

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

серия основана в 1996 г.



Д.М. КУКУЙ
В.А. СКВОРЦОВ
Н.В. АНДРИАНОВ

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В 2 частях

ЧАСТЬ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ФОРМАХ

*Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебника для студентов высших учебных
заведений по специальности «Машины и технология
литейного производства»*

*Рекомендовано
Учебно-методическим центром
«Профессиональный учебник» в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности «Машины и технология
литейного производства»*

Минск
«Новое знание»

Москва
«ИНФРА-М»

2011

УДК 621.74(075.8)
ББК 34.61я73
К89

Рецензенты:

кафедра «Технология и оборудование машиностроительного производства Витебского государственного технологического университета»;
заведующий кафедрой «Машины и технология литейного производства» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого, кандидат технических наук, доцент *Л.Е. Ровин*

Кукуй, Д.М.
К89 Теория и технология литейного производства : учебник / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч. Ч. 2. Технология изготовления отливок в разовых формах. — Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. — 406 с. : ил. — (Высшее образование).

ISBN 978-985-475-329-4 (Новое знание)

ISBN 978-5-16-004761-4 (ИНФРА-М, общий)

ISBN 978-5-16-004787-4 (ИНФРА-М, ч. 2)

Описаны различные технологии изготовления отливок в разовых формах. Рассмотрены ручные и машинные способы изготовления форм и стержней, способы заливки литейных форм, применяемые заливочные устройства и автоматические формовочные линии. Описаны варианты организации производства в формовочных и стержневых отделениях литейных цехов. Изложены основы конструирования литых деталей, проектирования и расчета литниковых систем и технологической оснастки для разовых форм и стержней.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Машины и технология литейного производства», магистрантов и аспирантов. Может быть полезен инженерно-техническим работникам литейного производства.

УДК 621.74(075.8)
ББК 34.61я73

ISBN 978-985-475-329-4 (Новое знание)
ISBN 978-5-16-004761-4 (ИНФРА-М, общий)
ISBN 978-5-16-004787-4 (ИНФРА-М, ч. 2)

© Кукуй Д.М., Скворцов А.В.,
Андрианов Н.В., 2011
© ООО «Новое знание», 2011

Предисловие

Во второй части учебника «Теория и технология литейного производства» описываются различные методы использования формовочных и стержневых смесей, противопопригарных покрытий в технологиях изготовления отливок в разовых формах.

Материал излагается в той же последовательности, как на практике происходит изготовление отливок: формовка и стержнеобразование, подготовка, ремонт, сборка форм, заливка их расплавом, кристаллизация и охлаждение отливок, их очистка, обрубка, контроль качества. Описание этих процессов начинается с ознакомления с классическими способами ручной формовки в одной, двух и более опоках. Особое внимание уделено таким нетрадиционным методам изготовления форм, как формовка с подрезкой, по вращающимся шаблонам, по скелетным моделям, кесонная формовка и др.

Изучение так называемых ручных методов формообразования позволяет логически подвести читателя к технологиям изготовления форм с помощью современных машинных методов. Рассмотрены практически все известные современные способы формообразования, включая прессовые, динамические и комбинированные. Особое внимание уделено составам формовочных смесей, применяемых при том или ином способе формовки. Наряду с этими способами представлены новые возможности изготовления форм с помощью вакуумно-пленочной технологии и использования сильных электромагнитных полей (магнитная формовка). Даны примеры современных автоматических формовочных линий, базирующихся на использовании различных методов формообразования. Описаны варианты организации производства в формовочных отделениях литейных цехов.

При изучении технологий изготовления стержней представлены конструкции стержневой оснастки для различных способов изготовления стержней, процессы окраски, отделки, контроля качества и хранения стержней. Описаны технологические процессы изготовления стержней с помощью ручных способов и с использованием пескодувных и пескострельных машин. Приведены примеры организации труда в стержневых отделениях как с индивидуальным, так и с массовым характером производства.

В учебнике достаточно подробно представлены сведения о способах заливки литейных форм и применяемых для этих целей ручных, механизированных и автоматизированных заливочных устройств. Особое внимание уделено технологическим процессам обрубки, очистки и выбивки отливок с последующим контролем их качества и исправлением дефектов. Даны сведения о современном оборудовании, применяемом в этих технологических процессах.

Отдельные главы посвящены основам конструирования литых деталей, проектированию и расчету литниковых систем и технологической оснастки для разовых форм и стержней. При этом представлены различные методы расчета литниковых систем для отливок из цветных сплавов, чугунных и стальных отливок, изготавливаемых как в индивидуальном, так и в массовом производстве. Показаны особенности конструирования литниковых систем, прибылей, дросселей для различных отливок и сплавов.

Изложение учебного материала завершается главой, посвященной экологическим проблемам, возникающим в литейном цехе и за его пределами. В этой главе представлено много сведений по номенклатуре и токсикологическим характеристикам основных вредных веществ, выделяющихся из стержневых и формовочных смесей в период изготовления форм и стержней и во время заливки форм расплавом. Даны практические рекомендации по улучшению экологической обстановки.

Учебный материал изложен в соответствии с программой дисциплины «Теория и технология литейного производства» для студентов вузов, обучающихся по специальности I-36 02 01 «Машины и технология литейного производства». Учебник предназначен не только для студентов. Он будет полезен магистрантам и аспирантам, а также инженерно-техническим работникам литейного производства.

1

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНЫХ СПОСОБОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

1.1. Формовочная оснастка и инструмент

Формовка — это технологический процесс изготовления литейных форм, в основном определяющий качество будущей отливки. В зависимости от типа производства, а также сложности отливки существует экономическая и техническая целесообразность использования ручных, машинных или автоматизированных методов формовки. Как правило, в условиях единичного и мелкосерийного производства применяют различные виды ручной формовки, отличающейся многообразием способов и приемов, позволяющих получать разнообразные по сложности, массе и размерам отливки.

Различают следующие разновидности ручной формовки: в опоках, в почве, комбинированная (сочетающая элементы формовки в опоках и в почве).

При ручном изготовлении литейных форм используются различные приспособления и вспомогательные устройства, называемые **формовочной оснасткой**: опоки, штыри, подопочные плиты (щитки) и др.

Опоки — жесткие (прямоугольные, круглые или фасонные) рамки (рис. 1.1), ограничивающие наружные очертания формы и обеспечивающие выполнение различных технологических и транспортных операций. В зависимости от массы опоки подразделяют на три категории:

- 1) ручные опоки массой без смеси до 30 кг;
- 2) опоки массой до 60 кг с устройствами для ручного и кранового подъема;
- 3) крановые опоки массой более 60 кг.

Для удобства транспортировки опоки имеют наружную отбортовку, необходимую, так же как и ребра (крестовины), для увеличения жесткости, которая к тому же, наряду с внутренней отбортовкой, предотвращает выпадение заформованной смеси из опоки. Отверстия служат для облегчения опоки и удаления

из формы газов в период заливки. Соединение опок при формовке и сборке обеспечивается *штырями*, которые вставляют в отверстия специальных приливов, куда запрессовывают стальные втулки. *Скобы*, надеваемые на приливы, предотвращают подъем верхней полуформы при заливке расплавом.

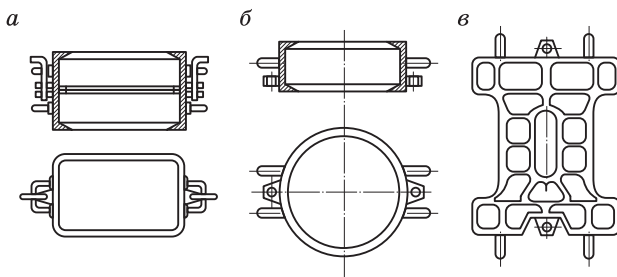


Рис. 1.1. Опоки:

а — прямоугольная; *б* — круглая; *в* — фасонная

Изготавливают опоки обычно либо в литом (из чугуна, стали или вторичных алюминиевых сплавов), либо в сварном (из литых стальных нормализованных элементов или из стандартного проката), либо в сборном (из чугуна и стали) варианте.

Парные опоки должны плотно, без зазоров прилегать друг к другу, для чего плоскости их разъема (лад опоки) необходимо механически обрабатывать и не допускать наличия на нем остатков формовочной смеси, металла.

При выборе размеров опок следует учитывать, что чрезмерно большие опоки приводят к бесцельной затрате труда на операции формовки и нецелесообразному расходу смеси. Малые же размеры опок могут привести к уходу металла по разъему, продавливанию расплавом низа формы. В связи с этим при выборе размеров опок для ручной формовки целесообразно пользоваться данными, приведенными в табл. 1.1.

Элементы центрирования опок включают *штыри* и *втулки*, изготавливаемые, как правило, из сталей марок сталь 40–45, тщательно обработанные и закаленные до твердости HRC 40...45. При этом втулки в зависимости от выполняемых функций подразделяются: на центрирующие, имеющие круглые отверстия, и направляющие с прямоугольным или эллиптическим отвер-

стием. При ручной формовке и сборке обычно применяют одни и те же штыри, свободно вставляемые в приливы опоки, или закрепляют штыри в верхней либо нижней опоке.

Таблица 1.1

Толщина слоя формовочной смеси на различных участках формы

Вид формы	Расстояние, мм				
	от модели до стенки опоки	от модели до низа формы	от модели до верха	между отдельными моделями	
				для нижней полуформы	для верхней полуформы
Сухие песчано-глинистые:					
мелкие	20...30	50...75	35...60	0,3 от высоты модели полуформы	0,5 от высоты модели полуформы
средние	50...75	100...125	75...100		
Сырые песчано-глинистые:					
средние	75...125	100...150	100...150	75...125	75...125
крупные	125...200	150...250	150...250	75...125	75...125

Подопочные плиты (щитки) — металлические или деревянные гладкие плиты, на которые устанавливаются транспортируемые к месту заливки собранные формы.

Металлические крючки (рис. 1.2), изготавливаемые из стальной проволоки диаметром 5...8 мм, служат для укрепления больших выступающих или свисающих частей («болванов») формы. Один конец крючка обычно навешивают на крестовину, а другой располагают параллельно поверхности модели или разъему формы. При этом крючки устанавливают не вертикально, а с наклоном в разные стороны. Высота крючков должна соответствовать размерам опоки и укрепляемого места с таким расчетом, чтобы крючок не доходил до модели на 10...20 мм.

Деревянные колышки («солдатики») 4 (рис. 1.2) служат для укрепления небольших выступающих частей формы. Обычно их ставят в форму вертикально или с наклоном на расстоянии 10...20 мм от поверхности модели.

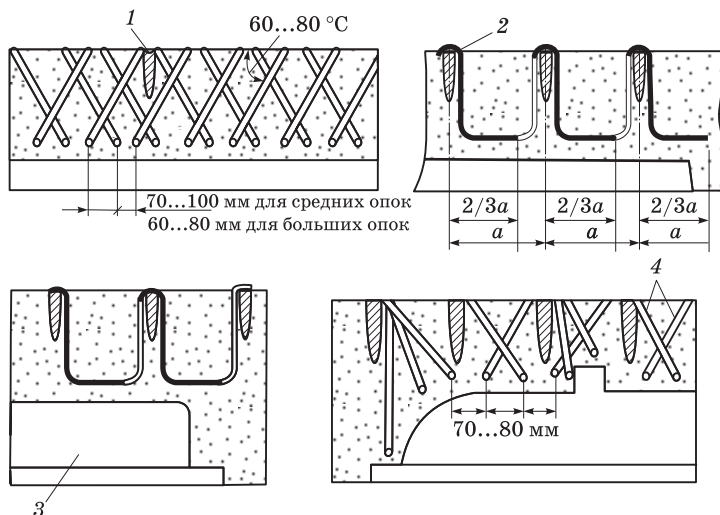


Рис. 1.2. Установка крючков и «солдатики» в форме:
1 — крестовины опоки; 2 — крючки; 3 — модель; 4 — «солдатики»

Жеребейки (рис. 1.3) — различные по размерам и конфигурации металлические подставки, применяемые для фиксации необходимого положения стержней в форме. При изготовлении чугунных и стальных отливок используют жеребейки, изготовленные из мягкой стали и подвергнутые лужению для предотвращения ржавчины. При изготовлении бронзовых отливок применяют медные жеребейки, а алюминиевых отливок — алюминиевые. После заливки формы жеребейки свариваются со сплавом и остаются в теле отливки.

Литейные шпильки и гвозди служат для упрочнения отдельных частей формы в процессе ее отделки и ремонта. В случае технологической необходимости их используют для повышения теплопроводности смеси и ускорения процесса охлаждения отдельных частей отливки.

Холодильники (рис. 1.4) — это металлические приспособления, устанавливаемые при формовке на модель или после формовки в полость литейной формы. Они служат для ускорения процесса охлаждения массивных частей отливки и ее более равномерной кристаллизации. Существует многообразие холодильников по конфигурации и размерам, функциональному назна-

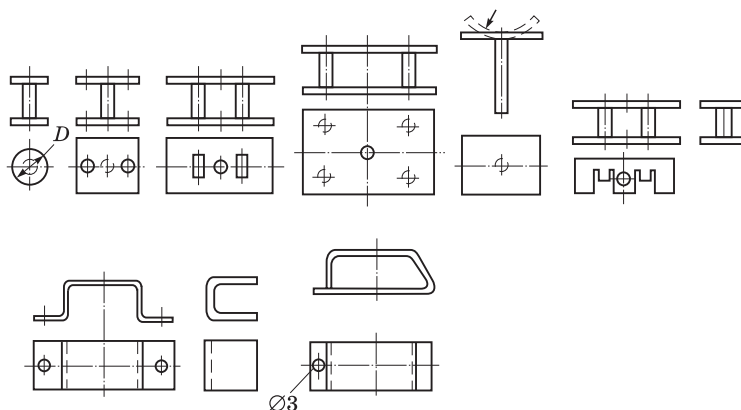


Рис. 1.3. Типы жеревек

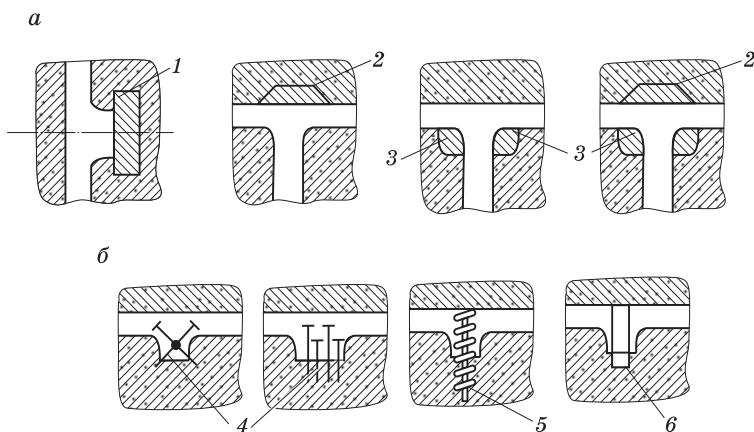


Рис. 1.4. Литейные холодильники:

а — наружные; *б* — внутренние; 1 — дисковый; 2 — пластинчатый; 3 — фасонный; 4 — гвозди; 5 — металлическая стружка; 6 — стальной пруток

чению и расположению в форме. Их разделяют на две группы: *наружные* (рис. 1.4, *а*) и *внутренние* (рис. 1.4, *б*). Внутренние холодильники перед установкой в форму рекомендуется лудить (или пескоструить) с целью лучшего сваривания с заливаемым расплавом, а наружные — окрашивать и сушить для предотвращения сваривания с телом отливки.

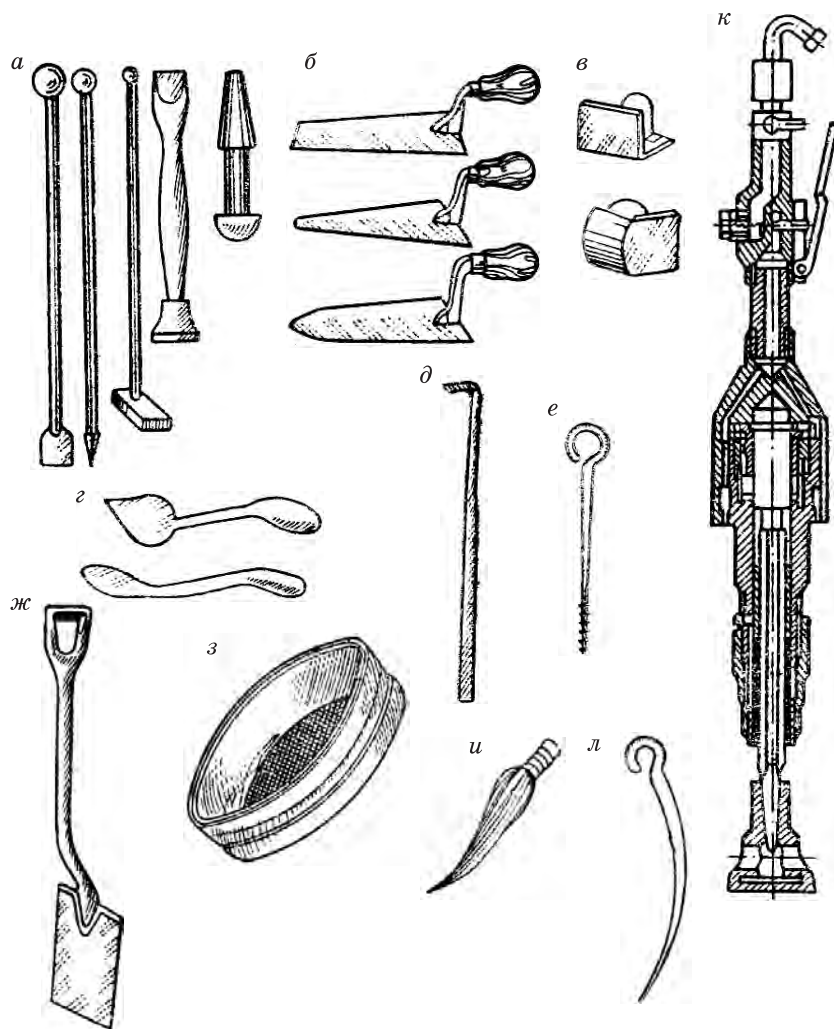


Рис. 1.5. Формовочный инструмент и приспособления

При изготовлении форм и стержней, их отделке и ремонте применяют разнообразный инструмент (рис. 1.5), наиболее полный набор которого используется в процессах ручной формовки. Так, уплотнение смеси осуществляется ручными трамбовками (рис. 1.5, а), а в случае уплотнения крупногабаритных форм

используются пневматические трамбовки (рис. 1.5, *к*). Как правило, трамбовки имеют клиновидный и плоский башмаки, выполненные либо из чугуна СЧ20, либо из резины повышенной твердости. Для просеивания облицовочной смеси при нанесении ее на модель применяют прямоугольные или круглые (диаметром 400...500 мм) сита (рис. 1.5, *з*) с металлической сеткой, имеющей ячейки размером 2...4 мм. Подача наполнительной смеси в опоку осуществляется либо лопатами (в случае формовки опок небольших размеров, рис. 1.5, *ж*) либо совками.

Для выполнения вентиляционных газоотводных каналов в формах и стержнях служат стальные иглы — душники диаметром 3..5 мм, которые бывают прямыми и изогнутыми (рис. 1.5, *л*).

Перед извлечением из уплотненной полуформы модель расталкивают осторожными ударами по ней металлическим или деревянным (киянка) молотком. Для извлечения модели из полуформы применяют крючки-подъемы (рис. 1.5, *е*) с заостренным концом или резьбой на конце (в этом случае в верхней части модели также выполняется резьба).

Отделку и ремонт полуформы осуществляют с помощью гладилок различной конфигурации, ланцетов и крючков, которые изготавливают, как правило, из инструментальной стали, а рабочие поверхности подвергают шлифовке и полировке. Плоские гладилки (рис. 1.5, *б*) применяют для выравнивания прямолинейных поверхностей формы, для чего их лезвия выполняют прямоугольными, закругленными или заостренными. Фасонные гладилки (рис. 1.5, *в*) используют в основном для отделки углов, галтелей, закруглений. Ланцеты (рис. 1.5, *г*) и крючки (рис. 1.5, *д*) служат для отделки и исправления узких труднодоступных мест полуформы; кроме того, крючки применяют для удаления остатков формовочной смеси из углубленных мест.

Кисть-помазок (рис. 1.5, *и*), изготовленная из пеньки или льна, необходима для смачивания формы по контуру модели перед ее извлечением, а также для обработки поврежденных мест формы перед их исправлением.

Струбцины и скобы предназначены, как уже отмечалось, для скрепления полуформ с целью предотвращения подъема верхней опоки в процессе заливки формы расплавом. Для припыливания моделей или стержневых ящиков, а также плоскости разъема формы антиадгезионным покрытием (тальк, ликоподий, графит

и др.) обычно используют мешочки, изготовленные из плотной ткани.

Кроме представленных на рис. 1.5 основных инструментов, необходимых при ручных методах получения литейных форм, могут использоваться и некоторые другие инструменты, в частности различные щетки, кисти, пульверизаторы для мелких и крупных форм, воздушные пылесосы и т.д., служащие как для очистки от остатков формовочной смеси, так и для нанесения на поверхность полуформы противопопригарных покрытий.

