкостью до 30 кг рекомендуется производить из одного ковша. Обычно литьем по выплавляемым моделям изготавливают тонкостенные отливки, формы которых трудно заполняются жидким металлом, поэтому металл необходимо заливать при более высокой температуре.

Плавка и заливка металла под вакуумом. При литье жаропрочных сплавов, легированных легко окисляющимися элементами, в обычных условиях плавки и заливки в сплав попадают окисные пленки, понижающие прочностные свойства и жаропрочность отливок. Поэтому применяют плавку и заливку форм в вакууме или защитной среде. Отливки из таких сплавов обычно изготавливают по выплавляемым моделям.

В промышленности используется несколько типов установок для плавки и заливки форм в вакууме при изготовлении фасонных отливок из жаропрочных сплавов. К ним относятся, например, вакуумная установка, схема которой изображена на рис. 244. Емкость тигля 9—20 кг. Максимальные габариты опок 300 × 300 × 400 мм; мощность машинного генератора (ПВС-100) 125 кВт; продолжительность плавки 25 мин; вакуум-насосы обеспечивают разрежение 10 мм рт. ст. Механизм поворота тигля и формы вынесен за пределы вакуумной камеры. После расплав-

ления шихты металл выдерживают в печи в течение 1—2 мин, а затем печь 1 с закрепленной на ней керамической формой 2 внутри откатной камеры 3 поворачивают специальным механизмом 5, и металл из печи поступает в форму 2. При этом рабочий наблюдает за заливкой через окно 4. По окончании заливки камеру печи соединяют с атмосферой.

Выбивка отливок из форм и очистка отливок. После охлаждения форм производят выбивку отливок на специальных установках (пневматических) с поворотом опок на 180° , для того чтобы из опоки высыпался наполнитель. Отделение отливок от литников осуществляют следующими способами: 1) на вибрационных установках; 2) продавливанием стояка с отливками через обрезной штамп; 3) отрезкой ножовками, дисковыми пилами, фрезами и на шлифовальных станках; 4) отрезкой прибылей, а иногда и стояка газовыми горелками; 5) анодно-механической резкой.

Очистка отливок от огнеупорного покрытия является очень трудоемкой операцией при производстве отливок по выплавляемым моделям. На практике применяют несколько способов очистки: вибрационную, пескоструйную, гидropескоструйную, химико-термическую в растворах щелочей и кислот, а также в расплавленных солях и др. комбинированные способы. Кроме того, используют способы очистки, которые применяют и для обычного литья, с той разницей, что при очистке отливок дробью следует применять очень мелкую дробь (размером не более 0,3 мм), чтобы не исказить конфигурации отливок.

Для очистки отливок от керамической оболочки широко используют выщелачивание: в нагретую до 140°C ванну с 50%-ным раствором КОН погружают детали в специальных корзинах; керамическая корка взаимодействует со щелочью и разрушается ею.

Остатки литников зачищают на наждачных станках или зачистных полуавтоматах.

При отжиге отливок из стали обычно применяют для мелких отливок нормализацию в защитной атмосфере, т. е. такой атмосфере, в которой нет избытка кислорода и не происходит окисление поверхности отливки.

ГЛАВА V

ЛИТЬЕ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Литье в оболочковые формы является одним из прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих получение отливок повышенной точности в формах, изготовленных из термореактивных песчано-смоляных формовочных составов по горячим (металлическим) моделям. Особенностью способа литья в оболочковые

формы является получение отливок с чистой и гладкой поверхностью (4—5-й классы чистоты по ГОСТу 2789-59), с повышенной до 5—6-го классов точностью размеров.

Технологический процесс изготовления оболочковых форм (рис. 245) заключается в том, что односторонняя металлическая модельная плита 1 с металлическими моделями нагревается до 200—300° С, затем покрывается разделительной смесью для

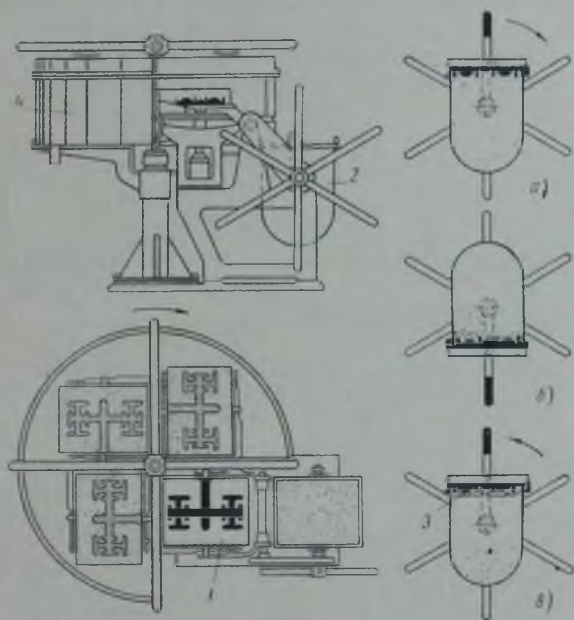


Рис. 245. Технологический процесс изготовления оболочек

устранения прилипаемости к ней формовочной смеси, закрепляется на бункере 2 с формовочной смесью моделью вниз (рис. 245, а), а затем бункер с формовочной смесью поворачивают на 180° (рис. 245, б). Песчано-смоляная смесь насыпается на горячую плиту и выдерживается в течение 15—20 сек. При этом частички смолы, входящие в состав смеси, расплавляются и связывают песчинки между собой. На поверхности моделей и модельной плиты образуется оболочка 3, состоящая из смеси песка и смолы.

По истечении указанного времени бункер возвращается в исходное положение (рис. 245, в). Смесь, не приставшая к модели, сыпается в бункер. Плита с образовавшейся корочкой снимается с бункера и помещается в печь 4 для спекания оболочки. Спекание оболочки в печи производится при 230—400° С. В течение 30—300 сек происходит окончательное твердение (по-

лимеризация) связующего, которое прочно скрепляет песчинки оболочки.

Затвердевшая оболочка снимается с плиты толкателями. Готовые оболочковые полуформы спариваются (склеиваются) или скрепляются или же засыпаются в опоках-контейнерах песком или металлической дробью. Заливка форм производится обычным способом.

Недостатки процесса: значительная стоимость формовочных смесей и высокая газотворная способность связующего — термоактивной смолы, вследствие чего повышается загазованность цеха и требуется усиленная вентиляция. В настоящее время в обо-

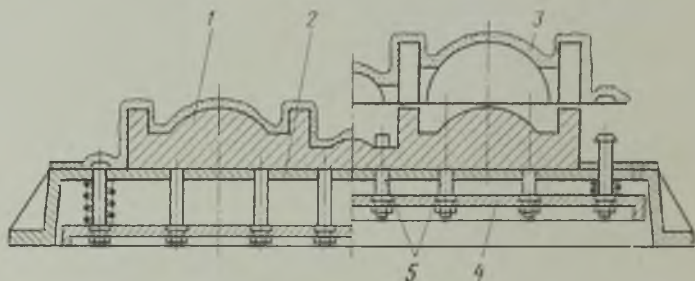


Рис. 246. Конструкция модельной плиты:

1 — металлическая модель; 2 — плита; 3 — оболочка; 4 — плита толкателей; 5 — толкатели

лочковых формах получают отливки массой до 100 кг с максимальным размером до 800 мм.

Модельная оснастка. Модели изготовляют из различных металлов: алюминия, бронзы, стали и серого чугуна, их делают массивными для сохранения тепла, необходимого для образования оболочки. Наилучшим материалом для изготовления моделей является перлитный серый чугун. Толщина стенок моделей должна быть не менее 12 мм, модельных плит 15—20 мм. Выступающие части модели, подвергающиеся быстрому охлаждению, делают сплошными. Для предохранения моделей и модельных плит от деформации предусматривают ребра жесткости, толщина ребер составляет 70—100% толщины стенок модели. Для того чтобы оболочка хорошо снималась с плиты, рекомендуется делать литейные уклоны: вертикальных стенок моделей и стержневых ящиков 0,5—1°, знаковых частей моделей, элементов литниковой системы и стержневых ящиков 2—5°. Поверхность модели изготовляют на 2 класса чистоты выше, чем поверхность отливки. Толкатели на плитах для съема оболочек располагают обычно по внешнему контуру модели на расстоянии не менее 3 мм от вертикальных стенок с таким расчетом, чтобы усилия равномерно распределялись по всей оболочке. Для небольших моделей достаточно располагать [в среднем на каждые 100 см² площади

плиты 1—2 толкателя. Ход толкателей обычно равен высоте модели. На рис. 246 приведена примерная конструкция модельной плиты. Разъем формы стремятся делать плоским. Припуски на механическую обработку можно назначать в пределах 1—3 мм, а в некоторых случаях 0,25—0,5 мм, когда обработка деталей производится шлифованием.

Формовочные смеси изготавливаются в лопастных, шнековых и других смесителях. Для приготовления формовочной смеси применяется сухой мелкий песок, который перемешивается в смесителях в течение 3—5 мин с увлажнителем, а затем вводится связующее — сухая смола, пульвербакелит. В качестве увлажнителей применяют керосин, машинное масло, жидкий бакелит, фурфурол и др. Песок смешивается со связующим (пульвербакелитом) в течение 5—8 мин. Для приготовления плакированных смесей, в которых каждая песчинка обволакивается связующим, можно применять шнековые смесители. В условиях специализированного цеха литья в оболочковые формы рекомендуется проводить регенерацию песка. Состав смесей для оболочкового литья приведен в разделе «Формовочные материалы».

§ 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

При изготовлении **оболочковых полуформ** песчано-смоляную смесь можно наносить на модельную плиту различными способами: а) свободной засыпкой из поворотного или стационарного бункера; б) пескодувным или пескострельным.

Для предупреждения прилипания смесей к модельным плитам и облегчения съема оболочек применяют разделительные составы. Разделительный состав СКТ-Р изготавливается из 35 г синтетического кремнийорганического термостойкого каучука (СКТ), представляющего собой однородный вязкий продукт, и 1000 см³ уайт-спирита — растворителя для лакокрасочной промышленности (плотностью 0,795 г/см³). Модельную оснастку предварительно покрывают разделительным составом и нагревают 1,5—2, ч при 200—220 °С. Разделительные составы наносят пульверизатором на рабочие поверхности оснастки через 15—20 съемов. Процесс изготовления полуформ-оболочек состоит из двух стадий: формирования и упрочнения оболочки.

На первой стадии термореактивная смола расплавляется и обволакивает песчинки, а на второй стадии происходят необратимые процессы твердения смолы, которая связывает песчинки в единую массу-корку. Поэтому машины, применяемые для изготовления оболочковых форм, обычно имеют печь, в которой происходит предварительный нагрев плит и окончательное твердение оболочки.

На рис. 247 представлена схема автомата АКФ-2К конструкции НИИТАвтопрома для изготовления оболочковых форм раз-

мерах 400×850 мм. Автомат имеет две рабочие позиции и состоит из плиты *б*, бункера *1* и колпачковой печи *2*, нагревающей оболочки и передвигающейся с одной рабочей позиции на другую. Перемещение оболочки и сбрасывание ее на ленточный конвейер *3* осуществляется промежуточным конвейером *4*.

Оболочковую полуформу удаляют съемником *5*, который перемещается от позиции к позиции вместе с колпачковой печью и после окончания процесса твердения оболочки приподнимает ее над модельной плитой *б* и вталкивает под колпачковую печь.

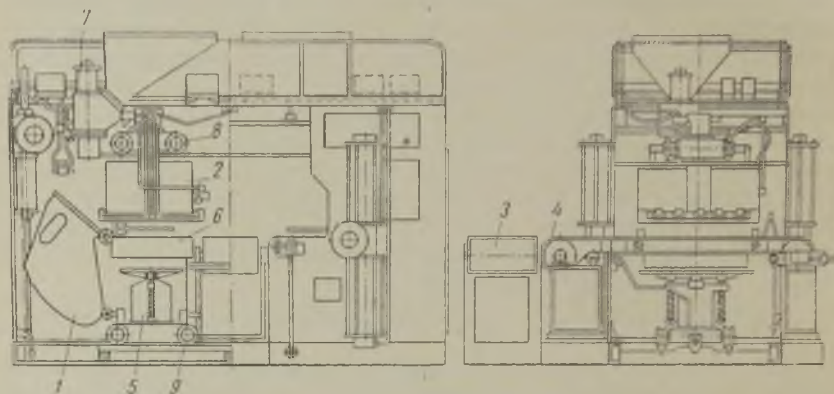


Рис. 247. Двухпозиционный автомат АКФ-2К

Песчано-смоляную смесь загружают в поворотный бункер *1* загрузочным механизмом *7*. Колпачковая печь и съемник установлены на верхней *8* и нижней *9* тележках, перемещаемых от позиции к позиции двумя пневматическими цилиндрами и цепными тягами.

По команде модельная плита поворачивается на 360° пневматическим цилиндром и реечным механизмом, при этом опрокидывается бункер с песчано-смоляной смесью. Реле времени отсчитывает выдержку на формирование оболочки, затем подается команда на возвращение модельной плиты в исходное положение. Модельная плита с образовавшейся оболочкой накрывается колпачковой печью. После затвердевания оболочки автоматически осуществляется ее съем, подъем колпачковой печи и передвижение тележек *8* и *9* на вторую позицию. На второй позиции цикл изготовления оболочковой полуформы повторяется. Автомат обслуживает один оператор. Производительность автомата 50—60 съёмов в час при толщине оболочки 10—12 мм.

Изготовление оболочковых стержней. Высокая чистота поверхности отливок, которая обеспечивается оболочковыми стержнями, во многих случаях устраняет механическую обработку внутрен-

них полостей или значительно уменьшает припуски на механическую обработку.

Смесь для оболочковых стержней, к которым не предъявляется высоких требований по чистоте поверхности, можно изготовлять из песка К016 и 4—6% pulverбакелита. Оболочковые стержни изготовляют в металлических стержневых ящиках двумя способами: 1) насыпным, применяемым при ручном и механизированном изготовлении стержней, и 2) пескодувным. Первый способ аналогичен тому, как изготовляют полуформы (рис. 245), но вместо модельной плиты на бункер устанавливается металлический стержневой ящик. Насыпной способ изготовления оболочковых стержней применяют на стержневых машинах с поворотным бункером.

Более сложные оболочковые стержни изготовляют пескодувным способом на специальной установке.

Песчано-смоляная смесь поступает в засыпную воронку 1 (рис. 248), из которой через отверстие шибера подается в дозатор 2. Другой шибер, находящийся в основании дозатора, открывается, чтобы выдать смесь в головку 3. Оба шибера управляют пневматическим цилиндром 4. Из головки 3 смесь поступает через отверстие, перекрываемое шибером 5, и муфту 6 в ящик 7 под действием сжатого воздуха, который подается в головку 3. Одна половина ящика закреплена на плите машины, а другая может двигаться по направляющим. Ящик нагревается встроенными электронагревателями. Шибер 5 имеет два отверстия и передвигается пневматическим цилиндром 8. Одно из отверстий шибера открывает выход из головки 3, а другое открывает отверстие трубы 9, через которую высасывается излишек смеси из полости стержневого ящика после надува. При необходимости удаления излишка смеси в стенке ящика открывается отверстие с помощью системы рычагов с цилиндром 10. Излишек смеси возвращается в воронку для повторного использования.

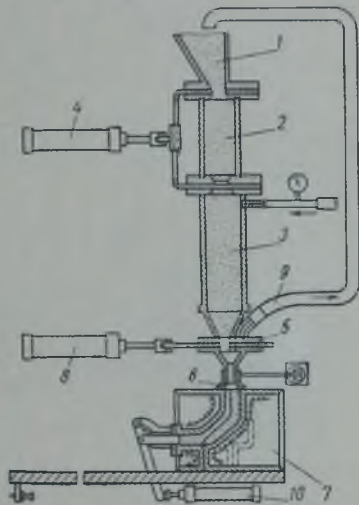


Рис. 248. Схема пескодувной установки для изготовления оболочковых стержней

В НИИТАвтопроме разработан четырехпозиционный автомат АКС-8 для изготовления оболочковых стержней производител-

ностью 120 стержней в час. Установка (рис. 249, а) имеет пескодувный резервуар 1 диаметром около 300 мм и высотой около 1000 мм. Нижняя часть резервуара перекрыта сеткой 2, под которую подводится сжатый воздух. В пескодувный резервуар засыпают смесь 3 примерно на две трети его объема. Резервуар имеет надувную водоохлаждаемую плиту 4, к ней плотно прижимается

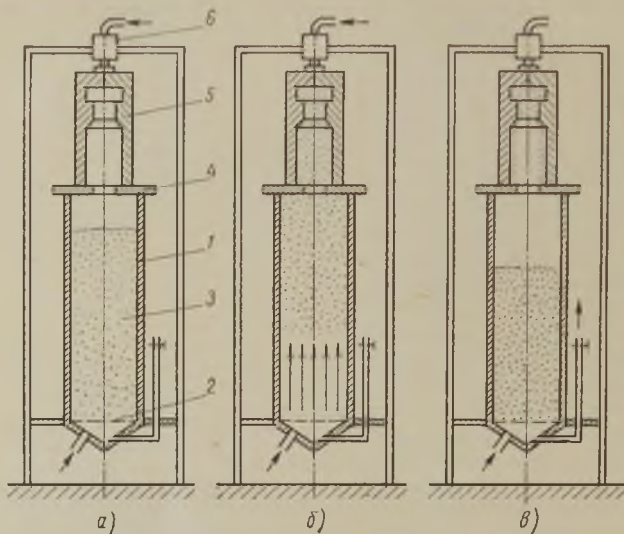


Рис. 249. Схема действия установки для изготовления оболочковых стержней

горячий стержневой ящик 5 пневматическим цилиндром 6. При впуске сжатого воздуха под сетку пескодувного резервуара стержневая смесь поднимается и заполняет полость стержневого ящика (рис. 249, б). Давление воздуха способствует получению плотной оболочки необходимой толщины и конфигурации. После окончания формирования стержня давление снижается до нормального и излишек смеси падает в резервуар (рис. 249, в). Затем оболочковый стержень нагревается в ящике, твердеет и извлекается из него.

§ 3. СБОРКА И ЗАЛИВКА ФОРМ, ВЫБИВКА И ОЧИСТКА ОТЛИВОК

Готовые полуформы склеиваются или скрепляются механическим способом. Наиболее простым, но трудоемким и непродуцательным, является способ скрепления оболочковых полуформ скобами и болтами, наиболее производительным — склеивание

оболочковых полуформ на специальных машинах. На практике наиболее распространены штырьевые машины с пневматическим зажимом оболочек и ручным нанесением клеящего вещества по разему формы.

На рис. 250 показана установка для склеивания оболочковых полуформ конструкции ЗИЛ. Размеры 450×500 мм, производительность установки 45 форм в час. Склеенные полуформы перед заливкой устанавливаются в специальных контейнерах (металлических ящиках) и засыпаются опорным материалом, чтобы при заливке форма не разрушалась. При применении в качестве опорного материала обычной формовоч-

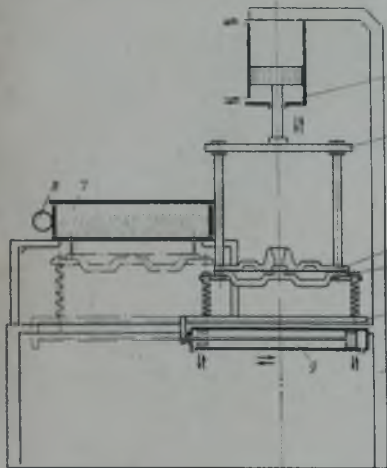


Рис. 250. Пресс для склеивания оболочковых полуформ:

1 — станина; 2 — подвижный стол с приемной плитой; 3, 4 — нижняя и верхняя оболочковые полуформы; 5 — прижимная плита со штырями; 6 — пневмоцилиндр; 7 — устройство для засыпки пудвербакелита на оболочку; 8 — вибратор; 9 — пневмоцилиндр привода стола

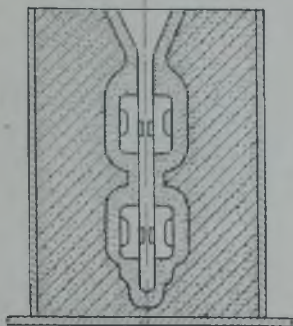


Рис. 251. Склеенная оболочковая форма в контейнере

ной смеси вместо контейнеров используются опоки. Для заливки форм без засыпки опорным материалом применяются различные приспособления, например пневматические и др. На рис. 251 приведена готовая к заливке оболочковая форма в контейнере.

Выбивка отливок. Минским филиалом НИИТАвтопром разработана конструкция установки для выбивки отливок из оболочковых форм. Установка имеет горизонтальный барабан 4 (рис. 252); стенки барабана сделаны из стальных прутьев, расположенных на расстоянии 25 мм друг от друга. Барабан вращается и закрыт кожухом для отсоса пыли. Охлажденные отливки вместе с оболочковыми формами 1 пневматическим толкателем сталкиваются с напольного конвейера 2 (при заливке форм на конвейере) на лоток 3, откуда поступают во вращающийся выбивной барабан 4.

Отливки перемещаются в барабане, установленном наклонно. Под выбивным барабаном имеется бункер 5, куда собираются куски оболочек и ленточный транспортер 6 для транспортирова-

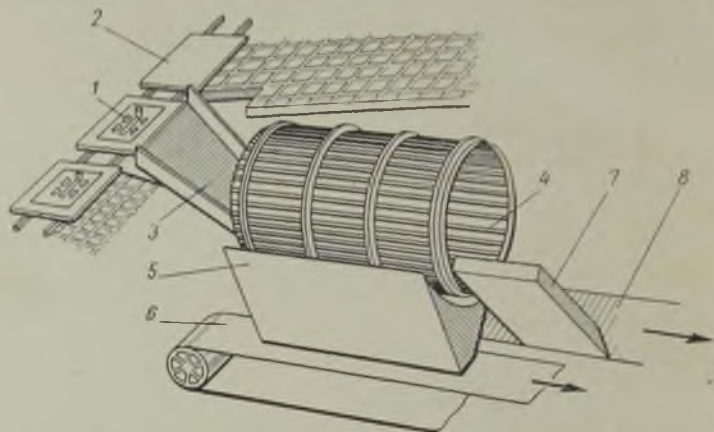


Рис. 252. Установка для выбивки отливок из оболочковых форм

ния их в отвал или на регенерацию. Отливки из очистного барабана по лотку 7 попадают на пластинчатый конвейер 8 и транспортируются им в очистное отделение.

ГЛАВА VI

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ОСОБОГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ И СЛИТКОВ

Водопроводные и канализационные трубы (внутренний диаметр 50—1200 мм, длина 2000—5000 мм, толщина стенок 7,5—35 мм) отливают из серого чугуна, обычно следующего химического состава: 3,5—3,8% С; 1,5—2% Si; 0,6—1% Mn; 0,6—0,8% P; 0,06—0,1% S.

Трубы отливают несколькими способами: ямным, карусельным, формовкой в горизонтальном положении, центробежным и непрерывной заливкой. Однако такие способы, как ямный, формовка в горизонтальном положении, в настоящее время утратили свое значение, и трубы этими способами практически не изготавливают. Следует считать устарелым также и карусельный способ изготовления труб. Наиболее перспективные способы — центробежный и полунепрерывное литье. Первый из этих способов был рассмотрен в главе II.

Производство труб полунепрерывным способом осуществляется на специальных литейных машинах (рис. 253). На поддоне 1 с затравкой 2 устанавливается песчаный стержень, образующий канавку в растробе 3 трубы. Жидкий чугун из ковша 4 через литниковую воронку 5 заливается в кристаллизатор 6 (тонкостенную водоохлаждаемую форму) и, когда металл поднимется до верха кристаллизатора, начинают опускать поддон 1, а вместе с ним извлекают и затвердевшую трубу 7 из кристаллизатора.

Подъем и опускание поддона производится двигателем 8. Скорость извлечения трубы из кристаллизатора должна быть такой, чтобы время пребывания ее в кристаллизаторе было достаточным для затвердевания металла. Практически она составляет для труб с толщиной стенки 10—12 мм 0,75—1 м/мин.

В процессе литья происходит последовательное извлечение трубы из кристаллизатора. Это обеспечивает высокую производительность процесса.

Качество труб (чистота поверхности, механические свойства) получается высоким, практически соответствующим качеству отливок, получаемых в металлических формах. Таким способом отливают трубы диаметром до 800 мм и длиной до 10 м.

Непрерывное литье слитков цветных и черных сплавов. Способ непрерывного литья используется для получения слитков цветных и черных сплавов различных размеров в поперечном сечении.

Практически все алюминиевые сплавы для передела прокаткой в листы, профили и другие изделия разливают в слитки полунепрерывным способом. Заливка производится в короткий водоохлаждаемый кристаллизатор 1 с последующим охлаждением слитка в водяной ванне 2 (рис. 254). Слитки могут иметь в поперечном сечении круг, прямоугольник, квадрат. Процесс литья осуществляется аналогично тому, как описано ранее. Однако скорость литья в этом случае значительно ниже и составляет 0,8—3 м/ч. Непрерывное питание усадки жидкого металла в процессе непрерывного литья слитков обеспечивает их высокую плотность и механические свойства.