Разновидности ручной формовки

1.2. в опоках

Формовка в двух опоках по разъемной модели (рис. 1.6), как и любой другой вид формовки, должна начинаться с подготовки к этой операции модельно-опочной оснастки. Модель внимательно осматривают, очищают от пыли и приставшей смеси, проверяют наличие и правильность изготовления съемных частей модели, элементов литниковой системы. Все обнаруженные повреждения ликвидируют до начала формовки. После этого приступают к формовке нижней полуформы, для чего модель низа 2 вместе с моделью питателя 3 устанавливают на модельную плиту 1 (рис. 1.6, а), которая должна быть прочной и тщательно простроганной. До начала формовки очищают обе опоки от остатков формовочной смеси и всплесков металла, проверяют чистоту отверстий для установки центрирующих и направляющих штырей. Категорически запрещается использование опок, имеющих различные дефекты: трещины в стенках и цапфах, искажение геометрии лада и т.д.

Нижнюю опоку 4 устанавливают на модельную плиту (рис. 1.6, б) таким образом, чтобы проушины для штырей 12 (рис. 1.6, г) были ближе к плоскости разъема. Модель 2 протирают жидким противадгезионным покрытием (например, 50% мазута и 50% керосина) или припыливают модельной пудрой (например, ликоподием или тальком), что предохраняет модель от прилипания формовочной смеси. Затем через сито 5 просеивают облицовочную смесь, толщина слоя которой на модели для мелких и средних сырых форм составляет 10...30 мм, а для крупных форм, под-

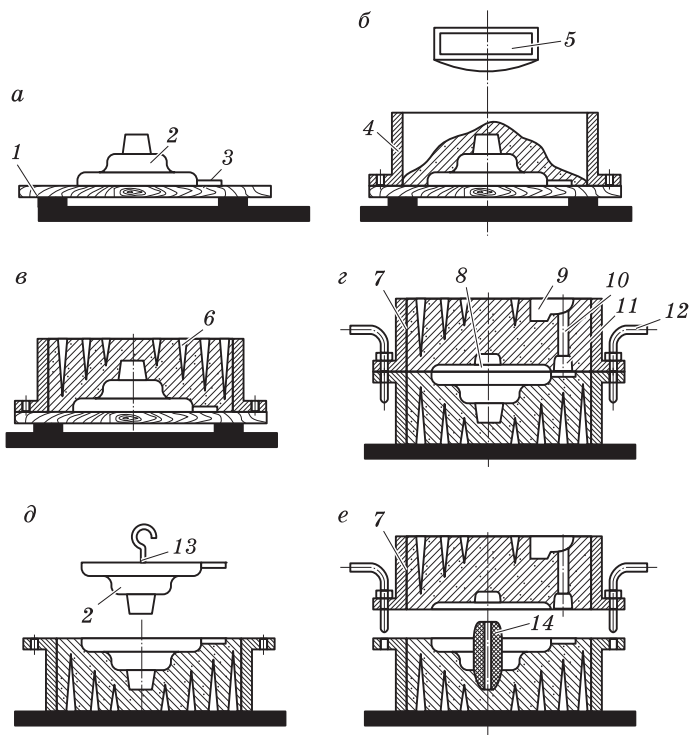


Рис. 1.6. Последовательность операций при формовке в двух опоках по разъёмной модели

вергаемых поверхностной подсушке, — 30...50 мм. Облицовочную смесь вручную обминают вокруг модели так, чтобы полностью закрыть все поднутрения и выступы.

Постепенно слоями толщиной по 50...100 мм заполняют нижнюю опоку наполнительной смесью (рис. 1.6, в) и уплотняют ее клиновидным концом трамбовки (не допуская ударов по модели), особенно тщательно вокруг модели и над ней в углах и у стенок опоки. При послойном наполнении опоки равномерное уплотнение смеси осуществляют вначале клиновидным, а затем плоским концом трамбовки. Следует иметь в виду, что недопустимо переуплотнение смеси, так как в этих местах резко уменьшается газопроницаемость формы и возможно образование газовых дефектов в отливке. После того как вся опока будет заполнена на 30...50 мм

выше верхнего уровня (контрлада), смесь окончательно уплотняют плоским концом трамбовки, а излишек ее срезают линейкой или лопатой вровень с кромкой опоки. После удаления излишка смеси иглой-душником диаметром 3...5 мм накалывают вентиляционные каналы, которые не должны доходить до поверхности модели на 10...20 мм во избежание повреждения модели. После этого полуформу вместе с модельной плитой поворачивают на 180° (рис. 1.6, з), снимают плиту, устанавливают модель верха 8, модели шлакоуловителя 11, стояка 10 и чаши 9. Для предотвращения прилипания формовочной смеси верхней полуформы к нижней на плоскость разъема наносят мелкий сухой кварцевый песок. Остатки его сдувают с модели сжатым воздухом, после чего наносят на нее противадгезионное покрытие. Затем по штырям 12 на нижнюю полуформу устанавливают верхнюю опоку 7, наполняют ее облицовочной и наполнительной смесями, которые уплотняют по принятой технологии изготовления нижней полуформы.

После уплотнения и удаления излишков смеси в верхней опоке, а также изготовления вентиляционных каналов ударами деревянным молотком по подъему расталкивают модели чаши и стояка и извлекают их из формы. Затем раскрывают форму, поворачивая верхнюю полуформу на 180°, и устанавливают ее рядом с нижней. После этого осуществляют извлечение моделей из полуформ и отделку формы. Для этого кисточкой удаляют разделительный песок, а в модель ввертывают или забивают подъем 13 (рис. 1.6, д). Края полуформы вокруг модели слегка смачивают водой. Перед извлечением модель расталкивают ударами молотка по подъему 13 (при этом осторожно поднимают модель из формы, сохраняя вертикальное положение подъема и модели). Таким же образом извлекают модели питателей и шлакоуловителя. Небольшие модели извлекают вручную, крупные — краном или специальными подъемными приспособлениями.

После аккуратного извлечения моделей приступают к отделке формы, т.е. к исправлению повреждений, припиливанию, окраске. Поврежденные места формы исправляют гладилками, ложечками, ланцетами, крючками и т.д. Для повышения прочности исправленные и другие ослабленные места формы укрепляют шпильками, имеющими длину 70...100 мм и устанавливаемыми на расстоянии 60..100 мм друг от друга. Следует припиливать

каналы литниковой системы в углах и местах поворота, выступающие части и болваны формы, о которые ударяется при заливке струя расплава. Пришпиливают также большие горизонтальные поверхности при толщине тела отливки свыше 30 мм и те места формы, где возможны размывы поверхностей расплавом, образование пригара и ужимин. В местах возможного скопления газов (бобышки, ребра и т.п.), а также в местах установки знаковых частей стержня в форму душником выполняют сквозные каналы изнутри через полость формы.

После исправления повреждений и пришпиливания поверхность формы, изготовленной «по-сырому», припыливают порошкообразным графитом, молотым углем, маршалитом, тальком. Иногда поверхность сырой формы окрашивают с помощью пульверизатора жидкой упрочняющей краской на основе патоки или сульфитно-дрожжевой бражки. При формовке «по-сухому» поверхность формы не пришпиливают, а окрашивают противопопригарными красками, после чего подвергают общей или поверхностной сушке.

Для предотвращения ухода расплава из формы при заливке на плоскости разъема формы наносят риски (вокруг отпечатка модели на расстоянии 50...70 мм от него). При заливке металла в сухие или крупные сырые формы на плоскость разъема формы укладывают специальные шнуры, изготавливаемые из асбеста, древесной либо торфяной крошки.

После отделки в нижнюю полуформу устанавливают стержень 14 (рис. 1.6, *е*) и с помощью штырей 12 укладывают верхнюю полуформу 7 на нижнюю 4, а их скрепление осуществляют с помощью скоб, струбцин либо путем установки на верхнюю поверхность формы заранее рассчитанного груза.

Многие отливки, например цилиндры, гильзы, втулки, барабаны, прокатные валки и т.п., необходимо заливать в вертикальном положении. Это требование связано с тем, что вертикальная заливка позволяет получать равномерную структуру металла и качественные поверхности отливок. Кроме того, при таком положении удобнее осуществлять питание отливок расплавом через верхнюю прибыль. Однако изготовление форм в вертикальном положении иногда технически весьма затруднительно, так как необходимы высокие или сборные опоки, зачастую с несколькими разъемами. В таких случаях формовку производят в двух

опоках по разъемным моделям, а после сборки форму устанавливают в вертикальное положение для заливки.

Формовка в двух опоках по неразъемной модели (рис. 1.7) осуществляется в той же последовательности, что и формовка по разъемной модели (см. рис. 1.6). Сначала формируют нижнюю полуформу, в которой располагается неразъемная модель отливки и модель питателя литниковой системы (рис. 1.7, а). Затем полуформу с плитой переворачивают на 180° , снимают плиту, устанавливают верхнюю опоку и модели шлакоуловителя и стояка (рис. 1.7, б), засыпают формовочную смесь и уплотняют ее. После этого поднимают верхнюю полуформу, переворачивают ее на 180° и извлекают из формы все модели. Ремонтируют и отделяют поврежденные поверхности и осуществляют сборку формы (рис. 1.7, в).

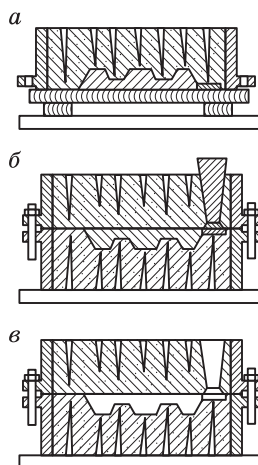


Рис. 1.7. Формовка в двух опоках по неразъемной модели

Формовка по модели с отъемными частями (рис. 1.8) применяется для получения несложных отливок, когда вместо дополнительного разреза на модели делают отъемные части, которые крепятся к моделям либо шпильками, либо соединением типа «ласточкин хвост». Последовательность выполнения операций формовки в этом случае традиционна для формовки в двух опоках. Особенность состоит в том, что при изготовлении нижней полуформы сначала заполняют опоку смесью до выступающих (отъемных) частей, а затем плотно обминают смесь вокруг них и осторожно извлекают шпильки, крепящие отъемные части к модели. Изготовление верхней полуформы и все последующие операции выполняют так же, как при формовке в двух опоках. При извлечении модели отъемные части остаются в форме, из которой их вынимают отдельно. При формовке по модели с отъемными частями очень важно, чтобы после удаления шпилек отъемная часть не сдвинулась с места. Более надежно отъемные части закрепляются соединениями типа «ласточкин хвост». В этом случае при извлечении модели из формы отъемные части скользят в пазах движущейся вверх модели и остаются в форме.

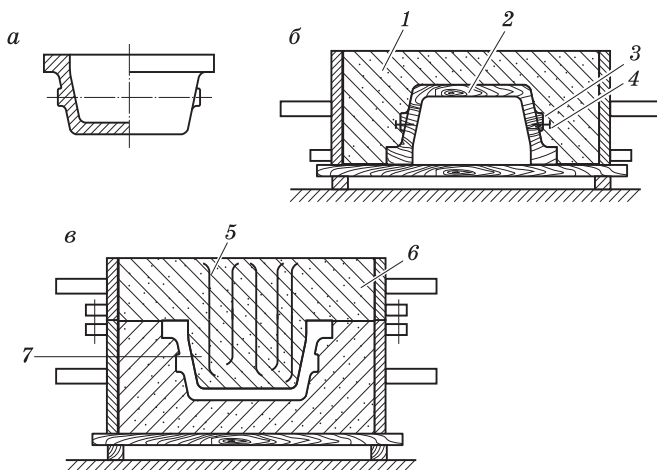


Рис. 1.8. Формовка по модели с отъемными частями:
 а — деталь; б — формовка нижней опоки; в — собранная форма; 1 — нижняя полуформа; 2 — модель; 3 — отъемная часть; 4 — шпилька; 5 — крючки; 6 — верхняя полуформа; 7 — песчаный болван

Только после извлечения из формы модели отдельно осуществляется удаление из нее отъемных частей путем перемещения их вначале в полость формы, а затем из нее.

Такие способы формовки, как формовка с подрезкой, с «фальшивой» опокой и фасонной модельной плитой, целесообразно применять в тех случаях, когда нужно изготовить отливку по неразъемной модели или непосредственно по образцу детали сложной конфигурации, которые не имеют горизонтальной плоскости, необходимой для их укладки на модельную плиту.

Формовку с подрезкой (рис. 1.9) применяют в единичном производстве, когда требуется изготовить несколько отливок. При изготовлении нижней полуформы смесь попадает в пространство между моделью и щитком, поэтому после поворота опоки на 180° невозможно извлечь модель из формы без разрушения смеси. Для того чтобы вынуть модель, формовочную смесь, препятствующую этому, срезают гладилкой или ланцетом, т.е. делают подрезку. Образовавшуюся новую поверхность тщательно заглаживают гладилкой, и разъем формы становится фасонным. Поверхность разъема нижней полуформы посыпают разделительным песком, а при глубокой подрезке застилают бумагой. Затем

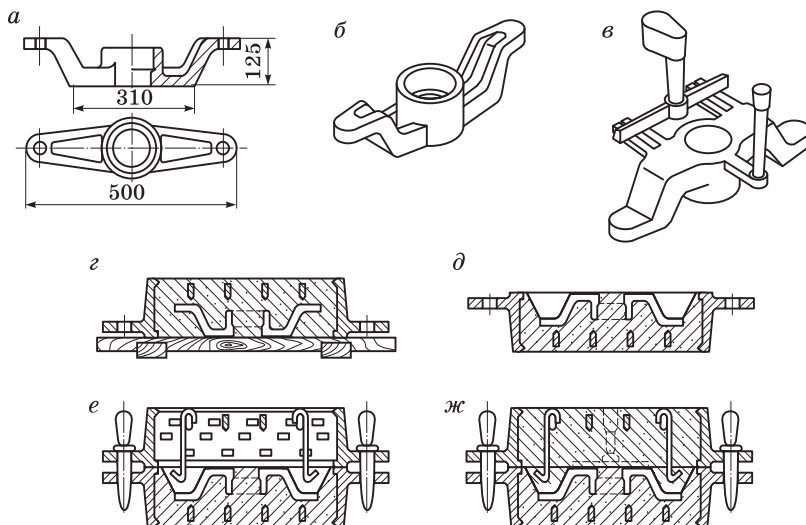


Рис. 1.9. Формовка с подрезкой:

а — деталь; б — модель; в — отливка с литниковой системой; г — нижняя полуформа; д — нижняя полуформа с подрезкой смеси; е — верхняя полуформа; ж — собранная форма

устанавливают верхнюю опоку, вставляют в нее модели необходимых элементов литниковой системы, заполняют смесь и уплотняют обычным способом. В результате осуществления подрезки в нижней полуформе в соответствующих местах верхней полуформы образуются песчаные болваны, которые укрепляются крючками. После уплотнения верхней опоки производят извлечение моделей, ремонт, отделку и сборку полуформ.

Как видно из простого перечисления операций, формовка с подрезкой является трудоемким способом формообразования, поэтому в случае потребности в большом количестве отливок целесообразно производить формовку с использованием «фальшивой» опоки (рис. 1.10), которая является своеобразной фигурной модельной плитой, позволяющей не осуществлять подрезку на каждой изготавливаемой форме. «Фальшивая» опока 1 может быть изготовлена из обычной формовочной смеси, жидкостеклянной или песчано-смоляной смеси. Для этого уплотняют смесь, а затем на плоскости разъема осуществляют осаживание (утапливание) модели до уровня, необходимого для формовки без подрезки.

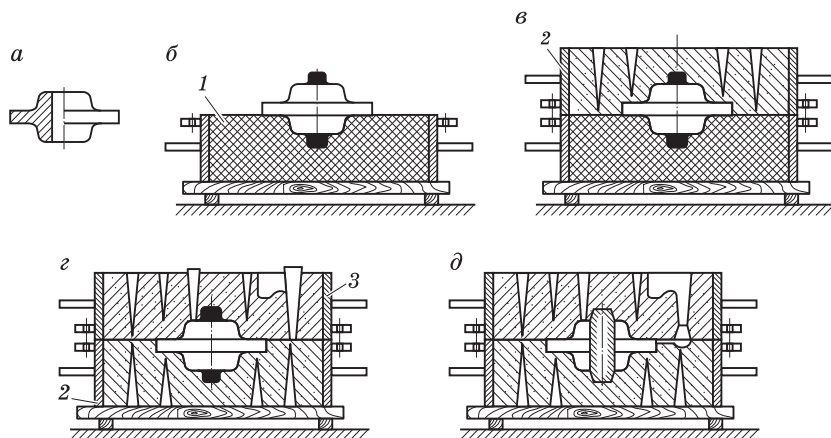


Рис. 1.10. Формовка с «фальшивой» опокой:

a — деталь; *б* — модель; *в* — нижняя полуформа; *г* — верхняя полуформа; *д* — собранная форма

После отверждения ХТС образуется «фальшивая» опока 1, плоскость разреза которой посыпают сухим разделительным песком. Дальнейшая формовка практически не отличается от формовки в двух опоках, только «фальшивая» опока выполняет роль подмодельной плиты, на которую устанавливают модель и нижнюю опоку 2. Заполнив и уплотнив смесь в нижней опоке, ее поворачивают на 180° вместе с моделью, устанавливают на нее верхнюю опоку 3 и осуществляют формовку верхней полуформы, а «фальшивую» опоку используют для изготовления следующих нижних полуформ.

В том случае, когда требуется серийное изготовление отливок, имеющих сложную криволинейную поверхность, целесообразно вместо подрезки или применения «фальшивых» опок использовать *фасонную модельную плиту* (рис. 1.11), которая обеспечивает свободное извлечение модели из формы. Такие плиты изготавливают, как правило, из дерева и иногда армируют металлическими планками. Процесс формовки с использованием фасонной модельной плиты практически аналогичен процессу формовки с «фальшивой» опокой.

Формовка с перекидным болваном (рис. 1.12, *a*) осуществляется при единичном производстве мелких отливок типа канатных блоков, катков с двумя ребрами и т.п., имеющих поднутрения

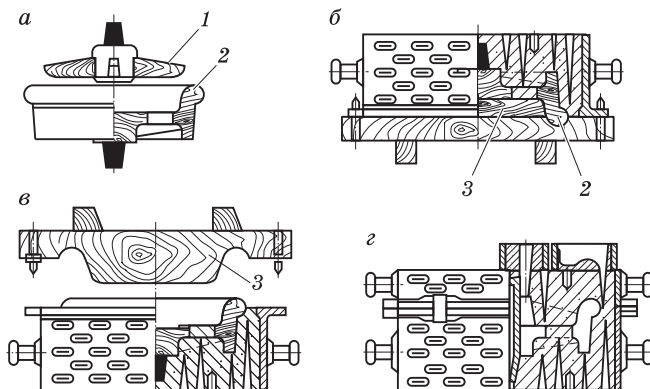


Рис. 1.11. Формовка с фасонной модельной плитой:

а — модель; *б* — изготовление нижней полуформы; *в* — съем плиты и подготовка к формовке верхней опоки; *г* — собранная форма; *1* — модель верха; *2* — модель низа; *3* — фасонная модельная плита

или полости, выполняемые песчаным болваном вместо стержня. В этом случае процесс формовки, в отличие от традиционной формовки по разъемной модели, начинают с верхней полуформы (рис. 1.12, *б*), для чего на модельную плиту 3 устанавливают верхнюю половину модели 2, модель стояка 1 и верхнюю опоку, которую заполняют формовочной смесью и уплотняют ее. После этого модель стояка удаляют, а полученную полуформу переворачивают на 180° (рис. 1.12, *в*).

Для обеспечения возможности извлечения из полуформы верхней половины модели 2 по окружности, ограниченной точками 4, 9, выполняют подрезку. Углубление в верхней полуформе 6, образовавшееся при подрезке, отделяют гладилкой и посыпают разделительным песком. Устанавливают нижнюю половину модели 7 и набивают формовочной смесью пространство желоба. Полученное таким образом кольцо из формовочной смеси называют перекидным болваном 5, поверхность 8 которого приглаживают гладилкой и посыпают разделительным песком. Затем устанавливают нижнюю опоку 10 (рис. 1.12, *г*) и уплотняют в ней смесь. Снимают нижнюю полуформу, извлекают из нее модель 7 и снова ставят нижнюю полуформу на верхнюю 11. Всю форму переворачивают на 180°, после чего снимают верхнюю полуформу, извлекают из нее модель, продувают обе полуформы воздухом,

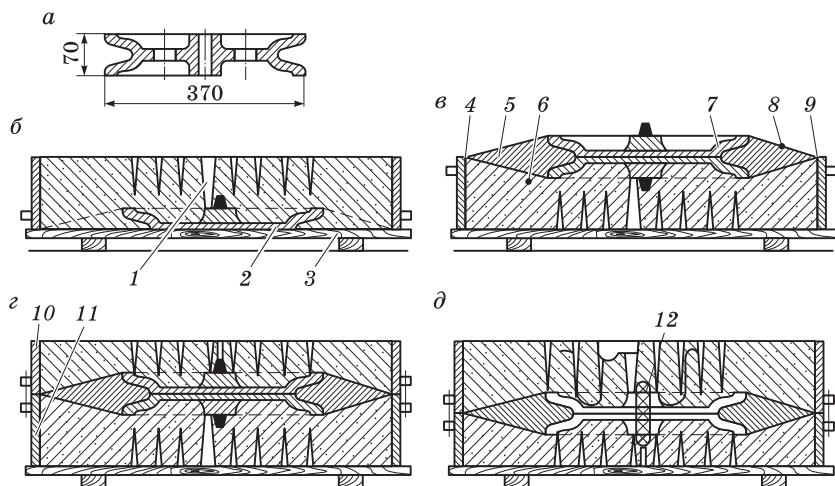


Рис. 1.12. Формовка с перекидным болваном

устанавливают стержень 12 и собирают форму для заливки расплавом (рис. 1.12, д). Таким образом, использование перекидного болвана позволяет устранить необходимость в стержне для оформления желоба отливки канатного блока (рис. 1.12, а).

Формовка в нескольких опоках применяется в тех случаях, когда необходимо изготовить высокую отливку, но по размерам не входящую в две опоки, а также если для сложных частей модели необходимы две и более плоскости разъема. На рис. 1.13 в качестве примера представлена последовательность операций формовки катка с двумя ребрами (рис. 1.13, а) в трех опоках по разъемной модели. Процесс начинают с формовки средней опоки (рис. 1.13, б). После уплотнения смеси в средней опоке 1 ее плоскость разъема заглаживают гладилкой, присыпают разделительным песком, а затем устанавливают нижнюю опоку 2 (рис. 1.13, в), в которой таким же образом уплотняют формовочную смесь. Обе опоки переворачивают на 180° (рис. 1.13, г) и, установив модели стояка 4, выпора 3 и верхнего стержневого знака, уплотняют смесь в верхней опоке 5. После этого вырезают литниковую чашу, извлекают модели стояка и выпора. Перевернув верхнюю опоку, извлекают из нее верхнюю часть модели, а сняв среднюю опоку, — нижнюю часть. Затем форму отделяют и собирают под заливку (рис. 1.13, д).

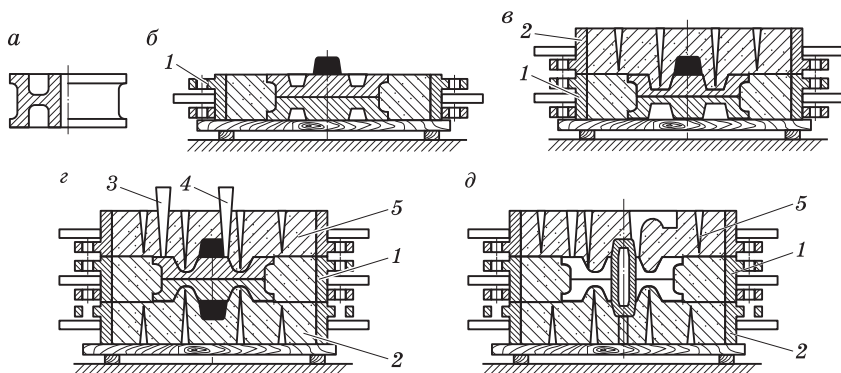


Рис. 1.13. Формовка в трех опоках

Стопочная формовка бывает двух типов — этажная и ступенчатая. Этажная формовка (рис. 1.14, а) применяется для изготовления небольших по размерам отливок, например поршневых колец, некоторых деталей санитарно-технической арматуры и др. Стопка форм имеет центральный стояк, через который производят заливку всей стопки форм. Применение стопочной установки форм под заливку не только обеспечивает повышение съема отливок с единицы формовочной площади в 1,6–1,7 раза, но и повышает производительность труда заливщика. Серьезный недостаток такого способа — повышенное давление расплава, оказываемое на нижние формы, в результате чего получаемые в них отливки имеют существенные искажения размеров.

Указанного недостатка лишен способ литья в ступенчатые формы (рис. 1.14, б), когда первую (нижнюю) форму устанавливают на плацу цеха, а каждую последующую сдвигают относительно нижележащей на расстояние, которое обеспечивает свободную и безопасную заливку форм.

Формовка по газифицируемым моделям применяется при изготовлении в основном крупных отливок при их индивидуальном и мелкосерийном производстве. Особенность способа заключается в том, что заформованная модель перед заливкой не извлекается из формы, а во время заливки происходит деструкция и газификация модели под действием теплоты расплава. В результате этого литейная полость освобождается и заполняется расплавом (рис. 1.15, в). Газифицируемая модель (рис. 1.15, б),

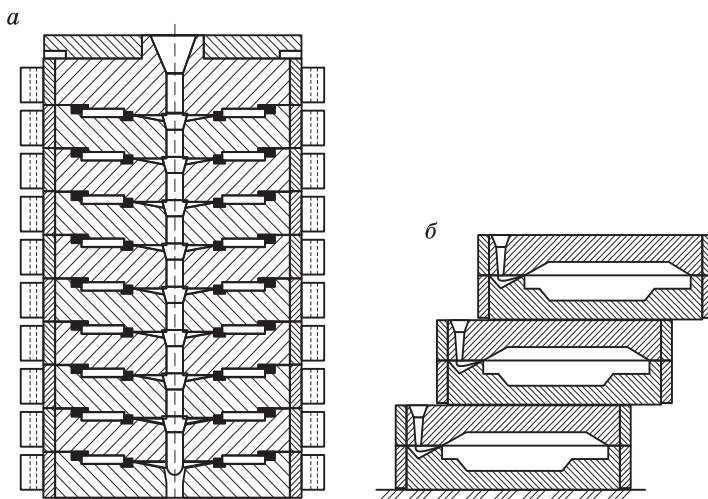


Рис. 1.14. Стопочная формовка

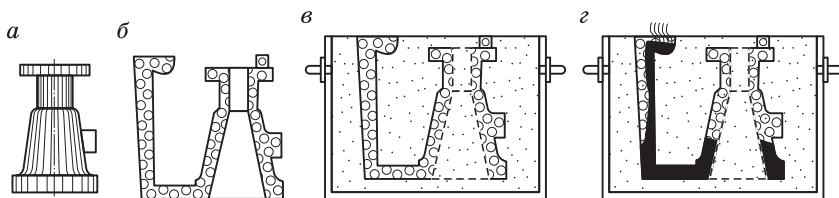


Рис. 1.15. Схема технологического процесса получения отливки в форме с газифицируемой моделью

изготавливаемая из пенополистирола, имеет конфигурацию и размеры, в точности повторяющие конфигурацию и размеры отливки (рис. 1.15, а), но отличается от нее на величину усадки металла, а также наличием литниковой системы. Использование газифицируемых моделей позволяет избавиться от стержней, а отсутствие на модели формовочных уклонов, отъемных частей, плоскости разъема дает возможность получать отливки, отличающиеся повышенной геометрической точностью. Устранение пригара на поверхности отливки достигается нанесением на пенополистироловую модель самовысыхающего противопопригарного покрытия. Подготовленную таким образом модель вместе с литниковой системой устанавливают в опоку или специальную ем-

кость, которую заполняют смесью — песчано-глинистой, жидкой самотвердеющей (ЖСС) или холоднотвердеющей (ХТС) — и осуществляют процесс формовки (рис. 1.15, в). При этом в форме не делают открытых прибылей или выпоров, чтобы устранить выделение в атмосферу цеха газов и сажи от разложения газифицируемой модели. Для достижения хороших экологических условий труда участок производства отливок по газифицируемым моделям должен иметь хорошую приточно-вытяжную вентиляцию.

1.3. Почвенная формовка

Процесс изготовления литейных форм в песчаном полу формовочного отделения называют *почвенной формовкой*. Применяют ее обычно в единичном или мелкосерийном производстве преимущественно при изготовлении крупных отливок.

Различают следующие разновидности почвенной формовки: по мягкой постели в открытую; по мягкой постели под опокой; по твердой постели под опокой; специальные виды формовки — по шаблону (вращающемуся, протяжному), по скелетным моделям, в кессоне.

Прежде чем приступить к формовке в почве, необходимо подготовить ровное горизонтальное основание с хорошей газопроницаемостью. Такое основание называется *постелью*, которую в зависимости от характера работы подразделяют на *мягкую* и *твердую*. Для получения отливок, имеющих плоскую поверхность, которая не подвергается механической обработке (плиты, колосники, каркасы для стержней и т.д.), применяют открытую почвенную формовку по мягкой постели, не перекрывая при этом верхнюю плоскость. Для получения более сложных и крупных отливок (корпуса, шаботы молотов, некоторые станины и т.п.) используют формовку в почве по твердой постели с перекрытием верхней плоскости опокой.

Формовка по мягкой постели (рис. 1.16) начинается с того, что в плацу 3 литейного цеха выкапывают яму, размеры которой на 200...300 мм больше размеров отливки как по глубине, так и с боков (рис. 1.16, а). Яму наполняют ровным слоем наполнительной смеси 4 до верхней кромки. На два массивных метал-

лических бруса 5 (можно применять двутавры), выверенных ватерпасом по длине и относительно друг друга, устанавливают деревянные подкладки 1 толщиной 20...25 мм, в пространство между которыми насеивают слой облицовочной смеси 6. Излишек смеси сгребают линейкой 2 и после снятия подкладок 1 уплотняют облицовочную смесь вровень с плоскостью I—I (рис. 1.16, б). Затем модель 7 осторожно осаживают в облицовочную смесь, легко ударяя молотком 9 по брусу 8, горизонтальное положение модели проверяют с помощью ватерпаса 10 (рис. 1.16, в). После этого трамбовкой уплотняют смесь вокруг модели, удаляя излишки формовочной смеси и выполняя газоотводящие вентиляционные каналы с помощью иглы 11. Затем из формы извлекают модель 7 и прорезают литниковую чашу 12 и основной канал 13 (рис. 1.16, г).

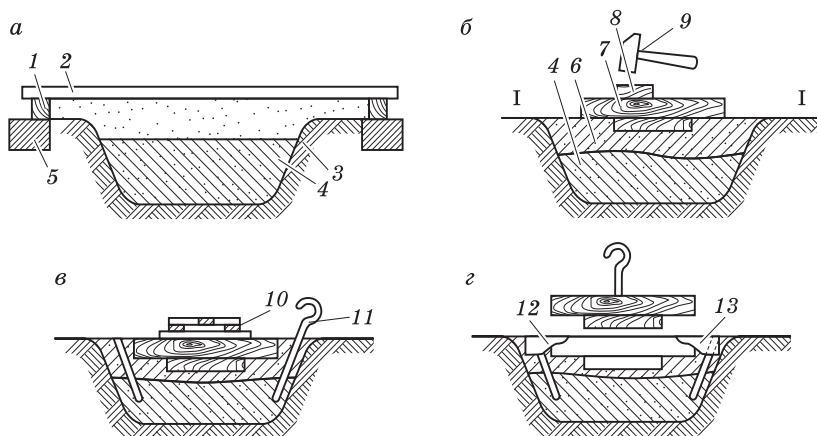


Рис. 1.16. Формовка по мягкой плоскости

Так как мягкая постель не уплотняется трамбовками, в ней можно отливать только небольшие детали, не создающие высоких давлений расплава в полости формы. Масса металла большой отливки может продавить слабый слой формовочной смеси мягкой постели, в результате чего образуются значительные искажения размеров отливки.

Формовка по твердой постели (рис. 1.17) применяется для получения крупных отливок. Она также начинается с того, что

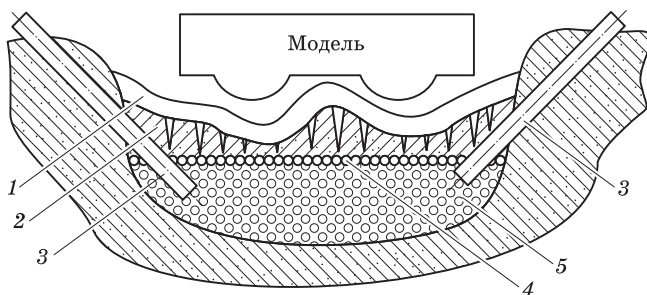


Рис. 1.17. Подготовка твердой постели

в плацу литейного цеха выкапывают яму, длина и ширина которой больше модели на 200...300 мм, а глубина — на 300...400 мм. Дно ямы уплотняют и засыпают слоем кускового кокса 5 толщиной 100...150 мм, который обеспечивает отвод газов из полости литейной формы. С этой же целью можно использовать кусковой шлак, кирпичный бой, коксовую гарь с размерами кусков 30...100 мм. Слой кокса уплотняют и сверху закрывают сеткой 4, препятствующей засорению его при формовке. Из слоя кокса на поверхность выводят трубы 3 диаметром 50...75 мм и закрывают паклей (после заливки паклю из труб извлекают и поджигают отходящие газы). Затем слоями толщиной до 100 мм в несколько приемов заполняют яму наполнительной смесью 2 до тех пор, пока до верхнего края не останется расстояние, большее высоты модели на 80...100 мм. При этом каждый слой наполнительной смеси утрамбовывают и выполняют в нем вентиляционные отверстия, доходящие до коксового слоя. После уплотнения и выравнивания последнего слоя на его поверхность насеивают слой облицовочной смеси 1 толщиной 15...20 мм. В подготовленную таким образом твердую постель осаживают модель. Если нижняя часть модели имеет сложные очертания, то поверхности постели придают форму модели подбивкой под нее смеси или прокапывают предварительно углубления, соответствующие очертаниям модели.

Таким образом, твердая постель отличается от мягкой тем, что при ее изготовлении для увеличения газопроницаемости формы применяют коксовый слой и делают наколы вентиляционных каналов, а для увеличения прочности слои смеси уплотняют.

Для снижения трудоемкости и уменьшения времени на изготовление твердой постели можно вместо кускового кокса укладывать на дно ямы чугунную пустотелую плиту 5 с отверстиями для удаления газов (рис. 1.18). В специальные отверстия по контуру плиты вставляют трубы 1, служащие для вывода газов из полости литейной формы в период ее заливки расплавом. Сам процесс изготовления твердой постели аналогичен вышеописанному.

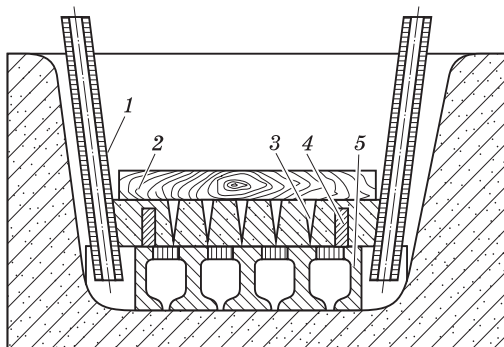


Рис. 1.18. Подготовка твердой постели на чугунной плите:
1 — труба для вывода газов; 2 — линейка для выравнивания постели; 3 — вентиляционные каналы; 4 — подкладка, ограничивающая толщину постели; 5 — плита

Процесс формовки заключается в том, что после подготовки твердой постели 1 (рис. 1.19) нижнюю часть модели 5 осаживают и выверяют по уровню или ватерпасу. Смесь вокруг модели уплотняют, а плоскость разъема выравнивают и посыпают слоем разделительного песка. Затем на поверхность разъема устанавливают верхнюю опоку 2, верхнюю часть модели 5, модели стояка 7 и выпора 4. Для фиксации опоки 2 при формовке и сборке возле двух ее противоположных углов забивают по два колышка 8. При формовке опок больших размеров колышки забивают у всех четырех углов. Модель в опоке обкладывают облицовочной смесью, засыпают наполнительную смесь и утрамбовывают в несколько приемов. Удалив с верхней опоки излишки смеси, выполняют вентиляционные наколы. Затем удаляют модели стояка и выпора, после чего осуществляют кантовку верхней опоки.

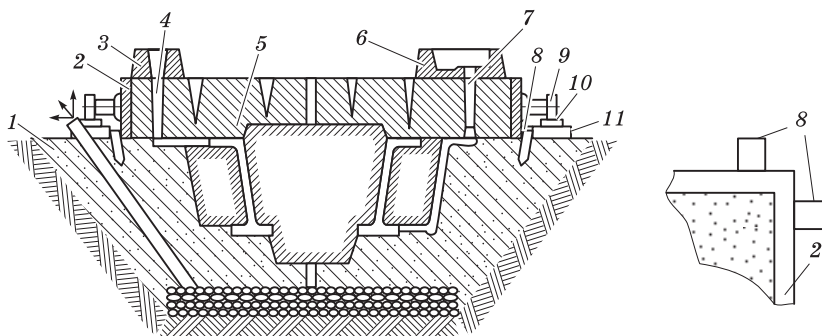


Рис. 1.19. Закрытая формовка в почве по твердой постели

Из верхней полуформы и нижней, расположенной в почве, извлекают модели, исправляют повреждения, отделяют форму. Если необходимо, форму сушат, наносят противопопригарное покрытие и устанавливают в нижнюю полуформу стержни. Затем осуществляют сборку формы, устанавливая верхнюю полуформу между колышками 8, поворачивая ее всегда по направлению движения часовой стрелки. Сборку формы завершают установкой литниковой чаши 6 и воронки выпора 3. Перед заливкой на форму накладывают груз. Чтобы не повредить при этом нижнюю полуформу, перед установкой груза под цапфы 9 верхней опоки подкладывают доски 11 и затем между доской и цапфой забивают клинья 10.

Формовка по вращающимся шаблонам применяется в единичном и мелкосерийном производстве средних и крупных отливок, имеющих форму тела вращения (втулки, цилиндры, трубы, маховики и т.д.). Этот способ эффективен в тех случаях, когда изготовление

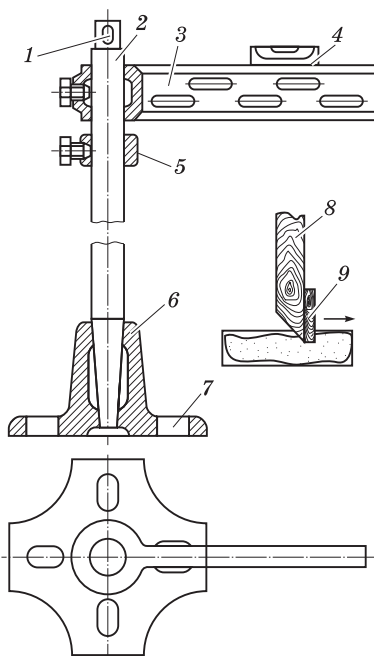


Рис. 1.20. Приспособления для формовки по вращающемуся шаблону

модели неэкономично, а также при малой ее стойкости. Наиболее распространен способ формовки по шаблону с вертикальной осью вращения. Для его осуществления необходимо применять специальное приспособление (рис. 1.20), состоящее из чугунной крестовины 6 с крепежными отверстиями 7, являющейся опорой всего устройства. Гнездо крестовины, имеющее коническую форму, служит для установки шпинделя 2, на который надевают поворотный рукав 3 и стопорное кольцо 5. Для крепления шаблона 8, окантованного металлической планкой 9, в рукаве 3 выполняют горизонтальные прорези. Для подъема шпинделя краном служит отверстие 1, а уровень 4 необходим для установки шпинделя в строго вертикальное положение.

Чтобы получить форму с помощью вращающегося шаблона, формовку необходимо осуществлять по твердой постели. Перед началом формовки устанавливают и закрепляют на дне постели крестовину-подпятник 2 (рис. 1.21), в которую вставляют по уровню шпиндель 1, после чего подготавливают твердую постель. Отливка представляет собой кольцо, поэтому слой кокса 3 выкладывают по форме отливки. После уплотнения смеси и создания твердой постели формируют полость шаблоном Ш-1 (рис. 1.21, а). При этом часть А шаблона создает поверхность полости формы, а части В — поверхность разъема. Перед формовкой опоки верха шпиндель 1 вынимают из подпятника 2 и закрывают образовавшееся отверстие пробкой 4. Углубление формы обкладывают бумагой или наносят разделительное покрытие и заформовывают опоку верха (рис. 1.21, б). Крючки 5 придают болвану дополнительную жесткость и прочность, предотвращающую его от разрушения в период кантовки опоки. Заформованную таким образом верхнюю опоку поднимают вверх, ремонтируют (если это требуется) и извлекают из нее модели элементов литниковой системы. Параллельно с этим из отверстия извлекают пробку и устанавливают в подпятник шпиндель 1 с шаблоном Ш-2 (рис. 1.21, в). С его помощью выполняют вырезание полости формы на толщину стенки отливки б. После завершения этой операции из подпятника извлекают шпиндель с шаблоном Ш-2. Отверстие опять закрывают пробкой (рис. 1.21, г), по заранее использованным центрирующим деревянным колышкам устанавливают верхнюю опоку на твердую постель и после нагружения заливают расплавом.