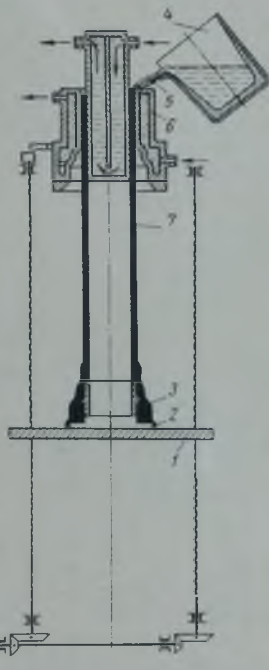


Рис. 253. Схема отливки труб с растробой полунепрерывным способом

Высокую экономическую эффективность обеспечивает непрерывная разливка стали на специальных установках. Установка (рис. 255) рассчитана на непрерывную разливку стали в слитки сечением до 200×600 мм. Жидкая сталь из стопорного ковша 1 через промежуточное разливочное устройство 2 поступает в кристаллизатор 3, в который до начала разлива введена затравка. В кристаллизаторе образуется донная часть слитка, которая сцепляется с затравкой при помощи «ласточкина хвоста», а также боковая поверхность слитка. После достижения в кристаллизаторе определенного уровня металла слиток вытягивается специальным механизмом с постепенным ускорением движения до заданной скорости. Затравка и формирующийся слиток вытягиваются приводными валками 4 вниз. Выходящий из кристаллизатора слиток,

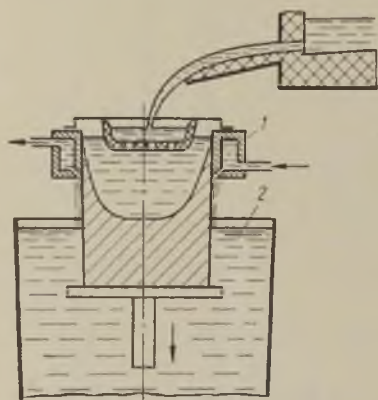


Рис. 254. Схема установки для полунепрерывного литья слитков из цветных сплавов



Рис. 255. Схема установки для непрерывной разливки стали

имеющий еще жидкую сердцевину, проходит зону 5 вторичного охлаждения, обрызгивается водой и полностью затвердевает. Ниже тянущих клетей слиток сцепляется с тележкой газорезки, которая вместе с ним движется вниз. В процессе движения слиток разрезается газовыми резаками 6 на слэбы требуемой длины и последние затем автоматически подаются на прокатку.

§ 2. ЧУГУННЫЕ ПРОКАТНЫЕ ВАЛКИ С ОТБЕЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Требования к прокатным валкам. Литые чугуновые валки с отбеленной поверхностью широко применяются в прокатном производстве, металлургической промышленности, бумажной, муко-

мольной и других отраслях промышленности. Характерной особенностью отбеленного литья является наличие на поверхности и прилегающей к ней зоне отбеленного слоя, в котором углерод почти полностью находится в виде цементита (Fe_3C). Эта структура обеспечивает повышенное сопротивление износу поверхности. Но так как валки работают при больших ударных нагрузках и высоких температурах, то они должны иметь достаточную вязкость, поэтому сердцевина валка должна иметь перлитно-графитную структуру. Чтобы валки не расслаивались в процессе работы, необходимо иметь плавный переход от структуры отбеленного слоя к перлитной сердцевине. Поверхностный отбеленный слой валка должен иметь структуру перлит—цементит, переходный слой — перлит—цементит—графит и сердцевина — перлит—графит.

Глубина отбеленного слоя зависит от ряда факторов: химического состава и структуры чугуна, условий его плавки, степени перегрева чугуна, материала формы, окраски ее поверхности и т. д. Валки малого размера диаметром бочки 250—500 мм отливают из хромоникелевого чугуна и нелегированного чугуна (3,2—3,6% С). Как правило, для этих валков чугун выплавляется в вагранках. Валки среднего размера, диаметром 500—700 мм, изготавливают из чугуна, получаемого в пламенных печах (2,4—2,6% С) и вагранках (3,0—3,6% С), а валки крупных размеров, диаметром более 750 мм, отливают из чугуна, полученного в пламенных печах (2,3—3,2% С), и изредка из ваграночного чугуна (3,0—3,6% С). На сортопрокатных станах вместо стальных валков применяются валки из чугуна с шаровидным графитом, так как такие валки очень прочны. Химический состав чугуна для валков очень влияет на их износостойкость и прочность. В настоящее время чугунные валки изготавливают из нелегированных, низколегированных (1,3% Ni; 1,2% Cr; 1,5% Mn), средне- и высоколегированных (2—4,5% Ni; 0,5—1,5% Cr) чугунов.

Классификация валков. Чугунные валки для горячей прокатки металла подразделяются: 1) на полутвердые из половинчатого чугуна, гладкие и калиброванные, и 2) на твердые с отбеленным слоем, гладкие и калиброванные. Структура рабочего слоя полутвердых валков перлит—графит. Структура рабочего слоя валков с отбеленной наружной поверхностью — цементит—перлит.

Формовка и заливка валков. Чугунная полукруглая опока (рис. 256) покрывается внутри жидким раствором огнеупорной глины, чтобы формовочная смесь лучше приставала к опоке. Опока заполняется формовочной смесью и уплотняется. Затем форма обрабатывается шаблоном и окончательно отделяется по шаблону обмазкой жидкой массы, состоящей из 50% молотого кокса, 30% огнеупорной смеси и 20% свежей смеси. Затем форму сушат и собирают. На рис. 257 показана форма для получения полутвердого валка.

Твердые валки с отбеленной поверхностью отливаются в кокилях (рис. 258). Кокили могут быть составными (рис. 258, а) и цельными (рис. 258, б). Внутренняя поверхность кокилей покрывается

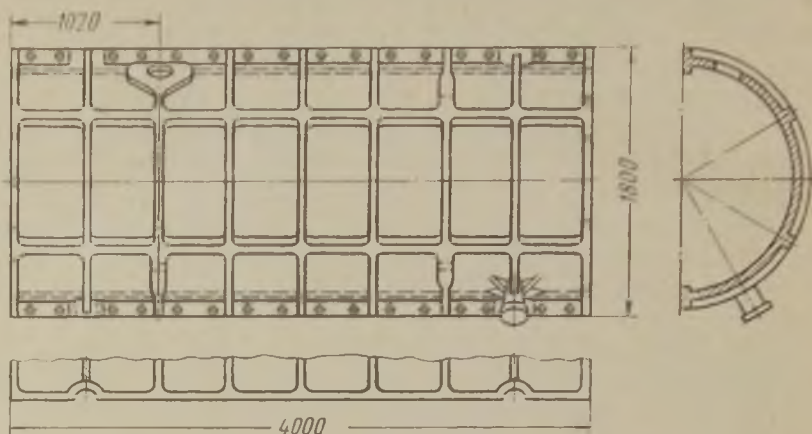


Рис. 256. Опока для формовки полутвердого валка

обычной огнеупорной краской, а цапфы валка во избежание отбела формируются в специальных опоках в песчано-глинистых смесях. Металл заливают через сифонную литниковую систему с последующей доливкой прибыли сверху. Перед заливкой в форму металл для валков модифицируют кремнием, силикокальцием, теллуром, магнием и т. д. На практике существует несколько методов заливки форм валков. Иногда заливка форм производится сверху (рис. 259, а), но наибольшее распространение получили тангенциальные литниковые системы с подводом питателей к нижней шейке (рис. 259, б) или к нижнему тrefу (рис. 259, в).

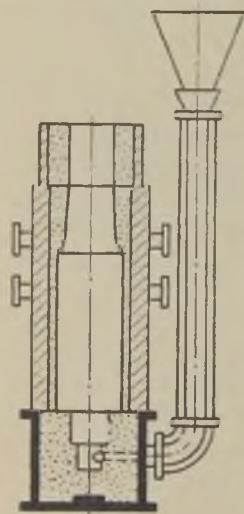


Рис. 257. Форма для отливки полутвердого валка

Температура заливки различных валков колеблется от 1250 до 1360° С в зависимости от химического состава чугуна.

Затвердевание валков. Затвердевание валков является важной технологической операцией, так как протекающие при этом процессы влияют на качество валка. Наибольшее влияние оказывает скорость охлаждения отливки в форме. Для питания валка в прибыль доливают металл в период затвердевания (во время усадки).

Общее количество чугуна, идущее на питание отливки, составляет 3—5% от массы отливки.

Хорошим средством для усиления действия прибылей является подогрев прибыльной части формы до 200—400° С и применение для нее наименее теплопроводных формовочных материалов.

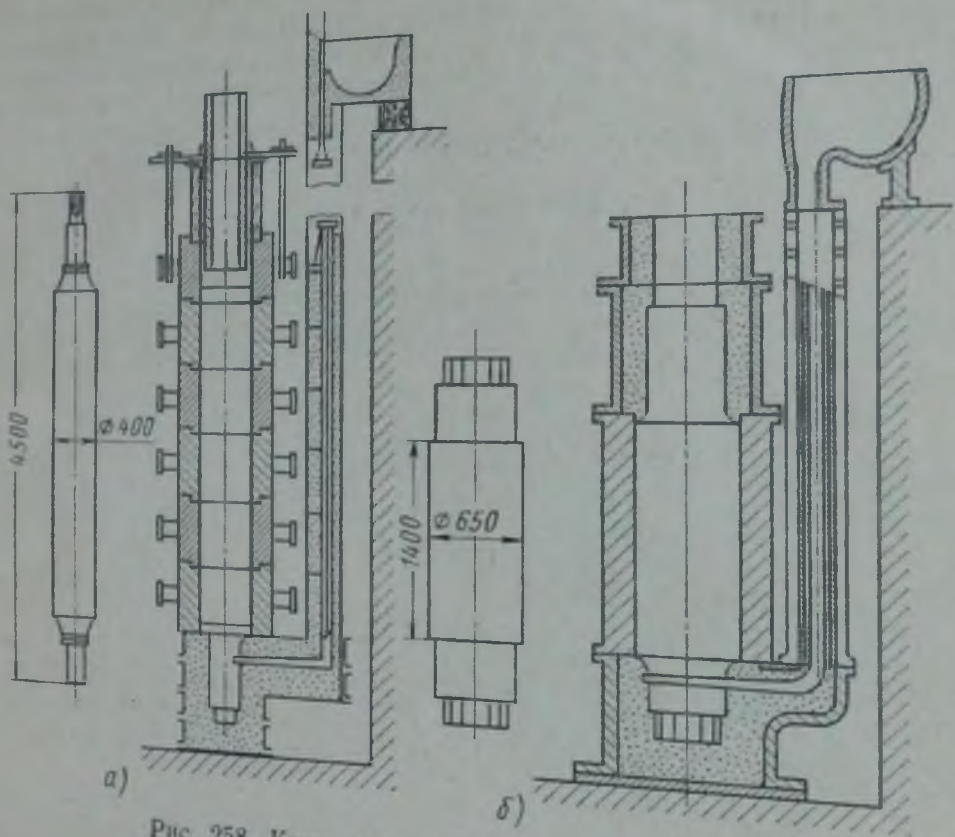


Рис. 258. Кокили для отливки твердых валков

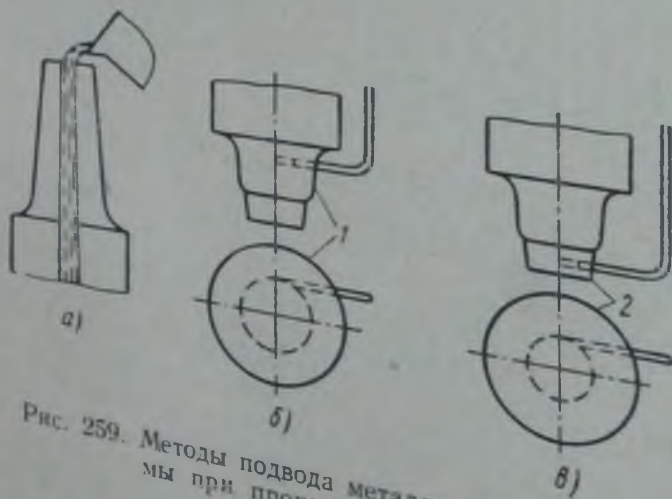


Рис. 259. Методы подвода металла в полость формы при производстве валков

После затвердевания валки охлаждаются в формах до 200°C . Извлеченные из формы отливки не должны подвергаться резкому охлаждению на воздухе, особенно в зимнее время.

Наиболее распространенными видами брака литых валков являются газовые раковины, горячие и холодные трещины, несоответствие структуры, усадочные пустоты и рыхлости.

§ 3. ПРОИЗВОДСТВО ИЗЛОЖНИЦ

Изложницы применяются для разливки стали в слитки, предназначенные для прокатки и производства кузнечных заготовок. Изложницы работают в очень тяжелых условиях, так как при

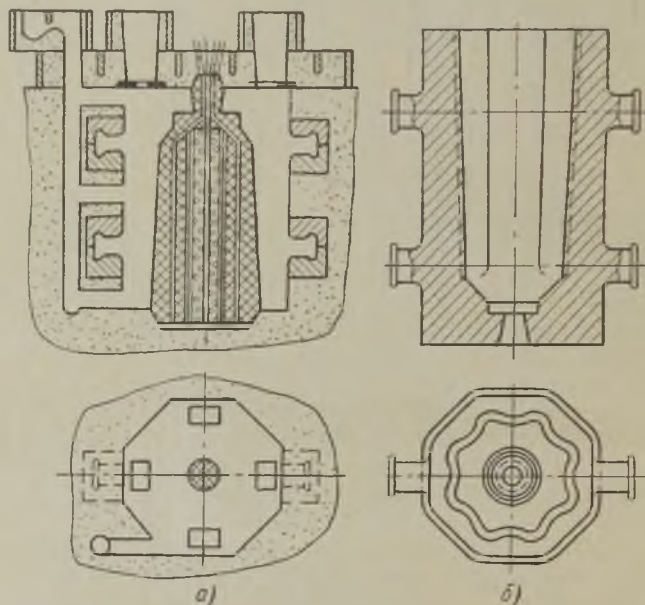


Рис. 260. Форма (а) для литья изложницы (б)

заливке в них металла они претерпевают резкие колебания температуры.