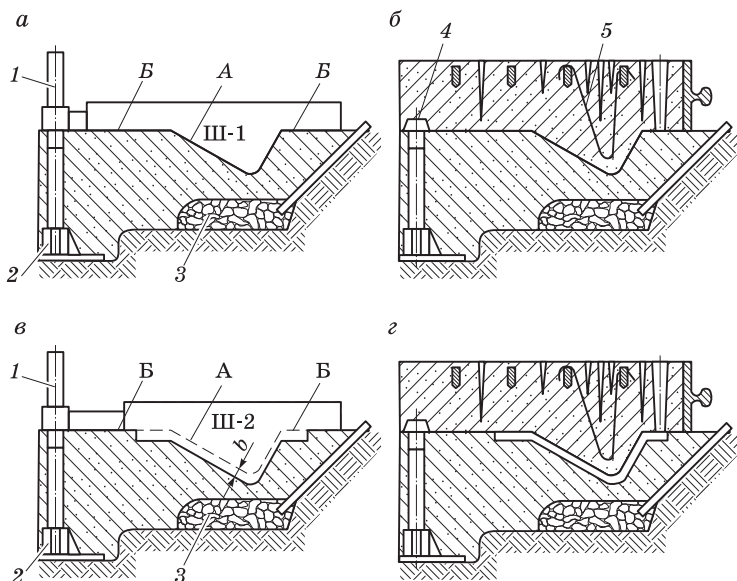


Рис. 1.21. Формовка вращающимися шаблонами:

а — формовка шаблоном Ш-1; *б* — формовка верхней опоки; *в* — формовка шаблоном Ш-2; *г* — формовка в сборе; 1 — шпindelь; 2 — крестовина-подпятник; 3 — слой кокса; 4 — пробка; 5 — крючок; А, Б — части шаблона Ш-1 соответственно для поверхности полости формы и поверхности разъема; б — толщина стенки отливки

Формовка по протяжным шаблонам применяется в единичном и мелкосерийном производстве отливок, очертания которых получают протягиванием шаблона по направляющей (трубы, патрубки и т.д.). Протяжной шаблон — это скребок, который протягивается вдоль направляющих реек. Пользуясь им, можно изготовить без модели не только форму, но и стержень.

Полость литейной формы для получения отливки колена трубы (рис. 1.22) выполняют шаблонами 4 и 9, половинами моделей фланцев 3 и рамкой 5, а для изготовления стержня используют шаблоны 1 и 8 и рамку 5 с отъемными планками 2, толщина которых равна толщине детали. Сначала шаблоном 1 и рамкой 5 с отъемными планками 2 выполняют в твердой постели половину контура внутренней поверхности трубы, т.е. образуют поверхность половины песчаного стержневого ящика. Ее посыпают разделительным составом и, вставив для прочности литой

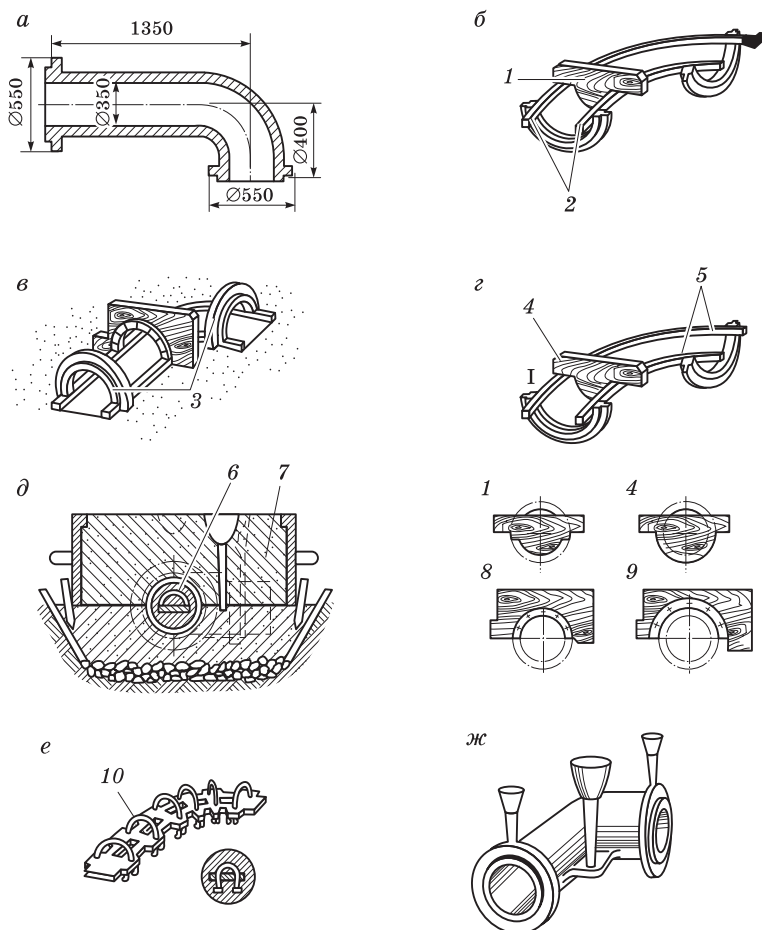


Рис. 1.22. Изготовление формы по протяжным шаблонам:

а — чертёж отливки; *б* — расположение шаблона при изготовлении полости под стержень; *в* — расположение шаблона при изготовлении верхней части формы; *г* — расположение шаблона для изготовления нижней части формы; *д* — собранная форма; *е* — каркас стержня; *ж* — отливка с литниками

чугунный каркас 10, формируют стержневой смесью. Так получают нижнюю половину стержня. После удаления рамки на изготовленную половину стержня насыпают смесь, уплотняют и, пользуясь шаблоном 9, превращают ее в модель наружной поверхности верхней полуформы 7. Для этого модель посыпают разделитель-

ным песком или прокладывают бумагой, размещают на своих местах две половинки моделей фланцев 3, устанавливают верхнюю опоку, модели элементов литниковой системы, выпора и уплотняют смесь в верхней полуформе 7. Затем снимают ее, извлекают модели элементов литниковой системы и выпора. С песчаной модели снимают бумагу, устанавливают рамку 5 и шаблоном 8 формуют верхнюю половину стержня, удаляя смесь с модели, по которой была отформована верхняя полуформа. Изготовленный таким образом стержень 6 извлекают из нижней полуформы, отделяют, красят и сушат. В песчаном стержневом ящике устанавливают половины моделей фланцев, рамку 5 и шаблоном 4 выполняют контур нижней полуформы. После этого, сняв рамку и удалив модели фланцев, отделяют полуформу, укладывают стержень, по штырям устанавливают верхнюю опоку, нагружают ее и осуществляют заливку расплавом.

Формовка по скелетным моделям (рис. 1.23) представляет собой комбинацию формовки в почве по моделям и протяжным шаблонам и используется в единичном производстве крупных отливок, например спиральных кожухов, водяной турбины массой около 200 т. Скелетная модель (рис. 1.23, а) изготовлена из брусков, по толщине равных стенке отливки. С помощью такой модели изготавливают и форму, и стержень.

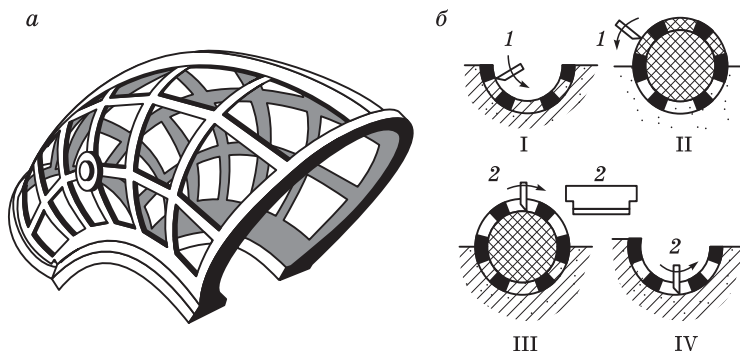


Рис. 1.23. Формовка по скелетной модели

Процесс формовки осуществляют в подготовленной твердой постели, в облицовочную смесь которой заформовывают половинку скелетной модели (рис. 1.23, б). Скребок 1 из внутренней

ней поверхности удаляют и заглаживают смесь, образуя тем самым половину своеобразного стержневого ящика (положение I). Эту поверхность обкладывают тонкой бумагой. Затем устанавливают верхнюю половину скелетной модели и все внутреннее пространство заполняют стержневой смесью, предварительно уложив каркас. Через отверстия в верхней полумодели осуществляют послойное уплотнение, после чего скребком снимают и заглаживают верхнюю поверхность (положение II), формируя тем самым модель для получения верхней полуформы, которую обкладывают тонкой бумагой, накрывают опокой и устанавливают модели литниковой системы (на рис. 1.23 не показано). После уплотнения смеси в верхней полуформе ее снимают и удаляют смесь между ребрами верхней половины модели (положение III). Затем ее снимают, извлекают стержень и отправляют его на отделку, покраску и сушку. Шаблон 2 удаляют смесь между ребрами нижней половины модели, извлекают ее и отделывают углубление, которое при заливке оформляет внешний контур части отливки, расположенной в нижней полуформе (положение IV). В отделанную нижнюю полуформу устанавливают стержень и накрывают ее верхней полуформой, нагружают форму и заливают ее расплавом.

Формовка в кессоне применяется в мелкосерийном производстве крупногабаритных отливок. На рис. 1.24 показана конструкция кессона и технология получения отливки станины продольно-строгального станка массой 6,25 т. Для изготовления кессона в плацу цеха подготавливают яму, выкладывают ее кирпичной кладкой 5, поверх которой устанавливаются чугунные плиты 3 (с отверстиями для отвода газов), ограничивающие объем уплотняемой смеси 4, а наружную поверхность покрывают гидроизоляцией, препятствующей попаданию почвенных вод в форму. В стенах кирпичной кладки сделаны каналы 8, идущие по всей длине кладки, и многочисленные мелкие каналы диаметром 6...7 мм. Каналы соединены с вентилятором, который обеспечивает принудительную циркуляцию в них воздуха в процессе заливки и охлаждения формы. Подобное принудительное охлаждение формы позволяет одновременно с сокращением цикла охлаждения отливок увеличивать скорость охлаждения отдельных их частей, что обеспечивает получение плотной структуры металла в ответственных узлах отливки, дает возможность предупредить

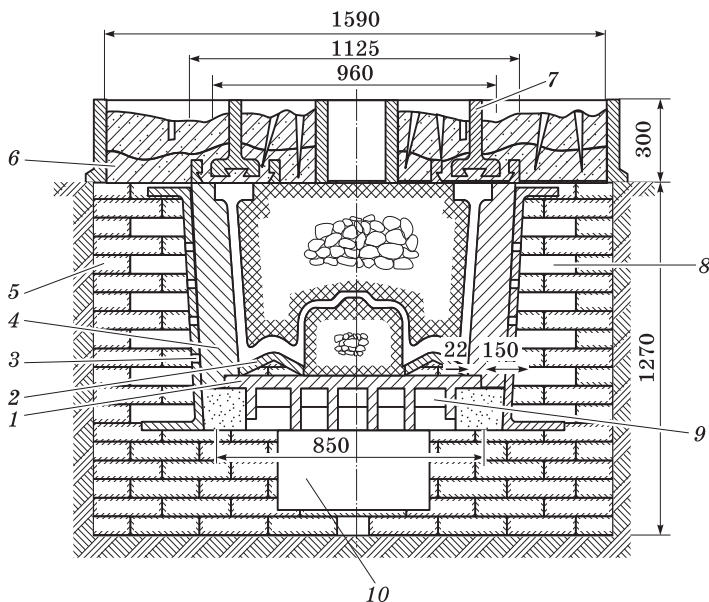


Рис. 1.24. Кессонная формовка

образование в них термических напряжений. При этом обеспечение заданного режима охлаждения различных частей отливки может достигаться автоматической системой регулирования.

В нижней части кессона выше кирпичной кладки изготавливается твердая постель с чугуновой пустотелой плитой 1, газоотводящие каналы 9 которые сообщаются с вентиляционной полостью 10.

Массивная подошва станины, расположенная в верхней части формы, охлаждается за счет специальных утолщений крестовин 7, расположенных на расстоянии 20...25 мм от подошвы.

Процесс формовки кессона заключается в установке на плиту 1 модели (зазор между стенками кессона и моделью — 100...150 мм), заполнении его смесью (преимущественно ЖСС), уплотнении, отверждении. После этого осуществляют формовку верхней опоки 6. Затем из кессона и верхней полуформы извлекают модели, на плиту 1 устанавливают холодильники 2, которые так же, как и стенки формы, окрашивают противопожарной краской и высушивают. После этого в кессон устанавливают стержни,

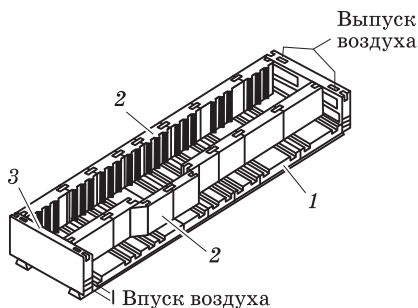


Рис. 1.25. Универсальный кессон

накрывают его верхней полуформой, осуществляют нагружение формы и заливку ее расплавом.

В последние годы находят широкое распространение универсальные сборные кессоны (рис. 1.25), которые представляют собой сборную металлическую конструкцию из нижних 1, боковых 2 и торцевых 3 плит. Набором определенного количества типовых блоков можно изменять длину кессона с кратностью 500 мм в зависимости от длины отливки. Перемещением боковых плит можно изменять ширину блока. Конструктивно элементы блока представляют собой полые плиты с коробчатым сечением. Изготовление форм в универсальных кессонах практически не отличается от формовки по обычной технологии.

Схемы организации участков ручной формовки

1.4.

формовки

Вне зависимости от габаритных размеров формуемых опок при организации участков ручной формовки необходимо предусмотреть наличие места для сменного запаса стержней; облицовочной и наполнительной смесей; хранения опок; формовки и сборки форм под заливку. При этом нужные для работы материалы, инструмент и приспособления должны быть размещены таким образом, чтобы рабочий не делал лишних движений.

Обычно при формовке мелких отливок в опоках размерами в свету до 500×400 мм и высотой до 120 мм применяют формовку на верстаках. При формовке средних отливок модельные плиты

укладывают на низкие прочные козлы, а при формовке крупногабаритных отливок — на выровненный и уплотненный плац. На участке изготовления мелких отливок все работы по установке формы, разъему полуформ и их сборке формовщик производит вручную. На участках средней и крупной формовки для установки моделей, опок, стержней, полуформ и грузов используют подъемные механизмы.

На участке изготовления мелких отливок (рис.1.26) формовочные верстаки 2 размерами $1,5 \times 1,0$ м располагают, как правило, вдоль стены цеха рядом с местом хранения опок 1. Ленточным транспортером или автотранспортом из смесеприготовительного отделения на участок подают облицовочную 3 и наполнительную 4 смеси, а из стержневого — стержни 6. Собранные формы складываются в стопки 5 на участке заливки, причем формы устанавливают от дальнего края плаца по направлению к верстаку правильными рядами, проход между которыми шириной до 800 мм позволял бы свободно осуществлять заливку форм.

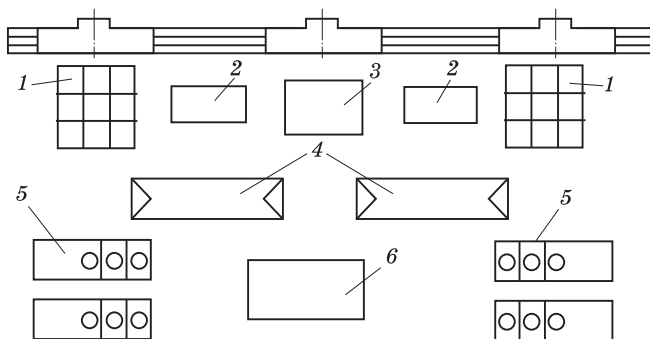


Рис. 1.26. Планировка участка формовки на верстаках

При формовке на плацу в небольших и средних парных опоках рабочие места также располагают рядами (рис. 1.27). Наполнительную смесь 7 перерабатывают после выбивки и располагают между двумя рабочими местами 6. С другой стороны рабочего места устанавливают пустые опоки 3 и емкости 4 с облицовочной смесью, которую привозят из смесеприготовительного отделения. Стержни хранятся на стеллаже 8. На участке 2 формы собираются и заливаются расплавом. В шкафу 1 хранятся рабочий

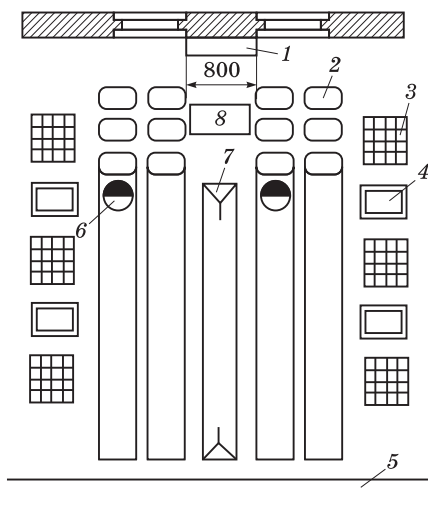


Рис. 1.27. Планировка участка опочной формовки

инструмент и приспособления. Для механизации операций транспортировки оснастки, формовочных смесей и отливок предусмотрен рельсовый путь 5.

Требования безопасности труда при ручной формовке

1.5.

При ручной формовке необходимо строго соблюдать основные требования безопасности.

1. Формовщик должен быть обучен работе с подъемными механизмами и иметь право на производство стропальных работ.

2. До начала работы необходимо осмотреть и подготовить рабочее место, проверить исправность пневматических шлангов, трамбовки, ручного инструмента, надежность насадки ручек. При подключении к воздухопроводу трамбовку необходимо ставить в рабочее положение.

3. Обязательна проверка наличия и исправности грузоподъемных средств и стропальных приспособлений, их соответствия массе перемещаемых грузов.

4. Во время работы нельзя использовать опоки с трещинами, погнутыми штырями и залитыми металлом цапфами.

5. Модели, опоки, плиты необходимо укладывать на ровное место в устойчивые штабеля высотой не более 1,5 м.

6. При перемещении опок нельзя держать руки вблизи цепей и под нижней плоскостью опок.

7. Чтобы не поранить руки металлическими частицами, попадающими в смесь, для снятия излишков смеси с опок необходимо использовать линейку или лопату.

8. При установке опок в стопки необходимо помещать между опоками специальные прокладки одинаковой высоты, не применяя для этой цели случайные материалы (доски, кирпичи и т.п.), а между рядами опок оставлять проходы шириной не менее 1 м.

9. После работы необходимо убрать опоки, модели, плиты в отведенные для этого места, сдать рабочее место в чистоте и порядке.

2

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИННОЙ ФОРМОВКИ

2.1. Основы теории уплотнения смесей

В настоящее время изготовление отливок в сырых песчано-глинистых формах — основной способ. В промышленно развитых странах 60...75% всех отливок производится именно этим способом, особенно в таких отраслях промышленности, как автомобилестроение, тракторное и сельскохозяйственное машиностроение. Связано это с высокой экономичностью процесса и возможностью получения отливок высокого качества. Действительно, процесс восстановления оборотной смеси значительно менее энергоемок (по сравнению с известными способами регенерации формовочного песка), требует довольно простого оборудования, потери смеси минимальны.

Точность отливки, полученной в разовой форме, зависит от жесткости формы, т.е. способности ее сопротивляться доуплотнению при термомеханическом воздействии жидкого металла. Для сырых песчано-глинистых форм это свойство связано, как правило, со степенью уплотнения смеси, которая зависит от способа формообразования.

Прежде чем начать изучение современных машинных способов формообразования, необходимо рассмотреть основные положения реологии формовочной теории уплотнения единых формовочных смесей (ЕФС), которые получили свое развитие в работах проф. Г.М. Орлова, И.В. Матвеевко, О.А. Корнюшкина.

Согласно теории механики грунтов песок, составляющий основу формовочных смесей, является сыпучим телом, не имеющим сил сцепления между частицами, но обладающим силами внутреннего трения. Формовочная же смесь — сложное реологическое тело с переменными физико-механическими свойствами, управление состоянием которого должно исходить из представлений об упруговязкопластичной природе.

Анализ этапов формирования плотности сухого песка и смесей, совершенствование методов оценки структур по характеристикам «дальнего» и «ближнего» порядка и координационным числам позволили оценить закономерности укладки зерен песка и построить диаграмму структур песка и смесей в насыпном состоянии. На рис. 2.1 кривая 1 относится к сухим пескам, кривая 2 — к песчано-бентонитовой смеси (7% бентонита и 4% воды), кривая 3 — к песчано-глинистой смеси (ПГС) (12% каолиновой глины и 5% воды). Если пески в насыпном состоянии характеризуются координационным числом (Пк) 4,5...7,1, то смеси имеют координационное число, равное 0,8...2,2. Чем выше содержание глиняного связующего, тем при большей плотности достигается то же самое координационное число. При этом можно выделить три этапа уплотнения ПГС.

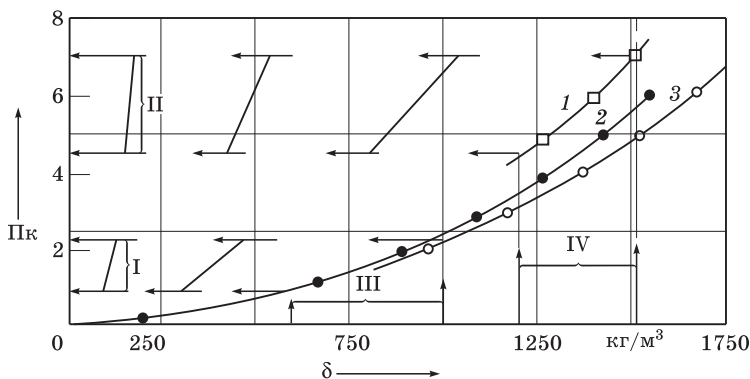


Рис. 2.1. Характеристика структуры сухих песков и смесей со связующим:

I — смеси; II — сухие пески в насыпном состоянии; III — насыпные плотности смесей; IV — насыпные плотности сухих песков

И н к у б а ц и о н н ы й э т а п, во время которого снимаются арочно-цепочечные структуры смесей, приобретающие предварительно уплотненное состояние. Смеси с разным количеством глиняного связующего, уплотняемые в различных условиях, имеют начальный общий участок кривых уплотнения в диапазоне давлений прессования от 0 до 0,02...0,03 МПа, когда достигается плотность смеси, равная примерно 1230 кг/м^3 , с координационным числом в структуре 3,7...4,4 и вероятностью плотной упа-

ковки 0,36...0,38. Для сухих песков такое координационное число и вероятность плотной упаковки являются минимально возможными. По сравнению с исходной структурой плотность на этом участке увеличивается на 200...600 кг/м³.

Основной этап, во время которого структура смеси переходит от предварительно уплотненного состояния в первично упорядоченное с наличием дальнего порядка. Происходит окончательное заполнение зернами пор, размер которых больше диаметра зерен, и вытеснение значительной части объема глиняного связующего из зон контактов зерен. При достижении плотности смеси 1350...1620 кг/м³ возникает структура с координационным числом 4,7...5,7 и вероятностью плотной упаковки 0,39...0,44.

Завершающий этап (наиболее длительный), во время которого упорядоченная структура перестраивается с увеличением плотности укладки при сохранении дальнего порядка. Происходит перегруппировка зерен песка в более компактные упаковки с ростом координационного числа от 5,7 до 7,0, что в пересчете на плотность смеси дает 1700...1800 кг/м³.

Известно, что в процессе уплотнения формовочной смеси в опоке при наличии модели практически каждый ее элементарный объем находится в условиях сложного напряженно-деформированного состояния. В связи с этим основной задачей теории уплотнения является построение математических моделей смесей и процессов уплотнения для описания напряженно-деформированного состояния в целях выбора рациональных схем и режимов уплотнения по критериям распределения плотности смеси в форме.

Для определения закономерностей процессов уплотнения форм необходимо использовать уравнения, связывающие плотность δ смеси в данном (обычно элементарном) объеме с главными сжимающими напряжениями σ , действующими в том же объеме. Для установления таких зависимостей с учетом того, что формовочная смесь по своему составу и свойствам близка к грунтам, Г.М. Орловым предложено пользоваться некоторыми основными закономерностями, характеризующими поведение грунтов под нагрузкой.

Если к образцу уплотненного материала приложена вертикальная сжимающая сила F (рис. 2.2), то в любом его горизонтальном сечении будут действовать нормальные напряжения σ_n . Пре-

дельные касательные напряжения σ_k , действующие в плоскости среза σ_n , а следовательно, равные прочности на срез, линейно зависят от σ_n и описываются известным законом Кулона:

$$\sigma_k = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + k, \quad (2.1)$$

где φ — угол внутреннего трения; k — удельная сила сцепления, отнесенная к единице площади.

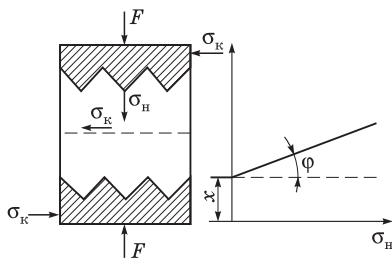


Рис. 2.2. Зависимость предельных касательных напряжений связносыпучего тела от нормальных напряжений

Тела, для которых справедливо уравнение (2.1), называются *связносыпучими*. К ним как раз относятся формовочные ПГС. В том случае, когда удельная сила сцепления $k = 0$, тело называют *идеально сыпучим*, а при $\varphi = 0$ — *идеально связным*.

В механике грунтов плосконапряженное состояние связносыпучего тела обычно рассматривается при изучении элементарного объема (рис. 2.3), на главных гранях которого действуют нормальные напряжения σ_1 и σ_2 ($\sigma_1 > \sigma_2$), а касательные напряжения $\sigma_k = 0$. Внутри объема выделим наклонную площадку mn , повернутую под углом φ к линии действия напряжения σ_1 . Для того чтобы произошел срез, необходимо, чтобы сдвигающие напряжения $\sigma_{ср}$, действующие на площадке, сравнялись по величине с допустимой прочностью смеси на срез $[\sigma_{ср}]$ на той же площадке. Уравнения главных напряжений будут иметь следующий вид:

$$\sigma_2 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) - 2k \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi/2); \quad (2.2)$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) + 2k \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2). \quad (2.3)$$

Если значения σ_1 и σ_2 близки друг к другу, то сначала элементарный объем не изменяет своей формы (происходит только

незначительное упругое сжатие объема). В тот момент, когда σ_1 достигает значения, определяемого из уравнения (2.3), в элементарном объеме возникает площадка сдвига, по которой одна часть объема может переместиться относительно другой. Это состояние называется *состоянием предельного равновесия* или *предельно напряженным состоянием*, а уравнение (2.2) — *уравнением предельного равновесия*.

При трехосном напряженном состоянии элементарного объема в момент установления в нем состояния предельного равновесия, препятствующего началу боковой деформации материала, уравнения предельного равновесия имеют следующий вид:

$$\sigma_3 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2 \theta - 2k \operatorname{tg} \theta; \quad \sigma_2 = \sigma_3 \quad \text{или} \quad \sigma_2 = \sigma_1, \quad (2.4)$$

где θ — угол отклонения поверхности сдвига от вектора главных больших напряжений.

Для образцов из ПГС одной плотности (уплотненных при одном давлении прессования) зависимость между напряжениями σ_1 и σ_2 , действующими в смеси в момент возникновения состояния предельного равновесия, имеет линейный характер:

$$\sigma_2 = b_1 \sigma_1 - c_1, \quad (2.5)$$

где b_1 , c_1 — эмпирические коэффициенты, которые в соответствии с уравнением (2.2) показывают, что $b_1 = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$; $c_1 = 2k \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi/2)$.

Установлено, что угловой коэффициент b_1 не зависит от плотности образца, т.е. угол внутреннего трения φ — величина постоянная для данной смеси.

При компрессионном трехосном сжатии смеси зависимость между главными напряжениями имеет следующий вид:

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2 \theta. \quad (2.6)$$

Анализ уравнений (2.5) и (2.6) показывает, что в процессе уплотнения при отсутствии возможности бокового расширения смесь все время находится в состоянии предельного равновесия.

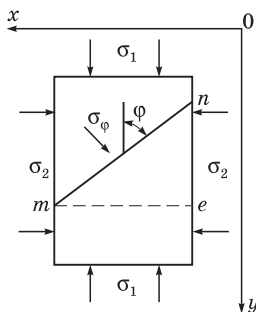


Рис. 2.3. Напряжения в элементарном объеме смеси

При боковом расширении образца (когда напряжения σ_2 не изменяются) одни слои смеси смещаются относительно других, что может происходить только в случае потери контакта между смежными зернами, а значит, при разрыве пленок связующего. По-видимому, удельная сила сцепления и характеризует прочность этих пленок. При уплотнении без бокового расширения (в этом случае напряжения σ_2 увеличиваются пропорционально напряжениям σ_1) происходит только сближение зерен, образуются новые контакты, но разрыва пленок не происходит, поэтому состояние предельного равновесия не зависит от удельной силы сцепления.

Рассматривая состояние предельного равновесия смеси при уплотнении, необходимо учитывать коэффициент бокового давления ξ , представляющий собой соотношение главных напряжений. Он определяется по формуле

$$\xi = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (2.7)$$

и является для данной смеси величиной постоянной.

В реальных условиях уплотнения в замкнутом объеме коэффициент бокового давления зависит от плотности смеси. В этом случае он может рассматриваться как основная технологическая характеристика, показывающая закономерности распределения энергии уплотнения.

Объективным критерием качества формы является ее плотность, зависящая от напряжений, под действием которых уплотнялся данный объем смеси, от времени действия этих напряжений, а также от состава смеси. При этом важна не только абсолютная плотность формы, но и способность ее доуплотняться в случае приложения повторной нагрузки. Действительно, чем больше будет доуплотняться форма при ее транспортировке, заливке, охлаждении и усадке металла, тем меньше геометрическая точность отливки, полученной в этой форме.

По Г.М. Орлову, степень недоуплотнения формы можно оценивать значением относительной плотности:

$$\delta_{\text{отн}} = \delta / \delta_{\text{max}},$$

где δ_{max} — максимальная плотность смеси данного состава.

При уплотнении смеси прессованием, т.е. при малой скорости деформирования, плотность смеси зависит от величины действующих сжимающих напряжений. Однако при уплотнении дина-

мическими методами (например, встряхиванием, пескодунным, импульсным и др.), когда сжимающие напряжения существенно возрастают, но действуют кратковременно, смесь уплотняется постепенно и ее плотность зависит не только от величины сжимающих напряжений, но и от времени их действия.

Свойства уплотняемой формовочной смеси достаточно хорошо описывает сложная реологическая модель (рис. 2.4), состоящая из упругого 1 и пластичного 2 элементов (соединенных между собой последовательно) и соединенного с ними параллельно вязкопластичного элемента 3.

Зависимость между значениями напряжений и пластической деформации в период уплотнения формовочной смеси описывается уравнением

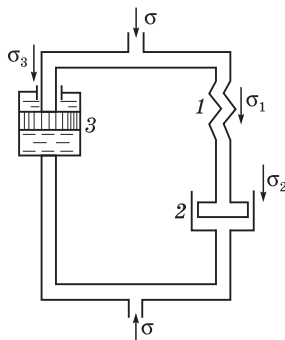


Рис. 2.4. Реологическая модель формовочной смеси как вязкоупруго-пластичного тела

$$d\sigma_2 = A_0 d\bar{\varepsilon}_2,$$

где A_0 — модуль, характеризующий сопротивление смеси сжатию; $\bar{\varepsilon}_2 = -\ln(1 - \varepsilon_2) = \ln(l/l_0)$ — натуральная пластическая деформация смеси при уплотнении; $\varepsilon_2 = \Delta l/l_0$ — относительная пластическая деформация; Δl — абсолютная пластическая деформация; l , l_0 — начальная и текущая длины образца.

Зависимости между напряжениями и соответствующими упругой и вязкой деформациями для остальных элементов реологической модели имеют вид:

$$\sigma_1 = E\bar{\varepsilon}_1; \quad \sigma_3 = \lambda \frac{d\bar{\varepsilon}_3}{d\tau},$$

где E — модуль упругости смеси; $\bar{\varepsilon}_1$, $\bar{\varepsilon}_3$ — относительные упругая и вязкая деформации соответственно; λ — коэффициент динамической вязкости; τ — время действия напряжений.

В соответствии с правилами реологии при данном соединении элементов справедливы следующие равенства:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2; \quad \sigma = \sigma_3 + \sigma_2; \quad \sigma_2 = \sigma_1,$$

где $\bar{\varepsilon}$ — общая (суммарная) относительная деформация; σ — общие (суммарные) напряжения.

В работах проф. Г.М. Орлова показано, что при расчетах, связанных с процессом уплотнения смеси, можно пренебречь упругой составляющей, т.е. принять, что $E = \infty$. Обусловлено это тем, что в реальных условиях уплотнения смеси значения ее плотности с учетом и без учета упругой деформации различаются всего на 0,11...0,12%. В связи с этим значения общей относительной деформации смеси и степени ее уплотнения можно рассчитать следующим образом:

$$\bar{\varepsilon} = \mu \ln \frac{\sigma - \lambda \frac{d\bar{\varepsilon}}{dt}}{\sigma_0};$$

$$\delta = \left(\frac{\sigma - \lambda \frac{d\bar{\varepsilon}}{dt}}{\sigma_0} \right)^\mu. \quad (2.8)$$

Решением дифференциального уравнения (2.8) является приведенное ниже уравнение, которое справедливо для малых значений длительности уплотнения (τ), т.е. при использовании импульсных или пескодувных способов уплотнения смесей (когда τ меньше сотых долей секунды):

$$\delta = \delta_0 \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^\mu \left[1 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} - 1 \right) \exp \left(- \frac{\sigma \tau}{\mu \lambda} \right) \right]^{-\mu}.$$

Таким образом, используя математические модели плотности формовочной смеси, можно с достаточно большой степенью достоверности рассчитывать плотность формы и выбирать рациональные режимы машинных методов формовки.

Машинные способы уплотнения

2.2. литейных форм

2.2.1. Области применения и преимущества машинных способов уплотнения

Машинные способы уплотнения литейных форм (машинную формовку) применяют в основном в серийном и массовом производстве отливок. В современных литейных цехах мелкосерийного

и единичного производства применяются формовочные машины, имеющие быстросменную модельную оснастку. В противном случае резко снижается эффективность использования формовочных машин.

Машинная формовка по сравнению с ручной имеет ряд преимуществ:

- повышенная производительность труда;
- возможность осуществления комплексной механизации или автоматизации процессов изготовления отливок;
- повышенная точность отливок и, как следствие, уменьшение припусков на механическую обработку.

Все машинные способы формообразования по характеру воздействия на смесь в процессе формовки можно подразделить на прессовые, динамические и комбинированные.

2.2.2. Прессовые способы уплотнения литейных форм

Одним из основных классификационных признаков прессовых способов уплотнения является направление движения смеси относительно стенки опоки. В соответствии с этим признаком различают *верхнее прессование* (прессование со стороны контрлада), *нижнее прессование* (прессование со стороны лада) и *двустороннее прессование*.

Вторым классификационным признаком является давление прессования формовочных машин, в соответствии с которым все способы условно можно подразделить на способы с низким (до 0,3 МПа), средним (0,3...0,7 МПа), повышенным (0,7...2 МПа), высоким (2...5 МПа) и сверхвысоким (выше 5 МПа) давлением прессования. К третьему классификационному признаку относится конструкция прессовой головки: плоская и профильная жесткие прессовые плиты, эластичная плита, решетка, многоплунжерная, роторная и лопастная головки.

Верхнее, нижнее и двустороннее прессование (рис. 2.5).

При *верхнем прессовании* (рис. 2.5, а) на столе прессовой машины укрепляют модельную плиту с моделями, на которую устанавливают опоку и наполнительную рамку. При движении прессовой плиты происходит вытеснение формовочной смеси из наполнительной рамки в опоку. Нижняя плоскость прессовой плиты

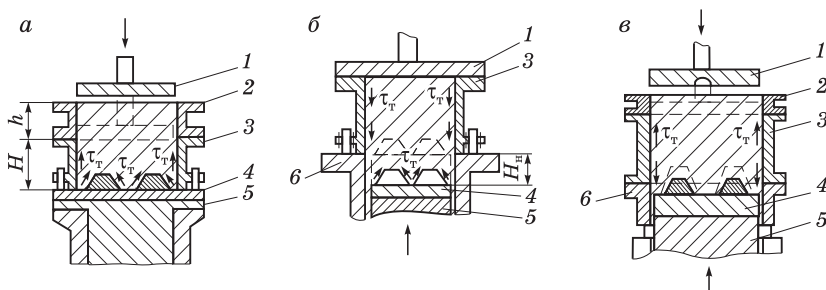


Рис. 2.5. Схема способов прессования:

а — верхнего; *б* — нижнего; *в* — двустороннего; 1 — прессовая плита; 2 — наполнительная рамка; 3 — опока; 4 — модель; 5 — стол машины; 6 — неподвижная рамка

в конце прессования доходит до верхней кромки опоки. В некоторых конструкциях машин поднимается стол машины, а прессовая плита остается неподвижной. Первоначальный объем смеси при верхнем прессовании должен быть больше объема опоки с моделью на величину объема наполнительной рамки, который определяется из условия обеспечения требуемой плотности формы. При заданных размерах опоки объем наполнительной рамки зависит от высоты h , которую можно определить из равенства масс смеси до и после уплотнения:

$$[F_o(H_o + h) - V]\delta_0 = (F_oH_o - V)\delta,$$

откуда

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

Здесь F_o — площадь опоки в плане, м^2 ; H_o — высота опоки, м ; h — высота наполнительной рамки, м ; V — объем моделей, м^3 ; δ_0, δ — плотность смеси соответственно до и после прессования, $\text{кг}/\text{м}^3$.

При нижнем прессовании смеси (рис. 2.5, б) стол машины с модельной плитой и моделями перемещается вертикально вверх относительно неподвижной рамки. Модели с модельной плитой перед прессованием расположены ниже верхней плоскости рамки, на которую устанавливают опоку. Снизу опоки предусматривается запас формовочной смеси для прессования, объем которой

определяется высотой слоя смеси в неподвижной рамке H_n и площадью опоки F за вычетом объема моделей. Когда опока наполнена формовочной смесью, над ней устанавливают неподвижную прессовую плиту. При подъеме стола смесь из рамки впрессовывается в опоку снизу модельной плитой с моделями, укрепленной на столе машины. Ход стола должен быть равен высоте слоя смеси H_n для того, чтобы в конце прессования плоскость модельной плиты совпала с плоскостью разъема опоки.

Как при нижнем, так и при верхнем прессовании смесь относительно стенки модели всегда движется в одну сторону — в сторону модельной плиты, поэтому удельные силы τ_t внешнего трения направлены противоположно направлению движения смеси. В этом случае сжимающие напряжения и, следовательно, плотность смеси уменьшаются по мере приближения к модельной плите.

При уплотнении смеси не удается получить полуформу постоянной высоты как из-за неточности дозирования, так и из-за изменения свойств смеси. При верхнем прессовании нижней полуформы и при нижнем прессовании обеих полуформ допускается отклонение их высоты только в большую сторону. При верхнем прессовании слой смеси, выступающий за пределы опоки со стороны контрлада, обычно срезают. При нижнем прессовании срез слоя по ладу недопустим, поэтому при сборке полуформы сопрягают не по ладу опоки, а по поверхности уплотненной смеси, что существенно усложняет процесс сборки форм; при использовании смесей с малой прочностью на сжатие в сыром состоянии даже появляется опасность разрушения форм при сборке. Кроме того, при нижнем прессовании обеспечивается меньшая точность форм, поскольку модельная плита не сопрягается с опокой, как это имеет место при верхнем прессовании.

Таким образом, в большинстве случаев нижнее прессование по сравнению с верхним не улучшает качество форм, а, наоборот, ухудшает его или требует дополнительных мер для сохранения качества. Поэтому нижнее прессование рекомендуется применять в тех случаях, когда только этот метод позволяет получать форму требуемого качества.

Двустороннее прессование (рис. 2.5, в) можно осуществлять одновременно или последовательно, получая при этом равномерное распределение плотности по высоте формы, а зона наименьшей плотности находится у стенки опоки примерно на половине

ее высоты. Однако этому способу присущи практически те же недостатки, которыми обладает нижнее прессование. Поэтому двустороннее прессование тоже имеет ограниченное применение. Оно используется лишь в тех случаях, когда необходимо обеспечить плотность смеси, одинаковую с обеих сторон формы (обе стороны рабочие).

Повышение эффективности процесса уплотнения прессованием обычно осуществляется путем:

- совершенствования прессового органа формовочных машин (применение гибкой резиновой диафрагмы, профильной, многоплунжерной или гидропластовой колодки и т.д.);
- применения наддува в целях предварительного уплотнения смеси перед прессованием.

Конечной целью является получение технологически необходимой степени уплотнения при пониженных давлениях прессования, что значительно уменьшает брак форм и отливок.

Прессование профильной плитой (рис. 2.6). При низких и средних давлениях прессования часто применяют профильные плиты, необходимые для уменьшения разности степени уплотнения формовочной смеси над моделью и вокруг нее. Прессование смеси профильной плитой можно разделить на два этапа. На первом этапе со смесью контактируют только выступающие части плиты, происходит внедрение выступа в смесь. После того как вся поверхность плиты войдет в соприкосновение со смесью, начинается второй этап. Вначале уплотняется смесь, находящаяся под выступом прессовой плиты, т.е. в зонах II. После

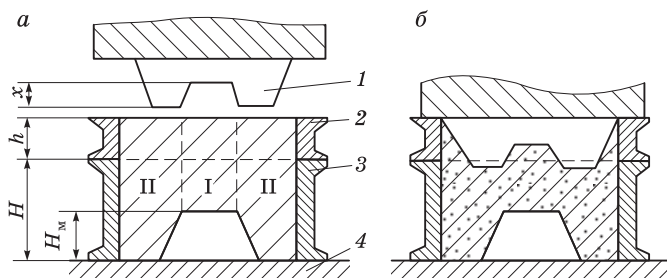


Рис. 2.6. Схема уплотнения форм профильной плитой:
1 — профильная плита; 2 — наполнительная рамка; 3 — опока;
4 — модельная плита с моделями

достижения состояния предельного равновесия смесь из зон II перемещается в зону I и уплотняется, что повышает равномерность плотности по объему формы, улучшает ее качество.