Изложницы отливают из серого чугуна с перлитной или перлитно-ферритной структурой или из серого чугуна со структурой шаровидного графита, модифицированного магнием. Химический состав чугуна и шихтовые материалы в очень сильной степени влияют на стойкость изложниц. Обычно применяемый чугун имеет следующий состав: 3,7—3,9% С; 1,4—1,7% Si; 1,4—1,6% Mn; 0,1% P; 0,08% S.

Практически установлено, что изложницы, отлитые из древесноугольного чугуна, обладают большей стойкостью, чем из чугуна,

выплавленного на коксе. Стойкость же изложниц, отлитых непосредственно из доменного чугуна, примерно на 15—20% выше стойкости изложниц, отлитых из ваграночного чугуна. Отливку изложниц можно производить в сухие или сырые разовые формы, полупостоянные и в кокили.

Для изготовления форм и стержней применяется облицовочная смесь, состоящая из 32% бывшей в употреблении (наполнительной) смеси; 55% свежего кварцевого песка; 5% шамота, 5% кокса или каменного угля и 3% опилок. Толщина облицовочного слоя для изложниц должна быть не менее 50 мм. Форма изложницы изготавливается по модели с отъемными нижними и боковыми знаками, а центральные стержни — по разъемным стержневым ящикам.

В модельный комплект изложницы кроме модели и стержневого ящика входят еще два ящика для стержней, оформляющих цапфы, элементы литниковой системы, контрольные шаблоны и др. Металл в форму изложницы подводят через этажную литниковую систему с легкоотделяемыми прибылями (рис. 260).

БРАК ОТЛИВОК И МЕРЫ ЕГО УСТРАНЕНИЯ

ГЛАВА I

ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК**§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Всякое нарушение технологии производства отливок является причиной появления дефектов в отливках. Брак отливок даже на передовых заводах составляет от 2 до 5%, а иногда он достигает 10—20% от количества выпускаемого годного литья. В результате народное хозяйство терпит огромные убытки. В литейных цехах предусматривают специальные площадки брака, куда ежедневно поступают отливки с дефектами. Здесь эти отливки тщательно осматривают и при участии мастеров, технологов и виновников брака анализируют причины появления брака; здесь же определяются меры борьбы с ним, проверяется выполнение ранее намеченных мероприятий. Во всех литейных цехах проводятся технологические и организационные мероприятия по изучению основных видов брака и его устранению.

Классификация дефектов отливок. Наиболее часто встречающиеся дефекты отливок можно разделить на четыре группы:

1) внешние дефекты, обнаруживаемые непосредственно на поверхности отливки (несоответствие размеров и массы заданным, спай, заливы и т. д.);

2) объемные дефекты, расположенные внутри отливки и нарушающие ее сплошность (горячие и холодные трещины, газовые раковины и т. д.);

3) несоответствие химического состава и структуры отливки;

4) неудовлетворительные механические свойства.

§ 2. ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ

Несоответствие размеров отливки чертежу может явиться следствием неправильно назначенной усадки при разработке модельного комплекта, а также неточной сборки формы. Этот дефект может быть устранен доводкой модельного комплекта, повышением точности сборки формы.

Несоответствие массы отливки, заданной в чертеже, возникает также чаще всего по тем же причинам, что и несоответствие раз-

меров. Кроме этого увеличение массы возможно также и вследствие деформации формы при заливке ее жидким металлом.

Спай (рис. 261) и **недолив** (рис. 262) в отливках образуются от неслившихся потоков металла, потерявших жидкотекучесть и затвердевших, не заполнив формы. Они получают при заливке формы холодным металлом через питатели малого сечения при чрезмерно влажной формовочной смеси (в тонкостенном литье) или содержании большого количества каменноугольной пыли в формовочной смеси.



Рис. 261. Спай в отливке

Заливы на отливке возникают обычно по разъему формы вследствие изношенности опок, их коробления, а также из-за недостаточного крепления формы.

Перекося в отливках образуется при небрежной сборке формы в результате смещения полуформы или неправильной центровке опок, из-за износа втулок и штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике. Отливка получается со смещенными частями.

Пригар — загрязнение поверхности отливки приставшей формовочной смесью, образуется вследствие недостаточной огнеупорности формовочных материалов, их засоренности вредными примесями, плохого качества литейных красок, слабой набивки формы, использования крупнозернистого песка. На рис. 263, а показана отливка с большим пригаром, а на рис. 263, б — отливка без пригара.

Ужимины — узкие и длинные вмятины в теле отливки, прикрытые слоем металла, отделенного от тела отливки прослойкой

формовочного материала. Ужимины образуются обычно на плоских больших поверхностях отливок, особенно при большой плотности формы при формовке по-сырому. Ужимины (рис. 264) образуются вследствие теплового воздействия жидкого металла на стенки формы, в результате чего поверхностные слои формы разогреваются и деформируются, образуя в отливке вмятину.

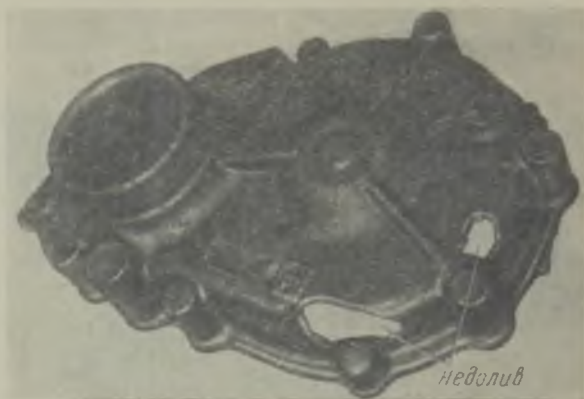


Рис. 262. Недолив в отливке

Иногда деформации поверхностного слоя формы настолько велики, что поверхностная корочка формы отслаивается, образуется трещина, в которую попадает жидкий металл.

Для предохранения отливок от образования ужимин следует не переуплотнять форму, заливать ее металлом с нормальной тем-

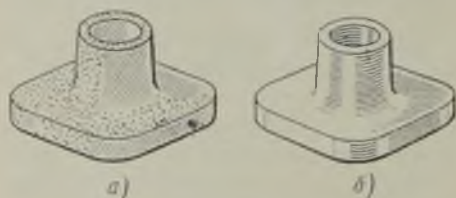


Рис. 263. Пригар на отливке

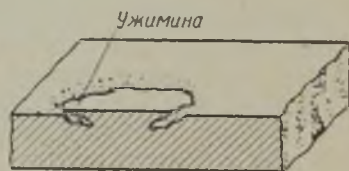


Рис. 264. Ужимина на поверхности отливки

пературой, увеличить скорость заливки металла, применять специальные формовочные краски, позволяющие избежать появления трещин в форме и ее деформаций при прогреве металлом. Ужимины можно устранить нанесением рисок (в виде сетки пересекающихся линий) на поверхность формы ланцетом. Риски уменьшают деформацию поверхности формы, препятствуют ее сжатию и отслаиванию.

Горячие трещины возникают в отливках при высокой температуре заливаемого металла, повышенной усадке металла, не-

правильном подборе литниковой системы и прибылей, при плохой податливости стержня и формы, неправильной конструкции отливок, неравномерном охлаждении, вызывающем внутренние напряжения в отливке. Горячие трещины имеют темную окисленную поверхность, тогда как холодные трещины, образующиеся при более низких температурах металла, имеют светлую металлическую неокисленную поверхность.

Холодные трещины могут быть следствием как неравномерной усадки отдельных частей отливки, так и просто механических повреждений при выбивке и очистке. Борьба с холодными тре-

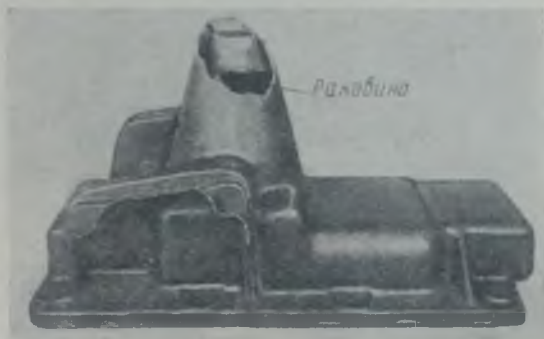


Рис. 265. Наружные газовые раковины в отливках

щинами должна вестись в двух направлениях: 1) создании конструкции отливки с равномерным сечением тела и 2) обеспечении равномерного охлаждения отливки в утолщенных местах. Для этой цели иногда ставят наружные и внутренние холодильники.

Газовые раковины — пустоты в теле отливки, имеющие чистую и гладкую поверхность. Они бывают открытые (наружные) или закрытые (внутренние) и возникают при чрезмерной влажности и недостаточной газопроницаемости формовочной смеси, недостаточной вентиляции формы и стержня или неправильном ее устройстве, низкой температуре заливаемого металла, плохой просушенности формы и стержня, высоком содержании серы в металле и др. Устранение этих причин исключает возможность образования газовых раковин.

На рис. 265 показаны наружные раковины, образовавшиеся от чрезмерной влажности формовочной смеси, а на рис. 266 — внутренние газовые раковины, вскрытые после механической обработки.

Обвал формы образуется главным образом в результате слабого уплотнения формы, недостаточной прочности формовочной смеси, а также от неисправностей формовочного оборудования

и сильных толчков и ударов по опоке во время сборки формы. На рис. 267 приведен характерный брак отливки, который получился в результате обвала формы.

Песочные раковины возникают вследствие низкой прочности и влажности формовочной смеси, недостаточной поверхностной прочности стержня, слабого уплотнения и плохой продувки формы

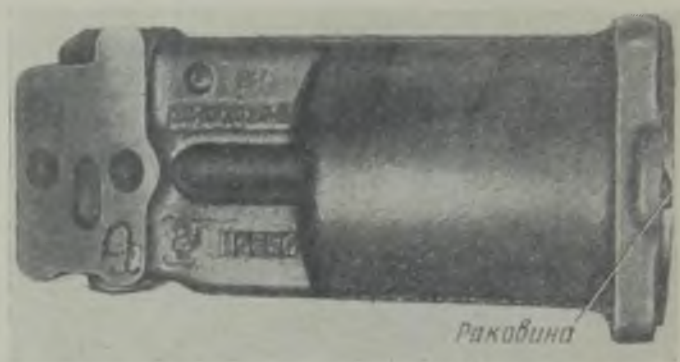


Рис. 266. Внутренние газовые раковины в отливках

сжатым воздухом перед ее сборкой; отдельные комочки и песчинки смываются струей металла во время заливки и заносятся в отливку. На рис. 268 приведена отливка с песочными раковинами. Этот брак можно устранить нормальным уплотнением формы, тщательной ее продувкой в процессе сборки и тщательной отделкой литниковой воронки; не следует допускать длительного выстаивания формы перед заливкой.

Шлаковые включения могут быть расположены внутри тела отливки или на ее поверхности. Шлаковые раковины (включения) всегда полностью или частично заполнены шлаком, попадающим в отливку во время заливки металла в форму. Они образуются вследствие недостаточно тщательной очистки шлака с поверхности металла перед



Рис. 267. Брак отливок из-за обвала формы

заливкой его в форму, низкой огнеупорности массы для обмазки ковшей и неправильной конструкции литниковой системы.

Усадочные раковины образуются вследствие недостаточного питания отливки металлом в местах скопления последнего, неправильной конструкции отливок, неправильной установки литников и прибылей, заливки чрезмерно горячим металлом, а также

повышенной усадки металла. Усадочные раковины отличаются неправильной формой и изрытой шероховатой поверхностью, большей частью окисленной (рис. 269, а).

Рыхлота и усадочная пористость в отливках образуется главным образом от неудовлетворительного питания отливки жидким металлом в процессе кристаллизации (рис. 269, б). Рыхлота обра-



Рис. 268. Песочные раковины в отливке

зуется в утолщенных местах отливки. Для устранения местной рыхлоты рекомендуется в соответствующих утолщенных местах ставить холодильники, изменять конструкцию отливки, т. е. выравнивать стенки в отливке от тонкой ее части к толстой.

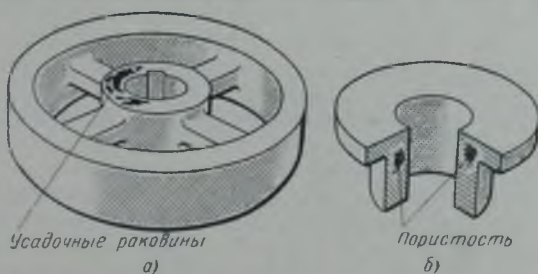


Рис. 269. Отливки с усадочными раковинами и рыхлотой

Воздушные и газовые раковины образуются в результате захвата металлом воздуха, вследствие образующихся завихрений при неправильной литниковой системе. Причиной образования воздушных раковин может быть также и недостаточная вентиляция формы.

Газовые раковины образуются от большой газонасыщенности сплава, из-за недостаточной газопроницаемости песчаных стержней и недостаточной системы отвода газов из формы или кокиля.

Несоответствие химического состава металла отливок заданному может произойти вследствие неправильного взвешивания шихтовых материалов, смешивания различных сортов шихтовых материалов, неправильного ведения процесса плавки. Чтобы устранить брак по химическому составу, необходимо контролировать исходные шихтовые материалы, поступающие на шихтовой двор, строго соблюдать порядок их взвешивания, следить за ходом плавки, т. е. контролировать количество подаваемого воздуха, давление дутья, количество загружаемого топлива, состав колошниковых газов и т. д.