Уравнения для определения геометрических размеров — высоты h наполнительной рамки и высоты x выступов профильной плиты в зависимости от высоты опоки (H_o), модели (H_m) и плотности смеси до (δ_0) и после (δ) прессования — имеют вид:

$$h = (H_o - H_m) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right);$$

$$x = H_m \left(1 - \frac{\delta_0}{\delta} \right).$$

Следует отметить, что профильной плитой практически нельзя регулировать плотность в узких зазорах между низкими частями модели или между моделью и стенкой опоки. Для устранения этого недостатка используют контурные прессовые плиты (рис. 2.7). В отличие от прессования профильной плитой при контурном прессовании литейной формы контурная плита не столько прессует столб формовочной смеси, находящейся над моделью, сколько обжимает смесь вокруг модели, начиная от стенки опоки. При движении выступа смесь отжимается к стенке модели, чему способствуют закругления на углах выступов

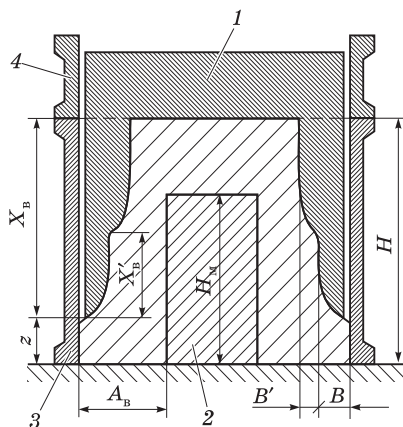


Рис. 2.7. Схема прессования контурной плитой:
1 — контурная плита; 2 — модель; 3 — опока; 4 — наполнительная рамка

и уклоны боковых стенок. Указанные на рис. 2.7 размеры должны быть в следующих пределах: ширина выступа $B = (0,25...0,33)A_b$; утолщение выступа $B' = (0,25...0,33)B$; общая высота выступа $X_b = (1,0...1,2)H_m$, а части выступа — $X'_b = 60...75$ мм; $z = 35...50$ мм. При $H_m < 100$ мм $B' = 0$. Применение контурной плиты позволяет получать достаточно равномерную твердость по сечению формы, находящуюся в пределах 94...99 ед.

Наиболее целесообразно использовать профильные и контурные плиты в массовом или крупносерийном производстве отливок. Однако это дополнительный элемент оснастки, удорожающий производство. Кроме того, использование данного способа требует дополнительных операций — засыпки смеси в образовавшиеся углубления и последующей допрессовки формы.

Последовательное прессование. Оно основано на использовании принципа относительного перемещения элементов оснастки, которое осуществляется в несколько этапов (рис. 2.8):

- 1) заполнение опоки и камеры прессования формовочной смесью (рис. 2.8, а);
- 2) подъем модели толкателями на высоту, равную $h_m/2$ (рис. 2.8, б);
- 3) подъем протяжной плиты до совпадения ее верхней плоскости с основанием модели (рис. 2.8, в);
- 4) совместное перемещение модели и протяжной плиты до совпадения верхней плоскости последней с ладом опоки (рис. 2.8, г).

Последовательное прессование позволяет получать достаточно равномерное распределение плотности смеси по высоте опоки. Недостатки данного способа — сложность конструкции модель-

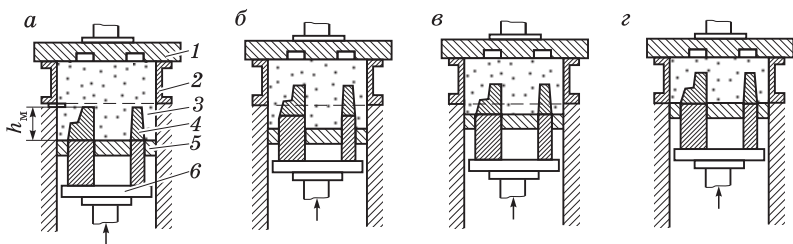


Рис. 2.8. Схема последовательного прессования:

1 — основание; 2 — опока; 3 — смесь; 4 — модель; 5 — протяжная плита;
6 — толкатель

ной оснастки и механизмов, уменьшение количества моделей на модельной плите вследствие ослабления ее жесткости.

Прессование многоплунжерной головкой (рис. 2.9). Многоплунжерная головка в зависимости от размеров формы может иметь от 30 до 100 плунжеров 3, на штоках 2 которых закреплены плиты — башмаки 1. Под действием давления масла в цилиндре каждый башмак осуществляет прессование независимо от других и уплотняет смесь как над моделью 6, закрепленной на подмодельной плите 5, так и вокруг нее. Объединяя плунжеры в несколько групп и подавая в каждую группу масло под различным давлением, можно производить поочередное (раздельное по времени) прессование отдельных полостей формы, обеспечивая тем самым лучшие условия перетекания смеси внутри формы и более равномерное ее уплотнение. Такие плунжерные головки называются *активными*.

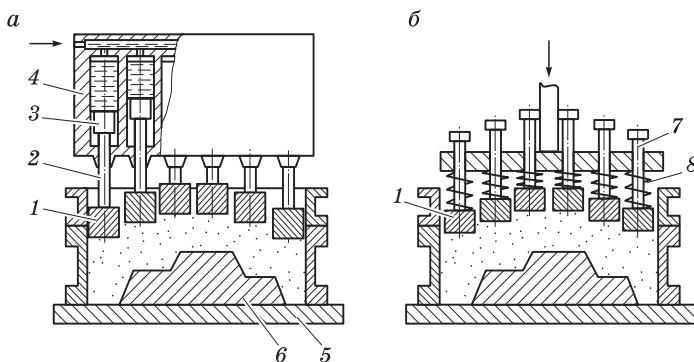


Рис. 2.9. Схема прессования многоплунжерной головкой:
а — гидравлическая или пневматическая; б — пружинная

В отличие от активных у *пассивных многоплунжерных головок* все цилиндры соединены между собой, прессовая колодка не создает усилий прессования, а только передает их смеси. При прессовании пассивная головка и полуформа движутся навстречу друг другу, и после соприкосновения башмаков со смесью происходит ее уплотнение. Плотность смеси в надмодельной области увеличивается быстрее, чем в околomodельных зонах, поэтому над моделью интенсивно растут сжимающие напряжения. Так как давление жидкости над всеми поршнями 3 в любой момент

процесса одинаково, то более интенсивный рост напряжений в надмодельной области приводит к тому, что башмаки плунжера, расположенные над моделью, начнут перемещаться вверх относительно начального положения, а башмаки, расположенные над околomodельными областями формы, будут перемещаться вниз, продолжая уплотнять смесь.

К разновидностям пассивных относятся и многоплунжерные пружинные головки (рис. 2.9, б), башмаки которых укреплены на стержнях 7 и упираются в витые пружины 8. Однако эффективность их работы, зависящая от жесткости пружин, значительно меньше, чем гидравлических или пневматических многоплунжерных головок.

Для повышения плотности смеси в промежутках между моделями, а также между моделями и стенкой опоки целесообразно использовать дифференциальную многоплунжерную головку, башмаки которой движутся не одновременно, а в определенной последовательности.

Дифференциальным прессованием в настоящее время успешно формуют такие сложные модели, как блоки автомобильных цилиндров, получая при этом формы в опоках с размерами до $2900 \times 1100 \times (400 \dots 600)$ мм. При этом обеспечивается давление прессования $2,0 \dots 5,3$ МПа при количестве башмаков 36–96 шт. Так же, как и в случае использования профильной прессовой плиты, применение многоплунжерной головки приводит к необходимости осуществления дополнительных операций, связанных с засыпкой смеси в образовавшиеся при формовке углубления и последующим доуплотнением формы.

Прессование с одновременным вакуумированием. Такое прессование обеспечивает увеличение равномерности распределения плотности смеси по всему объему формы. Суть способа заключается в следующем. Модельная плита 6 с опокой 7 и наполнительной рамкой 8, установленные на станине 5 с прессующим поршнем 4, перемещаются в герметичную вакуумную камеру 2 (рис. 2.10). Пассивная многоплунжерная головка 3 в этой позиции расположена в крайнем правом положении таким образом, чтобы при открытии шиберов смесь из дозатора 1 смогла заполнить опоку и наполнительную рамку. Перед началом прессования шибер закрывается, головка 3 перемещается влево в рабочее положение, а из вакуумной камеры откачи-

вается воздух. Модельная плита 6 и глубокие карманы моделей имеют венты, сообщающиеся с вакуумной камерой, разрежение в которой постоянно поддерживается через ресивер Р вакуумным насосом Н. Прессование движением поршня 4 вверх осуществляется при одновременном вакуумировании смеси, что обеспечивает снижение ее влажности и повышение прочности формы вследствие удаления заземленного в порах воздуха.

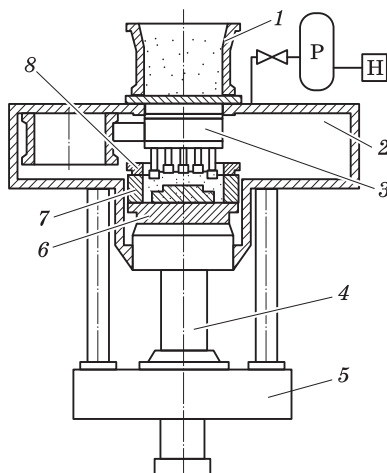


Рис. 2.10. Схема вакуумно-прессовой формовочной машины

Прессование гибкой диафрагмой (рис. 2.11). Также как и многоплунжерные, *диафрагменные прессовые головки* по характеру воздействия на смесь делятся на активные (рис. 2.11, а) и пассивные (рис. 2.11, б), которые позволяют получать формы с достаточно равномерным распределением плотности.

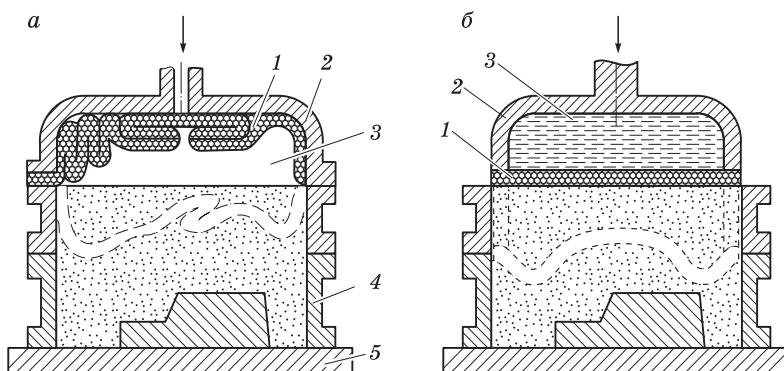


Рис. 2.11. Схемы прессования гибкой диафрагмой

Первые из них, называемые *диафрагменными*, состоят из эластичной диафрагмы 1, закрепленной в корпусе 2, и рабочего тела 3 (как правило, сжатого воздуха), находящегося в герме-

тичной полости корпуса за диафрагмой. Равномерность уплотнения смеси достигается тем, что под действием сжатого воздуха, выпускаемого в головку, диафрагма давит на формовочную смесь в опоке 4, обжимая и уплотняя ее со всех сторон модели. Чем больше начальная высота столба смеси, тем больше столб сожмется, поэтому после уплотнения профиль контрлада в какой-то степени повторяет профиль модели, расположенной на модельной плите 5. Площадь поверхности диафрагмы обычно превышает площадь опоки на 30...40%. Давление диафрагмы на смесь практически равно давлению в заводской сети (0,5...0,6 МПа). Стойкость резиновой диафрагмы толщиной 6 мм недостаточно высока и обычно не превышает 60 тыс. формовок. Активные диафрагменные головки используют, как правило, при верхнем прессовании (т.е. головка выполняет функцию прессового механизма) для получения средних и крупных форм размерами до $2000 \times 865 \times 255$ мм. Иногда для повышения стойкости диафрагм их изготавливают двухслойными. Внутренний слой — резина толщиной 3...5 мм, наружный — резина, армированная тканью. Однако такая диафрагма малоэластична и эффективность уплотнения смеси ею недостаточно высока.

Эластичные головки второго типа (пассивные) заполняются пластичным материалом. Они обладают значительно большей стойкостью по сравнению с диафрагменными. Как правило, эластичный элемент изготавливают из гидропластмассы, но возможно применение технической или вакуумной резины и других эластичных материалов. Рабочим телом 3 в головках этого типа (рис. 2.11, б) является жидкая среда (масло, вода и т.п.), через которую давление передается на эластичный элемент и даже на смесь. При прессовании в надмодельной области напряжения нарастают быстрее и диафрагма 1 над моделью прогибается внутрь головки. Так как жидкость практически несжимаема, то участок диафрагмы, находящийся над слабоуплотненным (околомоделным) столбом смеси, прогибается наружу. В результате этого напряжения, а следовательно, и уплотнение в зоне контакта смеси с диафрагмой будут практически одинаковы для всех точек диафрагмы в данный момент времени. В машинах с пассивными головками прессование может быть верхним или нижним.

Прессование роторной головкой (рис. 2.12). Суть этого способа состоит в том, что опока 2 устанавливается на под-

модельную плиту 3 с моделью и заполняется формовочной смесью выше уровня контрлада. Затем полуформа перемещается под прессовой роторной головкой, состоящей из нескольких прессующих валков 1, которые прижимаются к смеси с силой N_i и вращаются обычно в направлении, противоположном направлению движения полуформы. При этом каждый валок уплотняет смесь на глубину h_i таким образом, чтобы из-под последнего валка полуформа вышла полностью уплотненной. Подобная схема уплотнения создает возможности конструирования высокопроизводительных формовочных машин непрерывного действия, что практически невозможно осуществить при других прессовых способах формообразования. При этом диаметр валка D следует выбирать в зависимости от высоты h слоя смеси, впрессованного данным валком за один проход $D = 10h$.

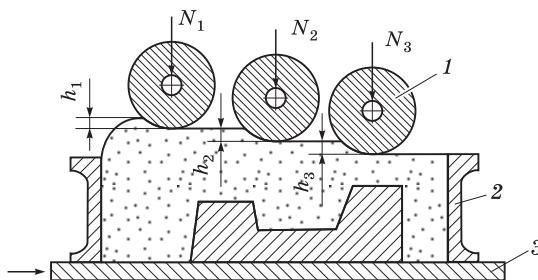


Рис. 2.12. Схема уплотнения формы роторной головкой

При уплотнении валком происходит один из двух процессов: сжатие смеси вдоль линий деформации или выдавливание смеси из-под валка по линиям скольжения. В этом случае напряжения, возникающие в смеси под валком, остаются постоянными и вместе с валком перемещаются вдоль формы, сжимая и уплотняя в каждый последующий момент новый участок формы. Однако разброс твердости (или уплотненности) формы получается все же достаточно большим: от 16...20 ед. в углу опоки у лада до 80...85 ед. над поверхностью модели. Из-за этого недостатка роторное прессование рекомендуется использовать при уплотнении низких форм.

Прессование лопастным рабочим органом. Изготовление форм с помощью лопастных органов (винта, шнека)

имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами: совмещенность операций заполнения и уплотнения; бесшумность работы; легкая автоматизация. Суть способа заключается в том, что опока 6 (рис. 2.13) с подмодельной плитой 7 прижимается гидрпрессом к плите 5 бункера 1. При вращении валов 2 лопасти, имеющие винтовую поверхность, захватывают формовочную смесь и перемещают ее в опоку. Подача смеси продолжается и после заполнения опоки, в результате чего происходит уплотнение формы. Для предотвращения зависания смеси в бункере предусмотрены смонтированные на валах планки-разрыхлители 3. Количество рабочих органов в головке зависит от размера изготавливаемой формы. Их может быть от 2 до 20 шт., и каждый размещается в своем направляющем цилиндре 4.

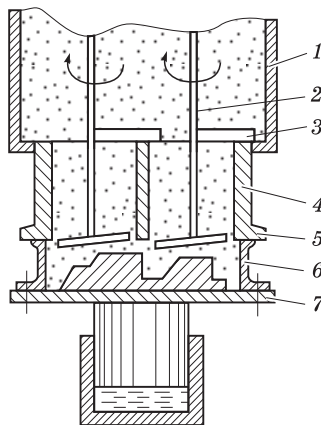


Рис. 2.13. Схема уплотнения формы лопастной головкой

Лопастное уплотнение используют для изготовления форм размерами в свету от $400 \times 320 \times 100$ до $1350 \times 1200 \times 160$ мм в опоках без крестовин и с крестовинами на полуавтоматических формовочных линиях. При этом твердость формы изменяется от 90 ед. под внешним концом рабочего органа (на контрладе) до 74 ед. в углах опоки на ладе формы. По данным Г.Г. Столпника, при уплотнении аналогичной формы плоской плитой при том же давлении (0,4...0,6 МПа) твердость в указанных точках равна соответственно 92 и 20 ед., т.е. прессование лопастной головкой позволяет получать формы, имеющие достаточно равномерное распределение плотности и твердости в объеме заформованной опоки.

К недостаткам процесса следует отнести высокий износ лопастного органа и сравнительно низкую производительность.

2.2.3. Динамические способы уплотнения литейных форм

В зависимости от способа приложения первичных сил в смеси все динамические способы уплотнения подразделяются на три группы (рис. 2.14).

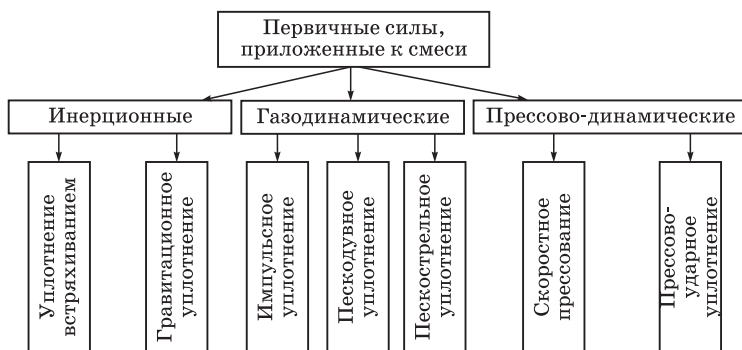


Рис. 2.14. Классификация динамических способов уплотнения литейных форм

Уплотнение формовочной смеси способами, отнесенными к первой группе, происходит в результате того, что смесь разгоняется, а потом резко тормозится. В результате во всех ее слоях возникают силы инерции, которые, действуя в направлении движения, уплотняют смесь.

Эффективность способов уплотнения, включенных во вторую группу, зависит в первую очередь от сил взаимодействия газового (воздушного) потока со смесью, возникающих во всех слоях, где существует газовый поток. Эти силы, действуя в направлении газового потока, приводят смесь в движение и уплотняют ее.

Третью группу составляют способы уплотнения, весьма близкие по механизму действия к статическому прессованию. Основное отличие заключается в том, что при прессово-динамическом уплотнении происходит непрерывное изменение скорости прессующего усилия.

К динамическим способам относится также пескочувное уплотнение, по механизму действия являющееся комбинацией инерционного и прессово-динамического уплотнения.

Уплотнение форм встряхиванием (рис. 2.15) происходит под действием сил инерции смеси, которые возникают в результате подъема стола встряхивающей машины с опокой и наполнительной рамкой на высоту $h = 0,05 \dots 0,08$ м, последующего его падения и удара о препятствие. При этом кинетическая энергия, сообщенная смеси, переходит в работу ее уплотнения.

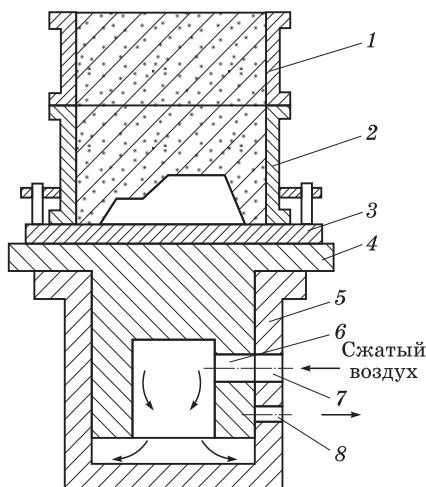


Рис. 2.15. Схема уплотнения формы встряхиванием:

1 — наполнительная рамка; 2 — опока; 3 — модельная плита; 4 — стол машины; 5 — станина; 6 — впускное отверстие в столе машины; 7 — впускное отверстие в станине; 8 — выпускное отверстие

За меру уплотняющего воздействия при встряхивании принимают удельную работу a , сообщенную смеси за n ударов стола:

$$a = \frac{G}{F_0} h n \eta \text{ [Дж/м}^2\text{]},$$

где G — сила тяжести формовочной смеси, Н; F_0 — площадь опоки, м²; h — высота подъема встряхивающего стола, м; n — количество ударов стола; η — коэффициент, учитывающий потери силы падающих частей машины вследствие трения и противодействия воздуха, $\eta = 0,3 \dots 0,7$.

Степень уплотнения формовочной смеси может быть рассчитана по эмпирическому уравнению проф. Н.П. Аксенова:

$$\delta_{\text{ср}} = (1 + k a^{0,3}) \cdot 10^3 \text{ [кг/м}^3\text{]},$$

где k — коэффициент уплотняемости формы встряхиванием, $k = 0,35 \dots 0,55$; a — удельная работа встряхивания.

Основные преимущества встряхивающего способа уплотнения связаны с простотой оборудования, универсальностью, невысокой

чувствительностью к качеству смесей. Наряду с преимуществами этот способ формообразования имеет ряд серьезных недостатков, существенно ограничивающих области его применения: длительность процесса; значительный шум во время работы; высокие энергозатраты; динамические воздействия, требующие сооружения громоздких фундаментов; трудность автоматизации всего комплекса операций процесса изготовления форм.

Для устранения многих из указанных недостатков в настоящее время применяют комбинированные методы уплотнения, сочетающие встряхивание с подпрессовкой, а также с прессово-ударным уплотнением. Более подробно эти методы будут рассмотрены в § 2.3.