Несоответствие (ухудшение) механических свойств отливок является обычно следствием несоответствия химического состава и структуры металла заданному.

§ 3. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ

При литье в металлические формы образуются, наряду с перечисленными выше, своеобразные дефекты. *Спаи, неслитины, недоливы* на отливках получаются при низкой температуре заливки металла в кокиль, недостаточной температуре нагрева кокиля и малой скорости заливки.

Возникновение горячих трещин можно предотвратить улучшением питания отливки и изменением режима работы кокиля.

Утяжины образуются в результате местного скопления воздуха или газа, находящегося между поверхностью отливки и кокилем или стержнем. Этот участок затвердевает последним, питая соседние участки, вследствие чего на отливке в этом месте появляется утяжина. Для устранения утяжин в отливках необходимо предусмотреть достаточную вентиляцию кокиля и хорошую газопроницаемость песчаных стержней.

Неровности или шероховатости на отливке возникают из-за применения краски грубого помола, а также небрежной окраски поверхности кокиля и стержней. На поверхности отливки иногда образуются включения в виде брызг и шариков, заключенных в теле отливки. Эти застывшие брызги, образующиеся в начальный момент заливки металла в кокиль, называются *корольками*.

Коробление отливки может произойти при раннем открывании кокиля и затрудненном удалении отливки.

Для литья под давлением характерны следующие дефекты: газовые раковины, усадочная пористость, трещины, узорчатая поверхность отливок («мороз»), неслитины и спай, шлаковые включения, несоответствие геометрических размеров.

Газовые раковины образуются, главным образом, из-за плохой вентиляции формы, неправильного подвода литниковой системы, а также недоброкачественной смазки формы. Чтобы устранить газовые раковины, необходимо вентилировать форму по плоскости

ее разъема, делать вкладыши по высоте несколько ниже уровня разъема формы, охлаждать прессформу водой или сжатым воздухом, снизить по возможности температуру заливаемого в форму металла, увеличить давление прессования.

Усадочные раковины и утяжины образуются в отливках вследствие перегрева прессформы и сплава. Для снижения брака рекомендуется охлаждать прессформы и стержни водой или сжатым воздухом, увеличить скорость заливки, давление прессования и снизить температуру заливки сплава.

Трещины в отливках возникают при отклонении химического состава сплава от заданного и заливке металла в холодную прессформу.

Узорчатая поверхность отливки — «мороз» появляется вследствие неправильного устройства литниковой системы, чрезмерного охлаждения прессформы (до 120° С), снижения скорости прессования сплава, избытка смазки или некачественного ее состава.

Несоответствие геометрических размеров отливки возникает из-за неправильно рассчитанной усадки сплава, неточного изготовления прессформы или вследствие коробления отливки. Для устранения этого вида брака следует своевременно делать профилактический ремонт прессформ. Если рабочая поверхность прессформы плохо смазана, то отливка приваривается к прессформе, появляются задиры, отливка коробится, стержни трескаются, возникают трещины в отливке при выталкивании из формы. Устранить эти дефекты можно хорошей полировкой вкладышей и стержней, увеличением конусности вкладышей и стержней, приданием высокой поверхностной твердости при термической обработке (закалке, цианировании или азотировании) вкладышам прессформы.

Центробежное литье. Наиболее часто встречающиеся виды брака: 1) поперечные и спиральные трещины, 2) продольные трещины, 3) газовые раковины, 4) спай, 5) заливы, 6) пористость.

Поперечные и спиральные трещины образуются при усадке отливок, причем вероятность их образования тем больше, чем больше длина изделия и усадка сплава. Для устранения этих трещин на отливке, в процессе ее затвердевания, с торца оказывают давление, вследствие чего при усадке металла в форме преодолевается трение отливки о стенки изложницы.

Пористость в отливках (усадочная и газовая) появляется в основном у свободной поверхности отливки. Поэтому внутренний диаметр отливки должен иметь увеличенный припуск на механическую обработку. Плотные отливки с точным размером внутреннего отверстия получают «литьем с переливом». Для этого в конце изложницы, противоположном заливке, ставят стержень с отверстием, через который сливается избыточный металл, который, протекая по внутренней поверхности отливки, питает и подогревает

отливку. Благодаря этому обесценивается направленность затвердевания и уменьшается усадочная пористость.

При литье по выплавляемым моделям на поверхности отливок образуются следующие поверхностные дефекты: шероховатость, пригар, плены, спай, наросты, наплывы, отслоение огнеупорного покрытия, ужимины, корольки др.

Шероховатость на поверхности отливок получается вследствие плохого качества поверхности модели или огнеупорного покрытия.

Пригар может образоваться из-за применения пылевидного кварца низкого качества, содержащего повышенное количество вредных примесей, чрезмерно высокой температуры заливаемого металла и неправильного выбора огнеупорных материалов для литья высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов.

Плены — это слой окислов металла, покрывающий часть поверхности отливок. Иногда плены проникают в тело отливки, нарушая ее сплошность. Плены могут появиться из-за окисления металла при заливке его в форму. Особенно часто это наблюдается при заливке жаропрочных сплавов. Устранить плены можно увеличением скорости заливки металла в форму. Струя металла при заливке должна быть короткой.

Спай (неслитины) образуется при низкой температуре заливаемого металла и низкой температуре формы.

Наросты, наплывы на поверхности отливки получаются в результате неправильной заливки — тонкой или прерывистой струей при незаполненной литниковой чаше (медленная заливка), неправильной конструкции литниковой системы; трещин в огнеупорных покрытиях, поломки огнеупорной оболочки при формовке, неравномерного нанесения покрытия, особенно в отверстиях и узких прорезах модели.

Отслоение огнеупорного покрытия (ужимины и лепешки) происходит при недостаточной прочности огнеупорного покрытия и неправильной конструкции литниковой системы. Для предохранения от отслаивания покрытия следует увеличить прочность покрытия увеличением числа его слоев.

Раковины песочные (засор) образуются от попадания в полость формы песка и взаимодействия между стеарином и огнеупорными покрытиями. Для устранения песочных раковин следует вести тщательный контроль за нанесением огнеупорных покрытий и режимами выплавления и прокаливания оболочек.

При литье по выплавляемым моделям размеры и масса отливок не соответствуют чертежу или установленным нормам главным образом по следующим причинам: а) неточности размеров восковой модели; б) большого колебания температуры в помещениях при работе с моделями; в) деформации формы; г) большого колебания температуры формы при заливке.

Для повышения точности размеров отливок рекомендуется тщательно контролировать модели; хранить модели и модельные

блоки-елки при постоянной температуре, установленной технологией; увеличивать число слоев покрытий; уплотнение формы производить тщательно, применять спекаемый или жидкий наполнитель; сузить интервал температур нагрева форм при заливке.

Характерным дефектом несоответствия состава при литье по выплавляемым моделям является обезуглероживание на поверхности отливок, которое достигает 0,5—0,6 мм. Чтобы устранить это, в наполнитель при формовке необходимо вводить углеродистые добавки — карбюризатор (6—9 вес. %). Карбюризатор следует применять только в тех случаях, когда обезуглероживание является совершенно недопустимым, так как введение карбюризатора ухудшает чистоту поверхности отливки.

При литье в оболочковые формы возможен разрыв оболочки, образующийся вследствие недостаточной толщины оболочковой формы и увеличенного давления металла при заливке. Для устранения этого вида брака рекомендуется увеличить прочность смеси добавкой бакелита, не допускать неравномерной толщины оболочковой полуформы или стержня, уменьшать высоту стояка или изменить положение отливки в форме.

Местный пригар образуется при неправильном подводе металла в форму.

Поверхностные газовые раковины образуются при неравномерном распределении пульвербакелита в песчано-смоляной смеси, низкой газопроницаемости смеси и попадании твердых частиц в пульвербакелит. Устранить этот брак можно просеиванием пульвербакелита перед его употреблением, применением лакированной формовочной смеси из песков с низким содержанием глины и пыли.

ГЛАВА II

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК. СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ

§ 1. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

Контроль химического состава отливок производится в цеховой экспресс-лаборатории или заводской лаборатории методами химического или спектрального анализов. Пробой на химический и спектральный анализ служит обычно прилитый к отливкам образец или образец для механических испытаний.

При спектральном анализе между электродом и поверхностью отливки образуется искра или электрическая дуга, свет от которой разлагается оптической призмой на цветной спектр, характеризующий химический состав металла. Этот способ основан на сопоставлении спектра исследуемого металла со спектром эталона. Сравнивая интенсивность линий, характеризующих содержание

того или иного элемента в спектре эталона и исследуемого образца, судят о содержании этого элемента в отливке. Основное преимущество спектрального анализа заключается в скорости определения на специальном приборе содержания элементов марганца, хрома, никеля, кремния.

Контроль отливок внешним осмотром производится в два приема: первый предварительный контроль производится до очистки и отжига, а второй — после окончательной очистки.

Контроль размеров. Геометрические размеры отливок контролируют по литейному чертежу с помощью шаблона, контрольных приспособлений и в отдельных случаях по разметке на плите. Отклонения в размерах не должны превосходить допускаемых.

Контроль механических свойств отливок из серого чугуна производят согласно ГОСТу 1412—54 на изгиб, растяжение, стрелу прогиба, твердость и иногда на сжатие. Для испытаний отливают специальные образцы. Отливки из ковкого чугуна испытывают согласно ГОСТу 1215—59 на растяжение, удлинение, твердость и в некоторых случаях на ударную вязкость. Стальные отливки испытывают в соответствии с ГОСТом 2009—55 по выточенным из заготовки образцам на растяжение, удлинение, сжатие и твердость. Отливки из цветных сплавов испытывают на растяжение, удлинение и твердость.

Контроль структуры отливок производят по излому, макро- и микроструктуре. Структура металла устанавливается рассмотрением специально приготовленных образцов-шлифов невооруженным глазом (макроскопический анализ) по излому специальных технологических образцов или под металлографическим микроскопом при увеличении от 100 до 500 раз.

Контроль отливок на отсутствие трещин, раковин, рыхлоты. Трещины, раковины, рыхлоты в отливках можно обнаружить: магнитным методом, просвечиванием рентгеновскими и гамма-лучами и испытаниями на герметичность.

Магнитный способ испытания основан на том, что предварительно намагниченную испытываемую отливку помещают между полюсами электромагнита или в магнитном поле соленоида, по которому пропускают электрический ток. Если такую катушку передвигать вдоль намагниченной отливки, то при встрече ее с каким-либо дефектом изменяется направление магнитного потока и в витках катушки возникает э. д. с. индукции, величина которой измеряется показаниями гальванометра.

Второй способ обнаружения дефектов магнитными методами состоит в том, что намагниченную отливку покрывают сухим порошком (метод порошка) или смачивают жидкой магнитной эмульсией (метод эмульсии). Мелкие отливки иногда помещают в ванну с магнитной эмульсией. Нанесенный на поверхность отливки порошок собирается в месте расположения скрытого порока и выявляет, таким образом, границы порока (трещины и др. дефекты).

Рентгеновский способ контроля. Контроль отливок рентгеновскими лучами производится при помощи специальных рентгеновских трубок (рис. 270). Рентгеновская трубка представляет собой стеклянный сосуд, из которого выкачан воздух до разряжения 10^{-6} — 10^{-7} мм рт. ст. К электродам 1 и 2 присоединяется источник высокого напряжения 110—220 кв. Между электродами создается

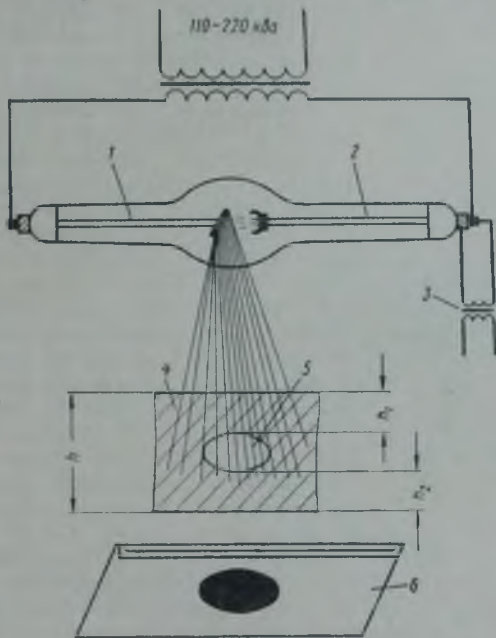


Рис. 270. Схема просвечивания отливки рентгеновскими лучами

дается сильное электрическое напряжение. Трансформатор 3 накала катода разогревает его и под действием электрического поля электроны с катода устремляются к аноду и создают колебания электронов во внутренних электронных оболочках атомов металла анода. В результате этих колебаний возникают короткие электромагнитные волны, называемые рентгеновскими лучами. Рентгеновские лучи с анода направляются на отливку 4. Внутренние дефекты 5 (трещины, раковины, рыхлоты) уменьшают фактическую толщину тела отливки ($h > h_1 + h_2$), через которую проходят рентгеновские лучи, поэтому и поглощение их разными частями отливки различно. Там, где лучи проходят через раковину или трещину, поглощаемость их отливкой будет меньше поэтому на

фотопластинке *б* местонахождение раковины, рыхлоты или трещины выявится пятном, повторяющим очертания порока.