Гравитационное уплотнение форм (рис. 2.16). Способ основан на использовании кинетической энергии падающего с высоты $H_{\text{п}}$ пакета формовочной смеси, объем и масса которой соответствуют объему опоки и массе смеси в ней. Для осуществления процесса формовки к опоке 9 с подмодельной плитой 10 и моделью с помощью цилиндра 7 прижимают наполнительную рамку 8. Затем смесь подается в бункер 4, откуда после открытия шиберного затвора 3 попадает в дозатор 2, выход смеси из которого закрыт шиберным затвором 1. После включения быстродействующего пневмоцилиндра 5 шиберный затвор 1 открывается и отдозированная порция смеси, проходя шахту 6, под действием сил гравитации с большой скоростью

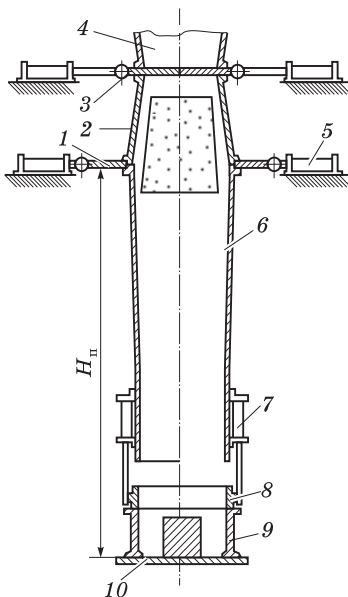


Рис. 2.16. Схема гравитационного уплотнения формы

падает на подмодельную плиту с моделью 10 в опоку 9. При резкой остановке в смеси возникают силы инерции, уплотняющие смесь. Высота падения смеси $H_{\text{п}}$ составляет 2,0...3,0 м, что позволяет развивать скорость пакета в момент удара о модель до 5...7 м/с, что почти на порядок больше, чем при встряхивании. В связи с этим смесь способна уплотняться за один удар.

Таким образом, механизм уплотнения смеси при гравитационном способе практически аналогичен встряхивающему способу, в связи с чем должны использоваться такие же ПГС.

Несмотря на простоту и надежность оборудования, гравитационное уплотнение не способно обеспечивать, во-первых, равномерную плотность форм по высоте опоки, во-вторых, достаточную плотность для получения качественных отливок, поэтому этот способ можно использовать только для изготовления высоких форм, и то лишь в сочетании с другими способами (прессование, вибрация и др.). Кроме того, установки гравитационного уплотнения имеют большую высоту, вместе с бункером превышающую 4...5 м, что затрудняет их эксплуатацию. Из-за этих недостатков данный способ имеет весьма ограниченное применение.

И м п у л ь с н о е у п л о т н е н и е л и т е й н ы х ф о р м . Этот способ может быть использован для изготовления отливок различной номенклатуры в опоках с размерами в свету от 500×600 до 3000×2000 мм и высотой от 200 до 2500 мм.

Технологическую гибкость процесса обеспечивают следующие факторы:

□ возможность изготовления качественных форм по моделям различной сложности с равномерной степенью уплотнения смеси по отпечатку модели и достаточной степенью уплотнения в глубоких полостях. При оптимальном исходном давлении воздуха в импульсной головке для обычных ПГС поверхностная твердость формы по отпечатку достигает 89...94 ед., а колебания поверхностной твердости находятся в пределах 5...8 ед. Максимальное уплотнение смеси имеет место по разъему полуформы, а минимальное — по контрладу. Идеальное с точки зрения технологии распределение плотности смеси по высоте опоки создает благоприятные условия для направленного удаления газов, выделяющихся при заливке металла в форму. Степень уплотнения смеси регулируется давлением воздуха в импульсной головке;

□ возможность использования ПГС или специальных смесей с повышенной прочностью (до 0,2 МПа), а также облицовочных малопрочных жидкостекольных смесей. Колебания физико-механических свойств смесей, имеющие место в условиях производства, практически не влияют на процесс формообразования;

□ возможность применения деревянных моделей, используемых для встряхивания, с некоторым упрочнением для средних и крупных моделей.

Улучшение технологических параметров литейной формы положительно влияет на качество отливок. Отливки получаются с повышенной геометрической точностью, имеют стабильное поле рассеивания размеров. Снижается брак по таким видам, как подустость, ужимины, размыв форм и др.

Импульсный способ формообразования позволяет также улучшать санитарно-гигиенические условия труда за счет полного устранения ручного труда, вибрации и шума, повышать культуру производства на формовочном участке.

При импульсной формовке уплотнение смеси может осуществляться двумя способами: пневмоимпульсным и газоимпульсным (взрывным). В обоих случаях основным рабочим органом формовочной машины является импульсная головка.

В *пневмоимпульсных машинах* она представляет собой корпус 6 с клапаном 10 внутри и крышкой 8 (рис. 2.17). В нижней части корпуса размещен рассекающий воздух 5, представляющий собой решетку с большим количеством отверстий диаметром 5...8 мм. Импульсная головка устанавливается на заполненную формовочной смесью опоку 3 с наполнительной рамкой 4, расположенные на подмодельной плите 1 с моделью 2.

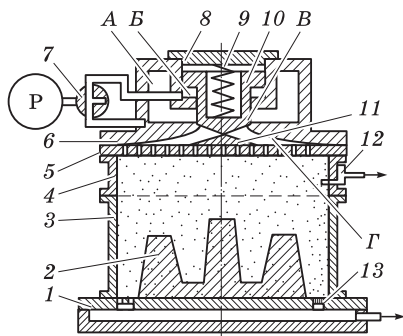


Рис. 2.17. Схема пневмоимпульсного уплотнения формы

В исходном положении клапан 10 прижат пружиной 9 к седлу клапана, выпускное отверстие В перекрыто. Процесс формовки начинается с заполнения полости А сжатым воздухом, поступающим из ресивера Р через распределитель 7. После достижения в полости А заданного давления (7...10 МПа) с помощью распре-

делителя 7 происходит соединение ее с полостью *Б* и сжатый воздух быстро поднимает клапан 10, открывая выхлопное отверстие *В*. Сжатый воздух вначале заполняет полость *Г* рассекателя 5, а затем, проходя через его отверстия, равномерным потоком направляется на смесь. Дефлектор 11 способствует равномерному распределению потока воздуха, выходящего из отверстия *В*, в полости *Г* рассекателя 5. Оработанный воздух, находящийся в наполнительной рамке 4, удаляется в атмосферу через специальный клапан 12, расположенный у нижнего фланца рамки.

Воздух, прошедший через слой формовочной смеси, удаляется из опоки через венты 13, установленные в подмодельной плите. Длительность процесса — 1...3 с.

Главными параметрами пневмоимпульсной головки являются: давление воздуха p_0 в ресивере и его объем V_0 , площадь F_0 выпускного отверстия, площадь сечения F_p , объем V_p и конструкция рассекателя. В соответствии с рекомендациями Г.А. Гейдебрехова и С.Н. Козлова в установках высокого давления используется сжатый воздух под давлением $p_0 = 7...10$ МПа, в установках низкого давления — 0,6...0,7 МПа. Соответственно для импульсных головок высокого давления $F_p/F_0 \geq 2,4$, $V_p/V_0 \leq 0,47$, а для головок низкого давления $F_p/F_0 \geq 1,5$, $V_p/V_0 \leq 0,034$.

Механизм уплотнения смеси в опоке под влиянием кратковременного пневмоимпульса высокого давления заключается в том, что каждая песчинка поверхностного слоя под давлением молекул газа действует на нижележащие песчинки подобно микроплунжеру: возникает волна сжатия. Через скелет смеси давление с большим ускорением передается все более глубоким слоям. В результате происходит перемещение слоев смеси в сторону модельной плиты. При встрече с моделью или модельной плитой смесь резко тормозится и уплотняется под действием давления вышележащих слоев. Верхние же слои уплотняются несколько хуже. Тем не менее одним из преимуществ пневмоимпульсного способа уплотнения литейных форм является достаточно высокая равномерность уплотнения смеси по высоте опоки: твердость формы со стороны модели составляет 90...95 ед., а контрлада — 70...80 ед. К другим преимуществам следует отнести высокую производительность и универсальность процесса, простоту конструкции формовочных машин, что определяет их конкурентоспособность (особенно при реконструкции действующих литейных

цехов). Недостатки способа — повышенный расход воздуха, сильный шум, необходимость использования специального компрессора и ресивера высокого давления.

Газоимпульсная (взрывная) формовка осуществляется под действием энергии продуктов горения газообразных смесей. Для осуществления процесса уплотнения опоку 1 (рис. 2.18) прижимают к головке 2, которая одновременно выполняет функции наполнительной рамки. После открытия затвора 4 смесь из бункера 3 подается в опоку и наполнительную рамку. Затем затвор возвращается в исходное положение, герметично отделяя камеру 8 от бункера. В камеру сгорания 6 через клапан 5 подается газ (преимущественно метан), который вентилятором 7 в течение 2...3 с смешивается с находящимся в ней воздухом. После этого газовоздушная смесь поджигается электрической искрой — происходит быстрое горение (взрыв) газа и выделение в результате этого значительной энергии, сообщаемой смеси большую скорость в направлении модельной плиты. При встрече с плитой или моделью смесь тормозится и уплотняется аналогично тому, как это имеет место при пневмоимпульсной формовке.

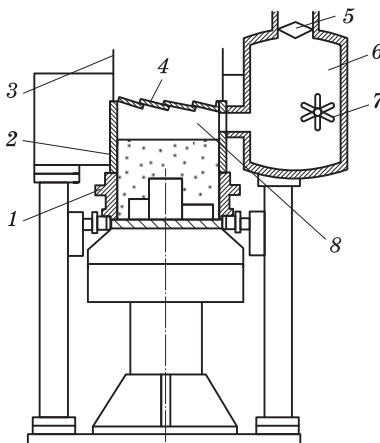


Рис. 2.18. Схема газоимпульсной формовки

Обычно в газоимпульсных установках используют пропан-бутановые смеси, ацетилен, смесь метана с воздухом и кислородом (в соотношении 1:10). В соответствии с рекомендациям проф. И.В. Матвеевко для уплотнения одной полуформы требуется

газ в объеме, равном 20...25% от объема полуформы, и сжатый воздух под давлением 0,2...0,25 МПа в количестве 1,6–2 объема полуформы. Максимальное давление газа над смесью в момент сторания не превышает 0,3...0,5 МПа, длительность процесса уплотнения — 0,02...0,05 с.

Преимущества газоимпульсной формовки следующие: высокая производительность, хорошее качество литейной формы, низкий уровень шума, небольшой расход энергии. Стоимость энергозатрат в 45–50 раз меньше по сравнению с формовкой встряхиванием и почти в 20 раз меньше, чем при прессовом уплотнении литейных форм.

Основные недостатки способа — сложность конструкции как импульсной головки, так и формовочной машины в целом; высокая опасность работы с воздушно-газовой смесью; ограниченность размеров опок для осуществления процесса формовки.

Пескодудное уплотнение литейных форм и стержней. Способ основан на воздействии на смесь силы песчано-воздушной струи в период заполнения опоки или стержневого ящика и фильтрации воздушного потока через смесь от вдвухных отверстий к вентам технологической оснастки.

При уплотнении смеси пескодудным способом (рис. 2.19) сжатый воздух, поступая в пескодудную головку 1, давит на находящуюся в ней формовочную или стержневую смесь, фильтруется через ее поры и захватывает частицы смеси. Вылетая из пескодудной головки через вдвухные отверстия 2, частицы смеси заполняют полость опоки или стержневого ящика 3, уплотняясь силой воздушного потока, а также вследствие удара о поверхность ящика, модели или ранее оставленных слоев смеси. Кроме того, в слое смеси возникает разность входного и выходного давлений воздуха, тем бóльшая, чем выше слой. Эта разность давлений производит дополнительное динамическое пресующее действие на слой смеси.

Отработанный воздух удаляется из полости опоки или стержневого ящика через вентиляционные втулки-венты 4, установленные в модельной либо стержневой оснастке (2.19, а) или в надувной плите в случае использования систем с верхней вентиляцией (рис. 2.19, б). В таких конструкциях пескодудных машин воздушно-песчаная смесь вдвухается в опоку или в полость стержневого ящика через отверстия 2, а отработанный воздух

удаляется через венты 4, расположенные в надувной плите 7 пескодувной головки 5. Учитывая то, что в пескодувном процессе необходимо применять смеси, обладающие высокой текучестью, а для предотвращения предварительного уплотнения и разрыхления смеси в пескодувных головках можно использовать механическую мешалку 6.

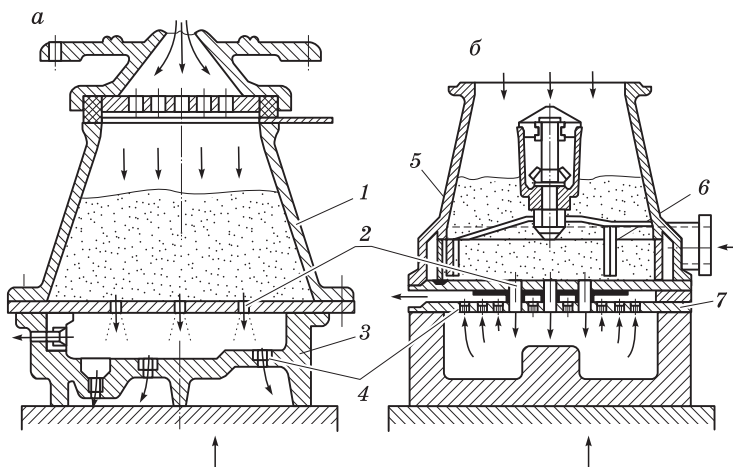


Рис. 2.19. Схема пескодувного уплотнения смеси:
а — с нижней вентиляцией; б — с верхней вентиляцией

Для высокой эффективности пескодувного процесса уплотнения необходимо соблюдать ряд технологических требований. Например, для достижения наибольшей разности давлений воздуха в пескодувной головке и ящике рекомендуется объем резервуара выбирать в пределах $V = (2,5 \dots 3,0)V_0$ опоки (ящика $V_{\text{ящ}}$). Высота слоя смеси над вдвунной плитой резервуара должна быть не ниже 150...200 мм. Влажность смесей не должна превышать 2,5...3,5%, так как смеси с более высокой влажностью обладают высокой прилипаемостью к стенкам пескодувной головки. При использовании смесей, имеющих сырую прочность до 0,01 МПа, вдвунные отверстия должны иметь диаметр 10...12 мм. Для работы со смесями с повышенной сырой прочностью ($\sigma > 0,05$ МПа) требуется увеличение диаметра вдвунных отверстий до 25...30 мм. Отношение суммарного живого сечения вент к суммарному сечению вдвунных отверстий должно находиться в пределах 0,8...1,0.

Несмотря на достаточно высокую равномерность степени уплотнения смеси по высоте формы или стержневого ящика, абсолютное значение прочности в объеме уплотненной смеси относительно невелико. В связи с этим для получения форм, особенно на автоматических линиях, пескодувный процесс уплотнения используют в сочетании с прессовым, вибропрессовым или импульсным.

К разновидностям пескодувного процесса следует отнести и уплотнение форм способом *ствольного надува* (рис. 2.20), суть которого заключается в том, что смесь разгоняется сжатым воздухом и уплотняется за счет кинетической энергии, которую она приобрела при разгоне. Для осуществления процесса к верхнему торцу 1 ствола 3 прижимается опока 2 с подмодельной плитой. После этого дозатор 5 заполняется смесью 4, объем которой равен объему опоки. Сжатый воздух из ресивера 6 через клапан 7 подается в воздушную коробку 8, откуда через отверстия в сетке 9 попадает в дозатор 5, где фильтруется через смесь, образуя из нее воздушно-песчаный пакет, который начинает двигаться вверх по стволу 3. Если давление воздуха на пакет намного больше силы тяжести и силы внешнего трения пакета, то пакет движется со значительным ускорением. В конце пути он приобретает скорость 10...35 м/с, смесь ударяется о поверхность модели и модельной плиты, происходит резкое торможение пакета, и под действием инерционных сил смесь уплотняется.

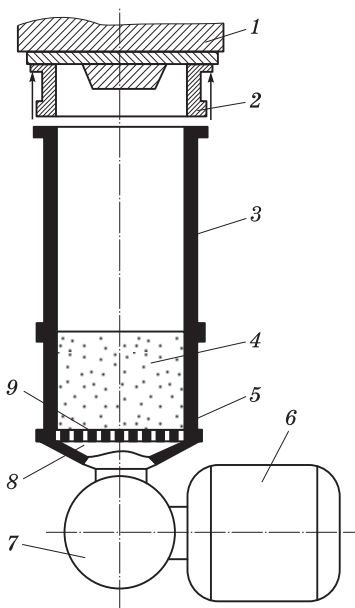


Рис. 2.20. Схема уплотнения форм способом ствольного надува

Таким образом, способ попадания смеси в опоку близок к пескодувному, а механизм уплотнения — к гравитационному. В связи с этим распределение плотности по объему уплотненной смеси аналогично тому, как это имеет место при гравитационной формовке.

Пескострельное уплотнение форм и стержней является разновидностью пескодувного, имеет с ним много общего и в то же время обладает рядом существенных особенностей. Истечение смеси из резервуара в опоку или стержневой ящик 12 (рис. 2.21) при пескострельном способе происходит почти мгновенно, напоминая выстрел. Продолжительность рабочего процесса примерно в 10 раз меньше, чем при пескодувном способе, и составляет 0,1...0,2 с. Связано это с наличием сужения потока в конической насадке 9 на выходе из пескострельной головки 3 и небольшим уплотнением смеси под действием сжатого воздуха с последующим выбросом непрерывно образующихся комков в опоку или стержневой ящик. Смесь из бункера 5 поступает в пескострельную головку при открытом шибере 4. Сжатый воздух из ресивера 8 через вдувной быстродействующий клапан 7, горизонтальные 6 и вертикальные 1 прорезы входит во внутреннюю полость гильзы 2, отделяя от нее смесь. При этом шибер должен быть закрыт, предотвращая тем самым выброс смеси вверх, в бункер 5. Как и в пескодувном резервуаре с верхней вентиляцией (см. рис. 2.19, б), вдувная плита 10 является универсальной и помимо отверстий для надува смеси имеет вентиляционные отверстия 11 для отвода отработанного воздуха.

Таким образом, в конструкции пескострельной головки в отличие от пескодувной предусматривается высокая гильза с вер-

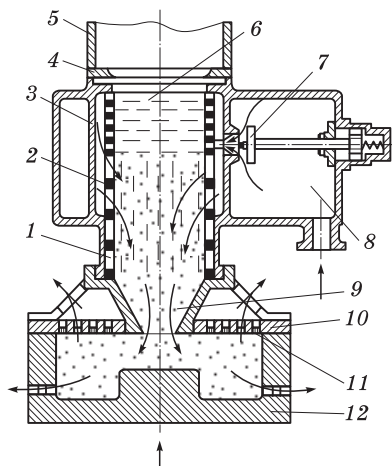


Рис. 2.21. Схема пескострельного уплотнения смеси

тикальными и горизонтальными прорезями для прохода воздуха, впускной быстродействующий клапан, встроенный ресивер.

Процесс уплотнения смеси пескострельным способом можно условно разделить на два этапа. В течение первого этапа пескострельный резервуар практически служит питателем, причем питание опоки или стержневого ящика сопровождается некоторым уплотнением смеси. Истечение смеси через насадку 9 начинается через 0,02...0,06 с после открытия клапана 7, когда давление сжатого воздуха над столбом смеси составляет всего 40...60 кПа. Предварительное заполнение опоки или стержневого ящика смесью заканчивается до достижения максимального давления воздуха. Следовательно, ударное действие сжатого воздуха на столб смеси незначительно. Основным фактором, обеспечивающим требуемое уплотнение смеси, является перепад давлений в пескострельном резервуаре и стержневом ящике или опоке.

На втором этапе происходит окончательное уплотнение за счет выдавливания дополнительной порции смеси, которая, впрессовываясь из насадки, принимает форму кома, уплотняющего как нижележащие слои, так и боковые. Объем кома тем больше, чем выше начальное давление сжатого воздуха в ресивере и чем медленнее оно снижается в процессе истечения смеси.

Следует отметить, что пескострельный способ используется в основном для изготовления стержней и имеет ряд преимуществ перед пескодувным: значительно выше степень уплотнения и более равномерное распределение ее по высоте ящика; расход воздуха в 3–5 раз ниже; значительно меньший абразивный износ пескострельной головки и стержневых ящиков, так как не происходит образования воздушно-песчаной смеси; пескострельные головки более просты в конструктивном исполнении по сравнению с пескодувными.

Скоростное (ударное) прессование заключается в том, что слоям смеси и отдельным частицам так же, как при газовой или воздушно-импульсной формовке, сообщается достаточно высокая скорость движения (6...8 м/с). В результате удара слои смеси и прессовая колодка под действием сил инерции движутся с большой скоростью в направлении модельной плиты, что обеспечивает более равномерное распределение плотности в объеме смеси, чем при статическом прессовании. Этому же способствует и то, что при ударе прессовой плиты о смесь повышается давление

воздуха, находящегося в порах смеси. В результате образуются фильтрационные потоки, захватывающие отдельные песчинки и перемещающие их в направлении вент, что снижает внутреннее трение и тем самым повышает равномерность распределения плотности в объеме смеси.