Рентгеновские лучи вредно действуют на организм человека, поэтому при их применении должны строго соблюдаться правила техники безопасности.

Просвечивание гамма-лучами позволяет обнаруживать внутренние пороки в отливках с толщиной стенок более 15 мм. Гамма-

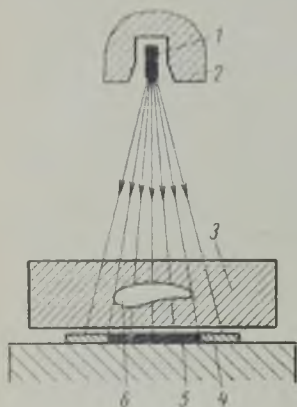


Рис. 271. Схема просвечивания отливки гамма-лучами

лучи образуются при излучении радиоактивных изотопов. Наиболее распространены для просвечивания отливок установки с радиоактивным Co^{60} . Однако Co^{60} обеспечивает качественные снимки только при контроле отливок толщиной более 30 мм. На рис. 271 показана схема просвечивания отливки гамма-лучами. Ампула 1 с источником гамма-лучей находится в защитном контейнере 2. Исследуемая отливка 3 размещается над фотопластинкой 4. Гамма-лучи проходят через тело отливки и встречают на своем пути внутренний дефект б. Интенсивность гамма-лучей будет больше в месте дефекта, так как здесь они встречают меньшее сопротивление среды. Поэтому на фотоплёнке 4 проекция дефекта б будет изображена более темным местом 5 по сравнению с остальной поверхностью фотоплёнки.

Контроль отливок на герметичность производится гидравлическим испытанием — гидропробой. При гидравлическом испытании отверстия полости отливки закрываются. В качестве жидкости применяется вода. Давление при гидравлическом испытании назначается в зависимости от условий работы детали. Наружная поверхность отливки должна быть сухой, иначе обнаружить следы течи невозможно.

При воздушном испытании поверхность отливки покрывают мыльным раствором, в случае течи на поверхности отливок появляются пузыри, указывающие на место течи.

§ 2. СПОСОБЫ ИСПРАВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ОТЛИВОК

Незначительные дефекты на неотвественных поверхностях отливок могут быть исправлены. Основными способами исправления дефектов в чугунных отливках являются электрозаварка, металлизация, газовая заварка, декоративное исправление замазками, пропитка различными составами и механическая заделка.

Электрозаварка дефектов отливок из серого чугуна производится стальными электродами или электродами из цветных метал-

лов. Дефектные места, подлежащие заварке, разделяются пневматическими зубилами или высверливаются.

Правильно разделанная под заварку раковина должна иметь чашеобразную форму с отлогими стенками под углом $35\text{--}40^\circ$ и с открытым дном. Трещины следует вырубать на всю глубину.

Электродуговая заварка дефектов чугунных отливок. По сравнению со сталью чугун обладает худшей свариваемостью. Значительная хрупкость, повышенная чувствительность к скорости охлаждения, резкий переход от твердого состояния к жидкому и обратно осложняют процесс сварки чугуна. Ввиду неравномерности нагрева, имеющего место при сварке, особенно холодной, завариваемое место получается неоднородным по структуре. При некачественной сварке в отливке возможно образование трещин и других дефектов в сварном шве и основном металле.

Электродуговой холодной сваркой исправляют дефекты чугунных отливок при помощи стальных, медных или железных электродов, медных с железной оболочкой, медноникелевых, а также специальных электродов. Обычными стальными электродами марки Св-08, Св-15 диаметром $3\text{--}4$ мм с меловым покрытием исправляют несквозные дефекты на необрабатываемых поверхностях неотчетственных отливок простой конфигурации. Сварка выполняется на обычном сварочном оборудовании переменного или постоянного тока. Этот способ заварки дефектов отливок дает хорошие результаты.

Горячая электросварка чугуна осуществляется обычными чугунными электродами и обеспечивает однородность наплавленного металла с основным. Горячая электросварка применяется для исправления дефектов, расположенных на обрабатываемых местах чугунной отливки. Этот способ сварки применяется для исправления раковин больших размеров, сквозных отверстий и трещин. Отливки перед заваркой нагревают до $600\text{--}650^\circ\text{C}$ (темно-красный цвет). Крупные отливки нагревают во временных очагах или в особых ямах, вырытых в почве. Дно таких ям засыпают горящим углем, а на него укладывают исправляемую отливку. Отливки таким способом нагреваются очень медленно, в течение $14\text{--}15$ ч. Температура нагрева отливки определяется с помощью контактной термопары. После заварки исправленное место засыпают раскаленным коксом. Отливка должна охлаждаться медленно, чтобы место заварки не отбеливалось.

Металлизация применяется после заварки для устранения пористости в отливках из серого чугуна. Для металлизации место заварки зачищается, слой металла наносится специальным аппаратом-металлизатором толщиной от $0,3$ до $0,8$ мм. Толщина слоя за один проход составляет $0,03$ мм.

Сущность процесса металлизации состоит в том, что мелкие капли металла, расплавленные электрической дугой, выдуваются

сжатым воздухом и наносятся на место отливки, требующее исправления.

Газовая заварка с общим подогревом отливок используется для отливок из серого чугуна, имеющих сложную конфигурацию и резкие переходы от тонкой к толстой части. Этот способ заварки гарантирует высокую прочность и плотность сварного соединения, а также однородность химического состава и механических свойств основного и наплавленного металла. Отливка нагревается перед заваркой до 700°C для предохранения от появления трещин и напряжений и образования отбела в металле отливки. Дефекты в отливках после нагрева завариваются кислородно-ацетиленовым пламенем или другим газом (водородом, парами бензина, керосина, коксовальными газами и др.). В качестве электродов или присадочного материала применяют чугунные стержни диаметром 5—6 мм и длиной 350—450 мм. Поверхность стержней должна быть чистой и плотной и не иметь раковин и шлаковых включений. Отжиг отливок для снятия напряжений производится после заварки при $450\text{—}500^{\circ}\text{C}$.

Декоративное исправление чугунных отливок замазками применяется главным образом для улучшения внешнего вида отливки в местах, не подвергающихся механической обработке.

Замазки должны обладать хорошей плотностью и сцеплением с металлом. Замазка при обстукивании отливки молотком не должна отскакивать от отливки и растворяться в керосине, масле и эмульсиях. После разделки дефектное место на поверхности отливки заполняют замазкой, образующей после затвердевания плотный слой, который зачищается абразивом. Для приготовления замазок применяют эпоксидные смолы марок ЭД-5 и ЭД-6. Также на практике применяют магнезную замазку, состоящую из окиси магния, хлористого магния и красителей для придания ей цвета литья. После затвердевания замазки ее зачищают, а затем отливки поступают на механическую обработку. Затвердевшая замазка представляет собой массу высокой прочности, которая хорошо обрабатывается на металлорежущих станках и поддается шлифовке.

Пропитка чугунных отливок применяется для повышения их герметичности. Пропитка чугунных отливок раствором нашатыря, хлорного железа с железным суриком и натриевой селитрой, раствором углекислой серы под давлением $4\text{—}5\text{ кг/см}^2$ ($400\text{—}500\text{ кн/м}^2$) и бакелитовым лаком под давлением $10\text{—}30\text{ кг/см}^2$ ($1000\text{—}3000\text{ кн/м}^2$) производится по специальному режиму. Наиболее распространена пропитка бакелитовым лаком, который после нагрева до 200°C , медленного охлаждения становится непроницаем для воды, бензина и масла. После пропитки отливки высушивают на воздухе в течение 2—3 ч.

Заварка отливок из бронзы. В качестве присадочного материала применяется бронзовый пруток, в который вводятся в каче-

стве раскислителей алюминий, фосфор и марганец. В качестве флюса применяют 68% буры, 10% борной кислоты, 2% древесного угля и 20% поваренной соли. Дефекты в бронзовых отливках заваривают газовой горелкой. После заварки бронзовые отливки для улучшения структуры нагревают до 550—600° С с последующим быстрым охлаждением.

При заварке алюминиевых отливок необходимо применять восстановительное пламя, так как алюминий сильно окисляется. Для уменьшения окисления и растворения образовавшегося тугоплавкого оксида применяют флюсы следующего состава: 15% LiCl; 7% KF; 3% Na₂SO₄; 30% NaCl и 45% KCl.

Перед заваркой алюминиевые отливки необходимо подогреть до 400° С для уменьшения в них внутренних напряжений. Алюминиевые прутки (99% Al или 92% Al и 8% Cu) являются присадочным материалом. Для устранения внутренних напряжений алюминиевые отливки после заварки подогреть до 350° С.

ГЛАВА I

КОНСТРУИРОВАНИЕ ОТЛИВОК

При конструировании литых деталей необходимо стремиться к максимальному уменьшению их массы, размеров и упрощению конфигурации, исходя из требуемой расчетной прочности. При этом необходимо учитывать:

- 1) литейные свойства сплава (усадку, жидкотекучесть, склонность к горячим трещинам, ликвацию и т. д.);
- 2) удобство механической обработки;

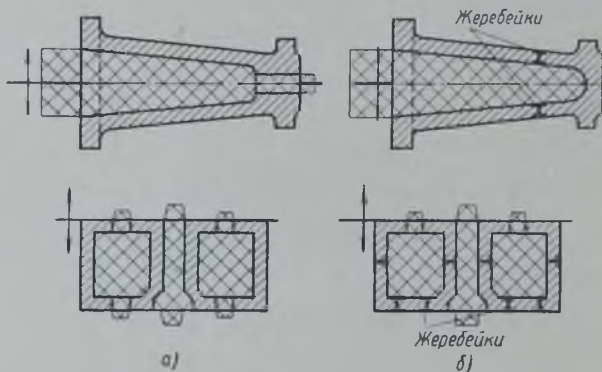


Рис. 272. Положение стержней в отливках

3) удобство и простоту формовки: отливка должна быть изготовлена с минимальным числом стержней, по возможности простой конфигурации, с хорошей вентиляцией; отливка должна иметь формовочные уклоны, сборка формы должна быть удобной;

4) удобство обрубки и очистки отливки.

В целях повышения точности литых деталей при их конструировании необходимо предусматривать минимальное число разъемов модели или формы, причем поверхность разъема рекомендуется делать плоской.

При конструировании литых деталей следует ограничивать число выступающих частей, особенно тех, которые на моделях

выполняются съемными. Полости деталей рекомендуется конструировать так, чтобы их можно было изготовить без стержней или с минимальным их числом.

Если деталь имеет смежные внутренние полости, их необходимо соединять вместе устройством окон в промежуточных стенках для обеспечения устойчивого положения стержня в форме, а следовательно, и точности разъемов литой детали.

Для образования внутренних полостей в отливках необходимо предусматривать отверстия под знаки стержней (рис. 272, а),

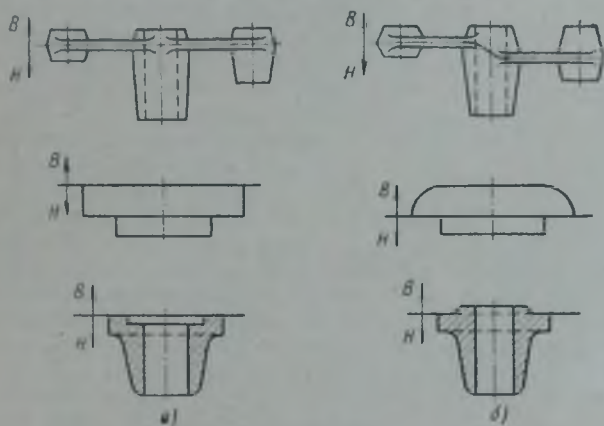


Рис. 273. Примеры разреза поверхностей формы:
а — правильный разъем; б — неправильный разъем

и по возможности избегать применения подвесных стержней, устанавливаемых на жеробейках (рис. 272, б). Вообще, не рекомендуется применять жеробейки, так как в ряде случаев они не свариваются с металлом отливки.

Конструкция отливки должна обеспечить простоту формовки. Например, при формовке отливок, изображенных на рис. 273, б, придется выполнять сложный разъем — подрезкой или применением фальшивой опоки или фасонной подмодельной плиты, хотя деталь может быть выполнена более просто (рис. 273, а).

Детали особо сложного очертания целесообразно упрощать разбивкой на отливки простой конфигурации, изготавливаемые отдельно и соединяемые сваркой (сварнолитые конструкции для стальных деталей) или болтами (сборные конструкции для чугунных отливок).

Отливка значительных габаритных размеров не должна иметь очень тонких стенок, так как металл полностью не заполнит форму.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВКИ

Основной задачей при проектировании литейной технологии является выбор методов производства, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели и необходимые эксплуатационные качества литых деталей. При оценке того или иного технологического процесса следует учитывать затраты и стоимость получения отливок не только в литейном цехе, но и объем механической обработки. Поэтому необходимо максимально уменьшать припуски на механическую обработку, упрощать технологический процесс формовки, максимально использовать существующее производственное и вспомогательное оборудование.

При разработке технологического процесса изготовления литейной формы для той или иной конкретной отливки необходимо:

- 1) разработать чертеж отливки;
- 2) определить способ формовки;
- 3) установить поверхность разъема формы;
- 4) наметить способы установки стержней в форму;
- 5) определить положение формы при заливке ее металлом;
- 6) наметить конструкцию литниковой системы для отливки и рассчитать ее;
- 7) определить габаритные размеры опок;
- 8) расположить модели на модельной плите при машинной формовке, а при ручной формовке расположить модели в опоке.

Технолог-литейщик совместно с конструктором должен изучить конструкцию отливки с целью улучшения технологичности литой детали за счет конструктивных изменений. В случае необходимости следует увеличить галтели, выравнять толщину стенок и устранить резкие переходы от толстой части отливки к тонкой.

При выборе положения отливки необходимо наиболее ответственные части располагать в нижней части формы, так как металл в них получается более плотным. Кроме того, следует соблюдать правила: 1) отливку в форме нужно располагать таким образом, чтобы при заливке и затвердевании обеспечивалось направленное затвердевание металла;

2) обрабатываемые части отливки в момент заливки формы и затвердевания металла должны располагаться внизу, вертикально или наклонно;

3) детали цилиндрической формы, внешние и внутренние поверхности которых подвергаются механической обработке, должны заливаться в вертикальном положении;

4) очень длинные отливки желательно заливать в наклонном положении;

5) поверхности отливки, служащие базой при механической обработке, должны располагаться в одной полуформе.

На рис. 274, а показан способ заливки формы в наклонном положении, при котором достигается хорошая плотность металла при минимальном его расходе на прибыль. Вертикальный способ

заливки (рис. 274, б) стальных и чугунных втулок, крановых барабанов и других деталей, который обеспечивает плотность металла боковых поверхностей отливки и правильное питание при затвердевании отливки.

На рис. 274, в показан способ заливки тонкостенного картера из чугуна; обрабатываемый фланец располагается внизу, так как

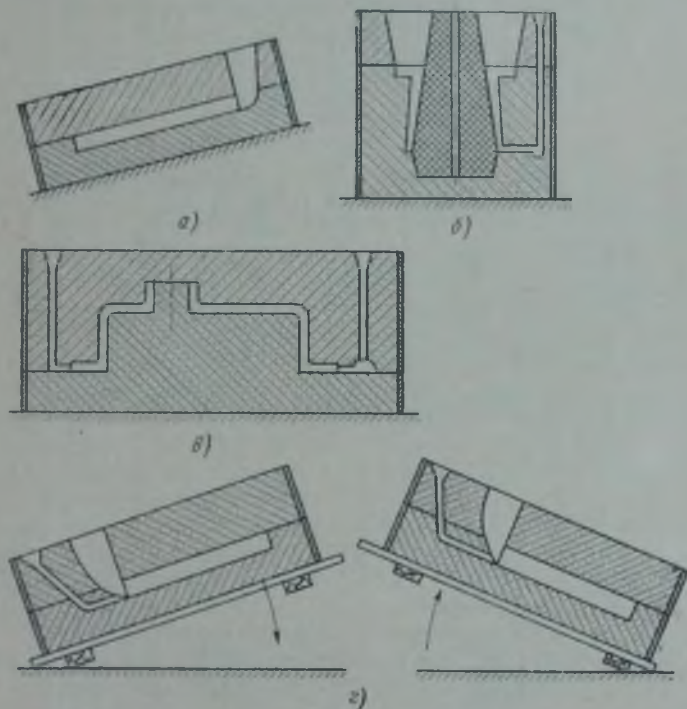


Рис. 274. Примеры правильного положения формы при заливке металла

большая жидкотекучесть чугуна исключает недолив. При изготовлении из стали эту деталь следует отливать фланцем вверх для предохранения от недолива днища, образования рыхлот и появления течи.

Бронзовые диски для подпятников конусных дробилок заливается методом поворота (рис. 274, г). Этот метод обеспечивает высококачественную поверхность отливки.

При определении поверхности разъема формы следует руководствоваться следующими положениями.

1. Вся отливку, если позволяет ее конструкция, следует располагать в нижней опоке; этим исключается перекося отливки.

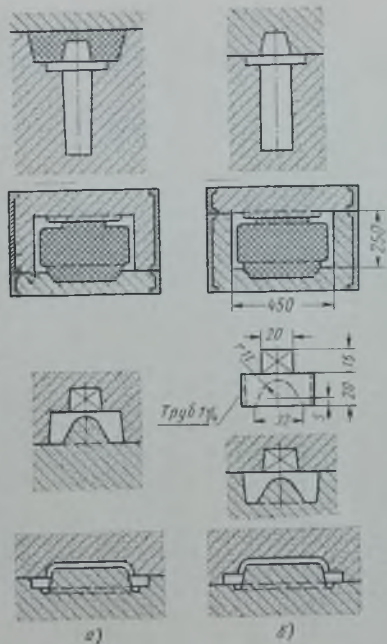


Рис. 275. Примеры правильного и неправильного назначения разреза формы:
а — правильно; б — неправильно

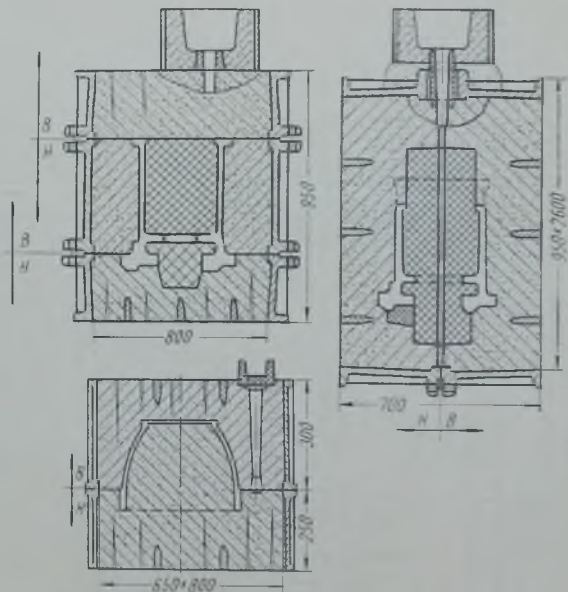


Рис. 276. Примеры разреза поверхности формы сложных отливок

2. Поверхность разъема формы при заливке желательнее иметь горизонтальной.

3. Поверхность разъема формы должна обеспечивать свободное извлечение модели из формы и удобство установки стержней, а также согласование технологического процесса отливки с ее механической обработкой.

4. Форма должна иметь минимальное число стержней или вовсе не иметь их, следует применять песчаные болваны.

5. Выбранный разъем формы должен обеспечивать удобство уплотнения и сборки формы, надежность установки стержней и удобство контроля их при установке в форму.

6. При формовке в почве основные части отливки должны располагаться только в нижней части формы.

На рис. 275, а приведены примеры правильного расположения поверхности разъема формы, а на рис. 275, б — неправильного.

На рис. 276 приведены примеры разъема поверхности формы более сложных отливок.

При машинной формовке выбор поверхности разъема формы определяется типом имеющихся формовочных машин.

Выступающие части формы (болваны) не должны быть высокими, иначе может произойти обвал формы.

Практикой установлены следующие соотношения размеров болванов (рис. 277) для форм: нижних $H \leq D$ и верхних $H \leq 0,3D$. При ручной формовке эти соотношения уменьшаются до 50%. При больших соотношениях H/D применяют стержни.

При выборе способа формовки следует стремиться к изготовлению форм и стержней на формовочных машинах: отливки получают с минимальными припусками на механическую обработку и с более чистой поверхностью.

Габаритные размеры опок определяются габаритными размерами модели, числом моделей и их расположением в опоке, размерами литниковых систем и стержневых знаков.

Необходимо учитывать также массу собранной полуформы, грузоподъемность кранов, размеры формовочного стола на машинах и имеющихся опок. Кроме того, следует учитывать: 1) толщину слоя формовочной смеси вокруг отливки, который не разрушался бы в процессе заливки металла в форму (расстояние от отливки или модели до стенки опоки берется для опок: мелких 30—50 мм, средних 50—100 мм, крупных 100—150 мм); 2) расстояние от стержневого знака до боковой стенки опоки (примерно от 0 до 50 мм); 3) расстояние от модели до нижней или верхней плоскости опоки (принимается для опок: мелких 40—60 мм, средних 60—120 мм; крупных 100—150 мм).

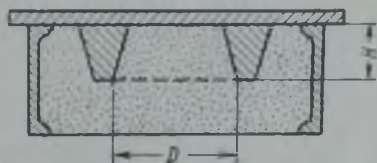


Рис. 277. Схема к определению размеров болванов

При формовке нескольких моделей в одной опоке расстояние между ними в плоскости разъема принимают для тонкостенных отливок и неглубоких форм не менее 20 мм, толстостенных отливок и глубоких форм не менее 30 мм.

Разработка чертежа отливки. В массовом и крупносерийном производствах разрабатывается специальный чертеж отливки, а в мелкосерийном и индивидуальном производствах на чертеже детали указываются поверхность разъема модели и формы, положение отливки при заливке, припуски на механическую обработку, положение стержней и их знаки, отъемные части, прибыли, выпоры, литниковые каналы, приливы и холодильники.

Разъем модели и формы обозначают на чертеже детали во всех ее проекциях жирной синей линией. Положение отливки при заливке отмечается стрелками, а у линии разъема указывают «Верх» и «Низ». При неразъемной модели и несовпадении разъема формы с разъемом модели наносится линия разъема формы.

Припуски на механическую обработку наносятся на чертеже детали красным карандашом и штрихуются только в плоскости разреза. Над знаками обработки цифрами указывают величину припуска на механическую обработку, зависящую от рода металла: для отливок из серого чугуна по ГОСТу 1855—55, из углеродистой стали по ГОСТу 2009—55. Для верхней части отливки дают припуски больше, чем для нижней и боковой части отливки, так как в верхней части, как уже было ранее сказано, скапливаются шлаковые включения и появляются газовые раковины.

Места установки стержней определяют по чертежу детали. Затем намечают предварительные границы между основными стержнями, устанавливают назначение каждого стержня, условия его изготовления, число стержней, способы изготовления, установки каркасов, вентиляции, состав смеси, условия сушки, контуры и размеры знаков, а также зазоры по контуру знаков для каждого стержня. Размеры знаков стержней и зазоры в них принимаются по ГОСТу 3606—57.

Контуры стержней наносятся штриховкой на чертеж детали синими линиями. Зазоры между знаками формы и стержней указываются на чертеже только в случае отклонений от рекомендуемых нормалей. Места сопряжения стержней друг с другом обозначают на чертеже жирной или двойной синей линией. Номер стержня соответствует порядковому номеру при установке его в форму и ставится на чертеже в центре стержня. Стержни, изготавливаемые по одному ящику, с вкладышами и без них обозначаются таким же порядковым номером, но с добавлением индекса (например, 1; 1а; 2; 2а и т. д.). Плоскость набивки стержней указывается стрелкой, а плоскость разъема стержневого ящика синей линией.

На чертеже отливки даются дополнительные пояснения об условиях изготовления отливки. При изготовлении отливки по шаблону на чертеже детали желтой линией указывают профили

шаблонов, а литниковую систему, прибыли и выпоры вычерчивают красным карандашом, с указанием размеров. Места для прилитых проб, ложные ребра (стяжки) отмечают красным карандашом с указанием размеров.

Устанавливаемые в форму холодильники обозначают на чертеже зеленым карандашом с указанием размеров. Размеры отливки, подлежащие проверке, обводят на чертеже желтым кружком и на выносной стрелке ставят соответствующий номер контрольного шаблона.

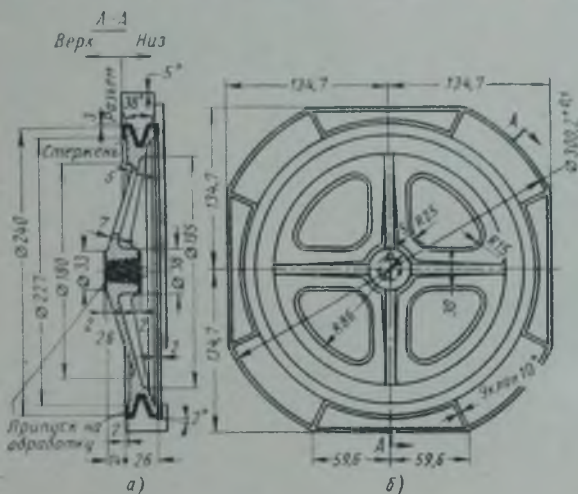


Рис. 278. Пример технологической разработки отливки шкива компрессора

Техническая документация на изготовление отливок. После разработки технологического процесса на изготовление отливки и модельной оснастки приступают к составлению технологических карт.

Технологическая карта является основным документом, в котором зафиксирован технологический процесс, методика и порядок всех операций по изготовлению отливки. В операционно-технологической карте указывается наименование детали, тип формовочной машины, число деталей на изделие, черный и чистый вес отливки, способ формовки (по-сырому и по-сухому, со стержнями или без стержней), число деталей и стержней в форме и т. д.

Кроме того, в операционно-технологической карте кратко описываются основные технологические операции (формовка, сборка формы, изготовление и сушка стержней, заливка металла в формы, выбивка отливки из формы, отбивка или отрезка литников и прибылей, выбивка стержней из отливки, очистка отливки и т. д.).

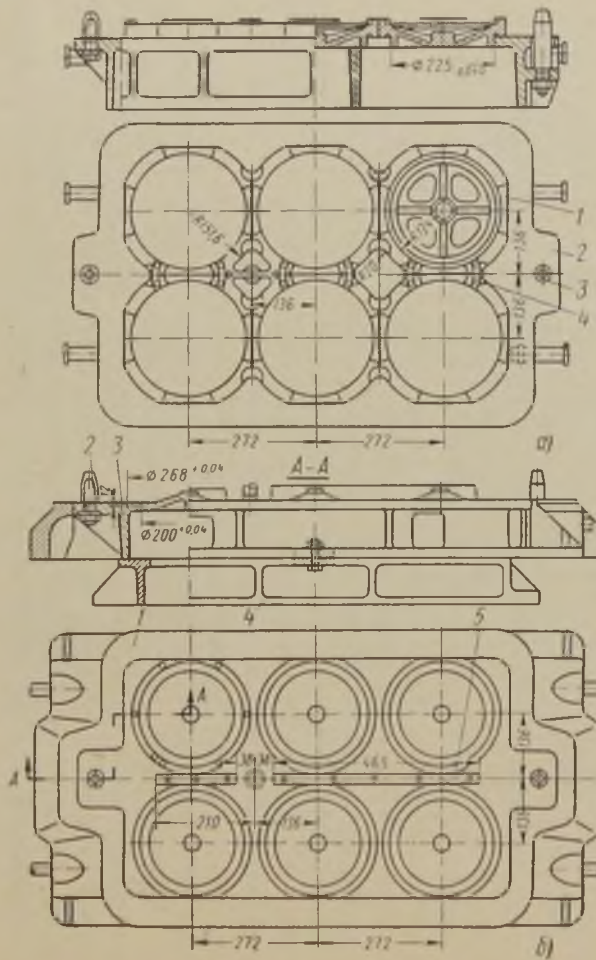


Рис. 279. Модельные плиты для изготовления отливки шкива:
 а — нижняя модельная плита: 1 — модель; 2 — плита; 3 — центрирующий штырь; 4 — модель питателей; б — верхняя модельная плита: 1 — плита; 2 — центрирующий штырь; 3 — модель; 4 — плита машины; 5 — модель шлакоуловителя

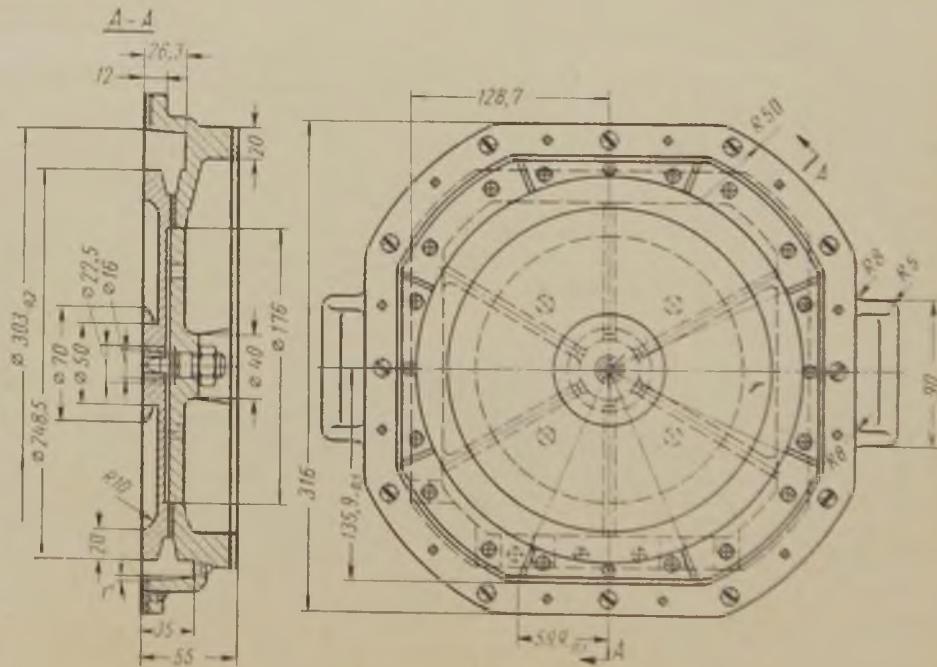


Рис. 280. Стержневой ящик для отливки шкива

В картах указывается также оборудование, основной и вспомогательный инструмент, норма выработки в смену, разряд рабочего, число рабочих, часовая тарифная ставка и расценки на одну отливку. Все описанные указания должны быть обязательно выполнены.

Техническая документация включает также чертежи отливки, модельного комплекта, формы в сборе.

На рис. 278 приведен технологический чертеж отливки шкива компрессора с припусками на механическую обработку (указаны черным цветом), поверхностью разъема формы, формовочными уклонами.

На модельных плитах с моделями отливки шкива закреплены и модели литниковой системы (рис. 279).

Стержень для образования канавки в ободке шкива изготавливается по металлическому стержневому ящику (рис. 280), состоящему из двух частей, центрируемых штырем 3.

Форма в сборе и сечения элементов литниковой системы приведены на рис. 281.

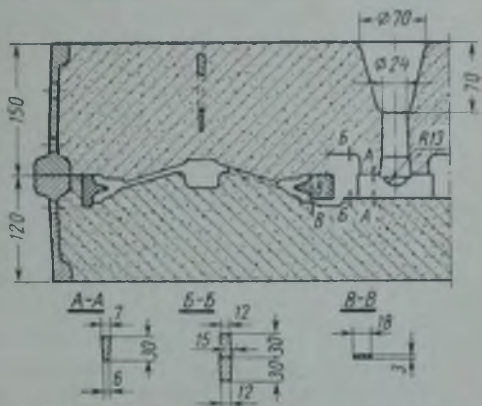


Рис. 281. Форма для изготовления отливки шкива

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П. Н. Технология литейного производства. М., Машгиз, 1957.
 2. Бидуля П. Н. Технология стальных отливок. М., Metallurgizdat, 1961.
 3. Орешкин В. Д. Основы литейного производства. М., Машгиз, 1956.
 4. Приступлюк Н. И. Технология литейного производства. (Лабораторный практикум). М., Машгиз, 1958.
 5. Приступлюк Н. И. Сборник упражнений по технологии литейного производства. М., Машгиз, 1960.
 6. Рубцов Н. Н. Специальные виды литья. М., Машгиз, 1955.
 7. Рыжиков А. А. Технологические основы литейного производства. М., Машгиз, 1962.
 8. Сергеев И. Ф. Модельное производство. М., Машгиз, 1962.
 9. Чугунное литье. Справочник под ред. Н. Г. Гиршовича. М.—Киев, Машгиз, 1960.
-

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
--------------------	---

Часть первая

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Глава I. Общие сведения	5
-----------------------------------	---

Глава II. Модельная оснастка	10
--	----

§ 1. Материалы	10
§ 2. Деревянная модельная оснастка	13
§ 3. Оборудование и инструмент	21
§ 4. Металлическая, пластмассовая модельная оснастка. Опoki	28

Глава III. Формовочные материалы и смеси	38
--	----

§ 1. Общие сведения	38
§ 2. Формовочные пески	40
§ 3. Формовочные глины	42
§ 4. Новые формовочные материалы	44
§ 5. Связующие материалы, крепители и добавки	45
§ 6. Противопрigarные краски, пасты	50
§ 7. Формовочные и стержневые смеси	51
§ 8. Приготовление формовочных и стержневых смесей	60
§ 9. Контроль свойств формовочных и стержневых материалов и смесей	67

Глава IV. Технология ручной формовки	73
--	----

§ 1. Общие сведения	73
§ 2. Формовка в почве	77
§ 3. Формовка в опоках	80
§ 4. Формовка по шаблону	87
§ 5. Формовка по скелетным моделям	90
§ 6. Формовка в стержнях	91
§ 7. Формовка в кусках	92
§ 8. Формовка в глине	93
§ 9. Изготовление форм из быстротвердеющих смесей	94
§ 10. Сборка форм и подготовка их к заливке	96

Глава V. Технология машинной формовки	98
---	----

§ 1. Общие сведения	98
§ 2. Уплотнение прессованием	101
§ 3. Уплотнение встряхиванием	107
§ 4. Уплотнение пескометом	114
§ 5. Комплексная механизация и автоматизация в формовочном отделении	116

Глава VI. Технология изготовления стержней	121
§ 1. Конструкция и установка стержней в форме	121
§ 2. Изготовление стержней ручным способом	127
✓ § 3. Изготовление стержней на машинах	133
§ 4. Сборка стержней	140
§ 5. Сушка стержней и форм	142
§ 6. Отделка, контроль и хранение стержней	150

Глава VII. Литниковые системы для отливок из серого чугуна	152
§ 1. Элементы литниковой системы	152
§ 2. Способы подвода металла в форму и конструкции литниковых систем	155
§ 3. Методы расчета литниковых систем	159

Часть вторая

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЖИДКОГО ЧУГУНА

Глава I. Литейные и механические свойства серого чугуна	165
§ 1. Литейные свойства сплавов	165
§ 2. Влияние химического состава и структуры на механические свойства чугуна	171
§ 3. Классификация чугунов	174
§ 4. Модифицирование серого чугуна	178
§ 5. Легирование серого чугуна	182

Глава II. Шихтовые материалы для плавки чугуна. Расчет шихты	183
§ 1. Металлическая шихта	183
§ 2. Топливо	188
§ 3. Флюсы	190
§ 4. Расчет шихты	192

Глава III. Плавка чугуна	197
§ 1. Плавка чугуна в вагранке	197
§ 2. Интенсификация процесса плавки чугуна в вагранке	211
§ 3. Нарушение хода работы вагранки	216
§ 4. Контроль плавки в вагранке	218
§ 5. Плавка чугуна в пламенных печах	226
§ 6. Плавка чугуна в электродуговых и индукционных печах	229

Глава IV. Заливка форм металлом, охлаждение и выбивка отливок из форм. Очистка отливок	233
§ 1. Заливка форм металлом	233
§ 2. Охлаждение отливок и выбивка их из формы	237
§ 3. Очистка отливок	244
§ 4. Обрубка и зачистка отливок	254

Часть третья

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПЛАВОВ

Глава I. Производство отливок из ковкого чугуна	258
§ 1. Общие сведения	258
§ 2. Особенности технологии формовки	259
§ 3. Плавка белого чугуна	262
§ 4. Процесс отжига белого чугуна	265
§ 5. Очистка отливок	268

Глава II. Производство отливок из стали	269
§ 1. Стали для фасонных отливок	269
§ 2. Особенности технологии формовки	272
§ 3. Плавка стали для фасонных отливок	278
§ 4. Заливка, очистка и термическая обработка	281
Глава III. Производство отливок из цветных сплавов	283
§ 1. Медные сплавы	283
§ 2. Алюминиевые сплавы	290
§ 3. Магниеые сплавы	297

Часть четвертая

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ

Глава I. Литье в металлические формы (кокили)	301
§ 1. Общие сведения	301
§ 2. Металлические формы (кокили)	302
§ 3. Особенности литья различных сплавов	307
§ 4. Механизация литья в металлические формы	308
Глава II. Центробежное литье	311
§ 1. Общие сведения	311
§ 2. Типы форм и машины для центробежного литья	316
§ 3. Особенности центробежного литья фасонных деталей и труб	318
Глава III. Литье под давлением	324
§ 1. Общие сведения	324
§ 2. Прессформы	329
§ 3. Машины для литья под давлением	331
§ 4. Сплавы для литья под давлением	333
Глава IV. Литье по выплавляемым моделям	334
§ 1. Общие сведения	334
§ 2. Изготовление моделей	335
§ 3. Изготовление литейной формы	338
§ 4. Плавка и заливка металла в формы. Выбивка и очистка отливок	340
Глава V. Литье в оболочковые формы	342
§ 1. Общие сведения	342
§ 2. Изготовление оболочковых форм и стержней	345
§ 3. Сборка и заливка форм, выбивка и очистка отливок	348
Глава VI. Производство отливок особого назначения	350
§ 1. Особенности технологии производства труб и слитков	350
§ 2. Чугунные прокатные валки с отбеленной поверхностью	352
§ 3. Производство изложниц	356

Часть пятая

БРАК ОТЛИВОК И МЕРЫ ЕГО УСТРАНЕНИЯ

Глава I. Дефекты отливок	358
§ 1. Общие сведения	358
§ 2. Причины и способы устранения дефектов	358
§ 3. Дефекты отливок, характерные для различных видов литья	364

Глава II. Контроль качества отливок. Способы устранения дефектов	367
§ 1. Контроль качества отливок	367
§ 2. Способы исправления дефектов отливок	370

Часть шестая

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Глава I. Конструирование отливок	374
Глава II. Проектирование технологии формовки	376
Литература	384

Николай Дмитриевич Т и т о в
ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Редактор издательства инж. *И. Н. Жесткова*
Технический редактор *Н. Ф. Демкина* Корректор *Л. Ф. Никифорова*
Переплет художника *Е. В. Бекетова*

Сдано в производство 15/III 1968 г. Подписано к печати 30/VII 1968 г.

T-12201 Тираж 22 000 экз. Печ. л. 24,25. Бум. л. 12,13, Уч.-изд. л. 26.

Формат 60×90¹/₁₆. Цена 1 р. 10 к. Зак. 2048

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ», Москва, Б-66, 1-й Басманный пер., 3

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Ленинград, ул. Монсеенко, 10