Процесс скоростного прессования осуществляется следующим образом. На нижнюю траверсу 10 (рис. 2.22), соединенную четырьмя колоннами 9 с верхней траверсой 5, устанавливают подмодельную плиту, опоку и наполнительную рамку 8, которые заполняются смесью. После этого осуществляется выпуск воздуха под давлением 0,5...0,6 МПа через отверстие А в ресивер 3, в котором смонтирован рабочий цилиндр 4. Одновременно открывается отверстие В для свободного выхода воздуха из штоковой полости цилиндра в атмосферу. Затем отводятся в сторону пневмозахваты 7, удерживавшие от падения прессовую плиту 6, закрепленную на конце штока 2 пневмоцилиндра 1. Под действием давления воздуха в ресивере прессовая колодка передвигается со скоростью 6...8 м/с и ударяет по смеси, уплотняя ее.

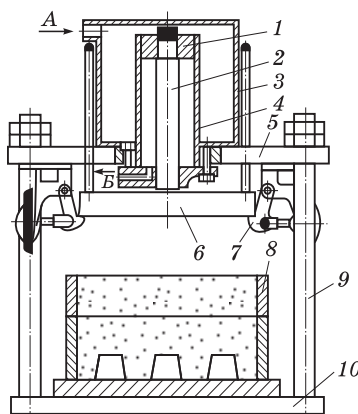


Рис. 2.22. Схема рабочего органа машины для скоростного прессования

Преимущества данного процесса заключаются, во-первых, в достижении достаточно высокой равномерности уплотнения по объему смеси, во-вторых, в экономичности, обусловленной низким расходом воздуха и электроэнергии. К недостаткам следует

отнести высокую чувствительность к режимам уплотнения, необходимость использования более сложной оснастки, вент как на модельной плите, так и в карманах модели.

Вибропрессовое уплотнение литейных форм разработано для повышения эффективности прессовой формовки и может быть реализовано по двум схемам. При вибропрессовании (рис. 2.23, а) опока со смесью совершает гармонические колебания, а при виброударном-прессовом способе (рис. 2.23, б) появляются еще дополнительные ударные нагрузки, обусловленные введением ограничителей. Установлено, что по сравнению с процессом прессования вибропрессование позволяет увеличить плотность формы и равномерность распределения плотности по сечениям формы. Для вибропрессования наиболее оптимальным является следующий режим: частота колебаний 110 Гц; амплитуда 0,75 мм; давление прессования 0,2 МПа; продолжительность вибрации около 10 с; для виброударно-прессового уплотнения — максимально действующие линейные ускорения вибрации $3,0 \text{ м/с}^2$; давление прессования 0,2...0,5 МПа; длительность уплотнения 5...10 с. При этом в качестве прессующих элементов могут использоваться не только гибкие диафрагмы, представленные на рис. 2.23, но и любые другие механизмы прессования, включая дифференциальные многоплунжерные прессовые плиты.

Прессово-ударное уплотнение литейных форм может быть реализовано по четырем основным схемам (рис. 2.24). При всех

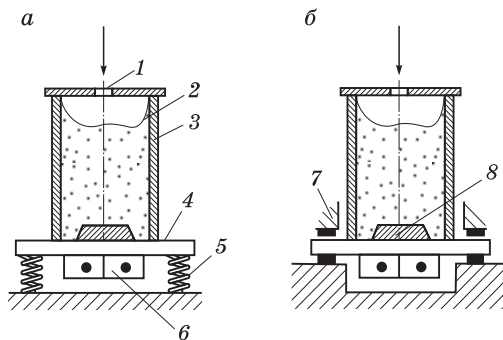


Рис. 2.23. Схемы прессования:

а — вибропрессования; б — виброударно-прессового; 1 — место подачи сжатого воздуха (давление прессования); 2 — гибкая диафрагма; 3 — опока; 4 — стол; 5 — амортизаторы; 6 — вибраторы; 7 — ограничители; 8 — модель

вариантах ударник *б* расположен снизу и удары наносятся по столу *з* машины. При первых двух вариантах (рис. 2.24, *а, б*) прессовый механизм *5* также расположен снизу. Стол *з* соединен с поршнем *4* прессового механизма, а смесь или опока упирается в плиту *2*, закрепленную на жесткой траверсе *1*. При третьем и четвертом вариантах (рис. 2.24, *в, г*) прессовый механизм *5* расположен сверху и при ударе прессовая плита может перемещаться вверх, сжимая рабочее тело.

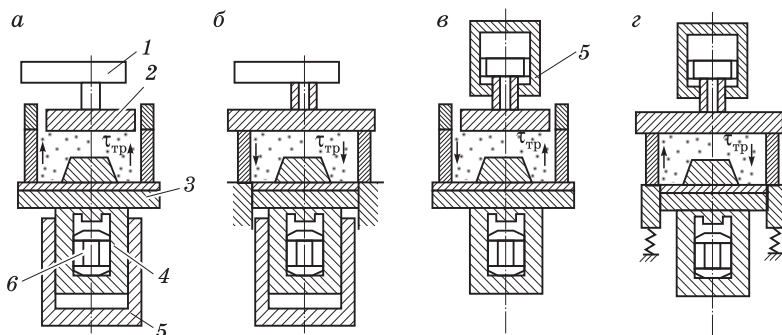


Рис. 2.24. Схемы прессово-ударного уплотнения при нижнем (*а, б*) и верхнем (*в, г*) расположении прессового механизма:
а, в — верхнее прессование; *б, г* — нижнее прессование

Прессово-ударное уплотнение состоит из двух процессов: собственно прессово-ударного уплотнения, при котором в сжатой смеси в результате удара резко возрастают напряжения, и статического прессования, протекающего между двумя ударами. При ударе изменяются реологические свойства смеси и резко уменьшаются коэффициенты бокового давления и трения, что способствует лучшей уплотняемости смеси. Оптимальные режимы прессово-ударного уплотнения: давление прессования 0,2...0,3 МПа, удельная кинетическая энергия ударника 1,5...2,5 Дж/кг.

В связи с тем что разделить во времени прессование и удары ударника практически невозможно, этот способ нельзя отнести к группе комбинированных способов уплотнения.

2.2.4. Комбинированные способы уплотнения литейных форм

При использовании комбинированных способов, в отличие от вибропрессового, виброударно-прессового, прессово-ударного, осуществляется последовательное уплотнение формы двумя (или более) способами с целью достижения требуемой плотности во всех частях формы. Как правило, комбинированные способы представляют собой сочетание последовательного использования одного из динамических методов уплотнения с прессованием.

Наиболее распространенным из комбинированных методов является получение форм *встряхиванием с подпрессовкой* (рис. 2.25), которое осуществляется с использованием двух механизмов — встряхивающего и прессового, последовательная работа которых обеспечивает требуемую плотность смеси в форме. В современных формовочных машинах осуществляется минимальное количество ударов встряхивающего механизма (10–20), что компенсируется высоким давлением подпрессовки (0,7...1,0 МПа). Подпрессовку обычно применяют для опок размерами не более 1500 × 1100 мм, так как для более крупных опок существенно увеличиваются габаритные размеры механизма подпрессовки.

Как уже отмечалось, подпрессовка весьма эффективна и после предварительного гравитационного уплотнения литейной формы. В результате осуществляется доуплотнение рыхлых слоев над моделью, а также формовочной смеси, находящейся между моделями или между моделью и стенкой опоки.

Гравитационно-прессовое уплотнение применяют для изготовления форм относительно небольших размеров (до 970 × 700 × 260 мм), в которых получают мелкие и средние фасонные отливки. При этом давление подпрессовки находится в пределах 0,7...2,5 МПа.

Импульсная формовка, как было указано, также не дает возможности получать высокую плотность на уровне контрлада. Подпрессовка этого слоя смеси под давлением 0,7...2,0 МПа приводит к выравниванию плотности по высоте опоки.

Отличительной чертой пескодувных способов изготовления форм и стержней является, как уже отмечалось, их невысокая плотность. Поэтому при изготовлении форм всегда используют

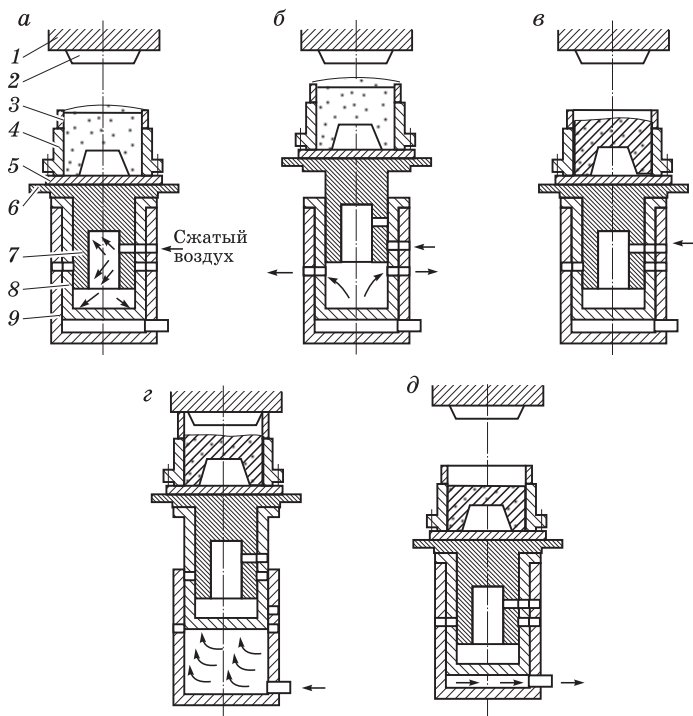


Рис. 2.25. Схема уплотнения смеси встряхиванием с подпрессовкой: а-в — встряхивание; г — допрессовка; д — возврат стола в исходное положение; 1 — траверса; 2 — прессовая колодка; 3 — наполнительная рамка; 4 — опока; 5 — модельная плита; 6 — стол; 7 — встряхивающий поршень; 8 — встряхивающий цилиндр; 9 — прессовый цилиндр

подпрессовку, а сам комбинированный способ получил название *пескодувно-прессового*. С его помощью можно получать даже безопочные формы.

Современный пескодувно-прессовый процесс изготовления форм, реализуемый на автоматических формовочных линиях, состоит из двух стадий: вдува и допрессовки. Вдув формовочной смеси из резервуара в замкнутую камеру (опоку) производят с помощью сжатого воздуха. Вдув сопровождается заполнением формовочной камеры (опоки) смесью, ее уплотнением (плотность 1300...1450 кг/м³) и удалением отработанного воздуха в атмосферу. В случае допрессовки при повышенном давлении

1,0...1,5 МПа осуществляется окончательное доуплотнение смеси (плотность 1600...1650 кг/м³). Процесс вдува смеси для получения формы средних размеров длится примерно 1 с, столько же длится и допрессовка.

С учетом времени создания замкнутого объема для вдува механизмами формовочного автомата, протяжки модельных комплектов, их отвода и подготовки к выдаче полуформы (формы) все операции на позиции формообразования занимают не более 7...20 с (для форм размерами от 480 × 600 до 700 × 950 мм).

Работу пескодувно-прессового механизма (рис. 2.26) изготовления безопасных форм с вертикальной плоскостью разъема можно разделить на шесть циклов, в течение каждого из которых осуществляется одна конкретная операция.

Вдуд (заполнение формовочной камеры) смесью (цикл 1) осуществляется из гильзы, расположенной над формовочной камерой и соединенной с ней с помощью насадка. Формовочная смесь вду-

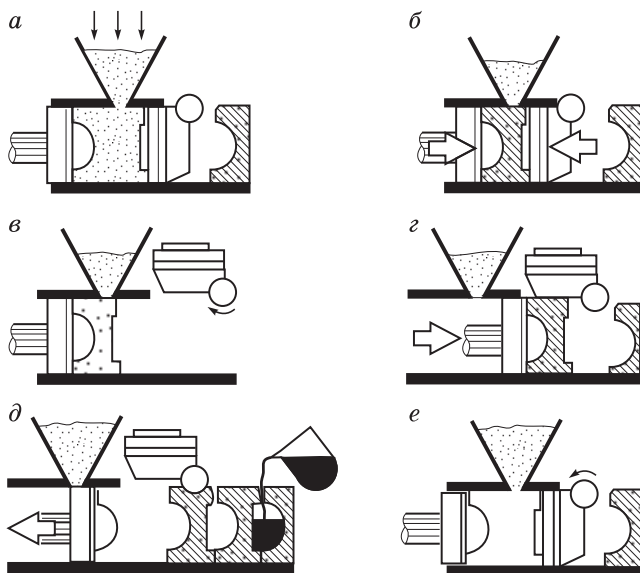


Рис. 2.26. Схема работы пескодувно-прессового механизма уплотнения форм:

а — вдув смеси; б — прессование формы с обеих сторон; в — вытяжка поворотной пресс-плиты; г — сборка формы и транспортировка цепочки форм; д — вытяжка пресс-плиты; е — закрывание формовочной камеры

вается в камеру сжатым воздухом. В этом цикле осуществляются две операции: заполнение формовочной камеры смесью и первичное пескодувное уплотнение смеси. После этого осуществляется двустороннее прессование смеси (цикл 2). Для этого прессующая плита вводится в формовочную камеру с помощью гидропривода в то время, когда поворотная плита противодействия упирается в упоры, расположенные около фронтальной стенки формовочной камеры. Таким образом, форма прессуется с двух сторон: задний отпечаток — путем перемещения задней модельной плиты (своеобразное нижнее прессование), передний отпечаток — верхним прессованием. После допрессовки формы передняя поворотная модельная плита медленно отходит назад (цикл 3) и, поворачиваясь, занимает горизонтальное положение, освобождая место для выталкивания формы. Затем задняя плита, перемещаясь вперед, выталкивает готовую форму из камеры (цикл 4). Ряд форм продвигается вперед на расстояние, равное толщине одной формы (цикл 5), после чего задняя плита возвращается в исходное положение, а передняя модельная плита становится вертикально, закрывая вход в камеру (цикл 6). Таким образом, завершается полный рабочий цикл, который многократно повторяется в условиях автоматического изготовления форм.

Следует отметить, что к смесям, применяемым при использовании пескодувно-прессового способа изготовления форм, предъявляются повышенные требования по таким параметрам, как прочность при сжатии в сыром состоянии (должна быть не менее 0,12...0,20 МПа), текучесть (не менее 70...75%), а влажность смеси не должна превышать 3,0...3,5%.

Пескодувно-импульсное уплотнение заключается в том, что смесь вдвигается в опоку 2 (рис. 2.27), стоящую на подмодельной плите 1, через вдвухное отверстие 6, расположенное в наполнительной рамке 3. В конце пескодувного процесса в пространство над смесью через отверстия 5 в прессовой плите 4 подается сжатый воздух, давление которого резко увеличивается, в результате чего возрастает перепад давления между верхним и нижним слоями смеси. Вследствие этого смесь доуплотняется: плотность в зоне модели с 1350 кг/м³ при пескодувном процессе возрастает до 1750 кг/м³.

В середине 80-х годов XX в. в Японии был разработан метод уплотнения формовочной смеси воздушным потоком с после-

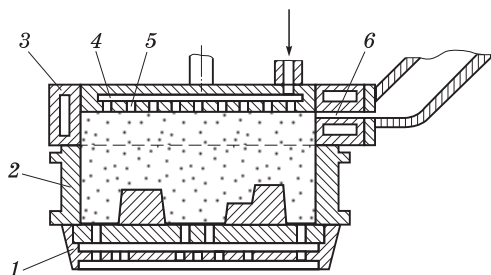


Рис. 2.27. Схема пескоструйно-импульсного уплотнения формы

дующим прессованием — *Seiatsu-процесс* (рис. 2.28). На начальном этапе (рис. 2.28, а) опока заполняется формовочной смесью, после чего осуществляется ее продувка воздушным потоком. Поток воздуха, протекая сквозь поры смеси, уплотняет ее, особенно по контуру модели, что весьма трудно осуществить другими известными способами формовки. Затем с помощью прессовой плиты или гибкой дифрагмы производится окончательное уплотнение смеси (рис. 2.28, б). При использовании этого способа подмодельные плиты должны быть в обязательном порядке оснащены вентами, которые необходимы для равномерного удаления из объема опоки продуваемого через смесь воздуха. Многолетнее использование *Seiatsu-процесса* показало не только возможность

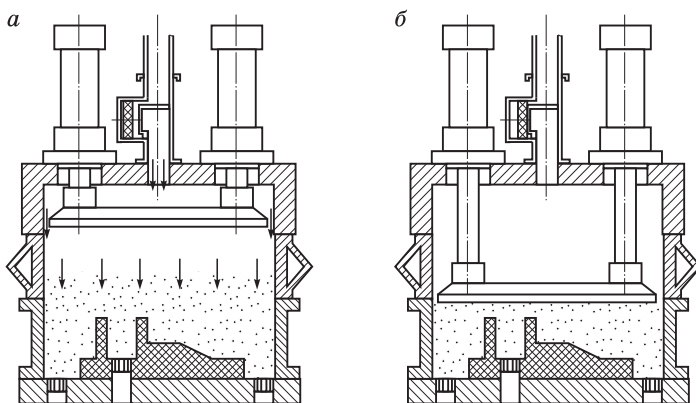


Рис. 2.28. Последовательность операций уплотнения смеси *Seiatsu-процессом*:

а — вдув смеси; б — допрессовка

изготовления форм с высокой равномерностью плотности смеси по высоте опоки, но и наличие высокой газопроницаемости, которая появляется в результате продувки смеси воздушным потоком. Образующиеся в результате этого дополнительные каналы в толще смеси обеспечивают значительно более интенсивный отвод газов из формы в процессе ее заливки расплавом, что позволяет сводить к минимуму брак отливок по газовым дефектам.

С помощью комбинированного уплотнения можно изготавливать безопочные формы, которые применяют для изготовления отливок массой до 25...30 кг. Такую формовку начинают с изготовления нижней полуформы (рис. 2.29, *а*), когда двусторонняя модельная плита, на которой закреплены модели верха (1), низа (3) и литниковой системы (2), лежит на перевернутой верхней опоке. После уплотнения нижней полуформы на нее накладывают подопочную плиту (рис. 2.29, *б*) и вместе с верхней опокой поворачивают на 180°. Производят установку модели стояка и уплотнение верхней полуформы (рис. 2.29, *в*), после чего поднимают ее с модельной плиты и извлекают модель стояка, а с нижней полуформы снимают модельную плиту (рис. 2.29, *г*). Затем в нижнюю полуформу устанавливают стержни, продувают ее сжатым

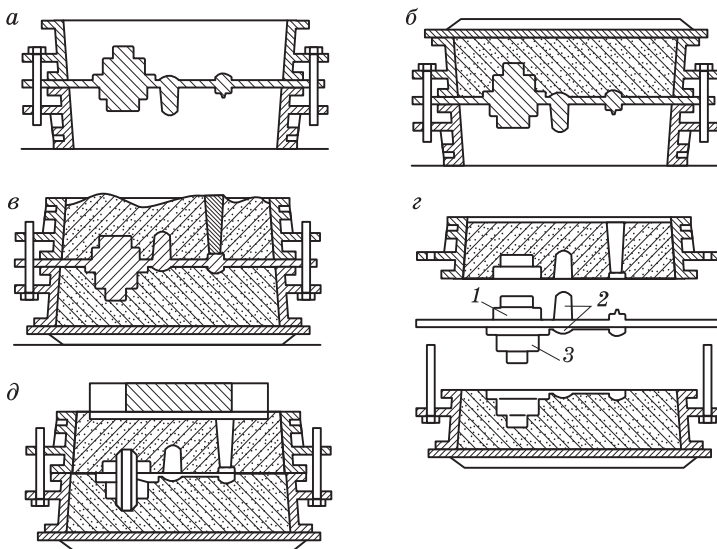


Рис. 2.29. Операции изготовления безопочных форм

воздухом и накрывают верхней. С собранной формы снимают опоки и надевают стальной жакет, а перед заливкой кладут груз (рис. 2.29, д).

Для предохранения от сдвига верхней полуформы относительно нижней, а также с целью предотвращения прорыва металла по разъему формы на модельных плитах для безопочной формовки делают уступы с замком до 10 мм и уклоном 45°.

Безопочная формовка существенно облегчает выбивку форм, устраняет необходимость в наличии большого парка опок, их складировании, освобождает производственные площади цеха. В настоящее время этот способ лежит в основе работы формовочных автоматов FBO для изготовления безопочных форм с горизонтальной плоскостью разъема.

2.2.5. Пескометное уплотнение литейных форм

Для изготовления крупных и средних форм в единичном и серийном производстве применяют *пескометы* — формовочные машины, выполняющие две функции: наполнение опоки формовочной смесью и ее уплотнение. Основным рабочим органом пескометов является метательная головка (рис. 2.30), в которую ленточным транспортером 4 подается формовочная смесь. В стальном кожухе вращается ковш, который прикреплен к вращающемуся на валу 7 ротору. При быстром вращении ковша (около 1500 об/мин) непрерывно поступающая через отверстие в задней стенке кожуха формовочная смесь разделяется на порции, собирается в ковше в пакеты и с силой выбрасывается через выходное отверстие в опоку. Скорость выброса пакета смеси из метательной головки и ее направление, а также скорость возвратно-поступательного движения головки над опокой определяют качество уплотнения формы пескометом.

Условно процесс пескометного уплотнения можно разбить на три последовательно протекающих этапа:

- 1) процессы, протекающие в смеси на роторе пескомета;
- 2) процессы, происходящие при сходе смеси с ротора;
- 3) процессы, происходящие при попадании смеси в уплотняемую форму.

Струя смеси, попавшая в ротор с быстро вращающимся ковшом, под действием центробежных сил прижимается к направляющей дуге 2 (рис. 2.30), образуя пакет с различной по длине

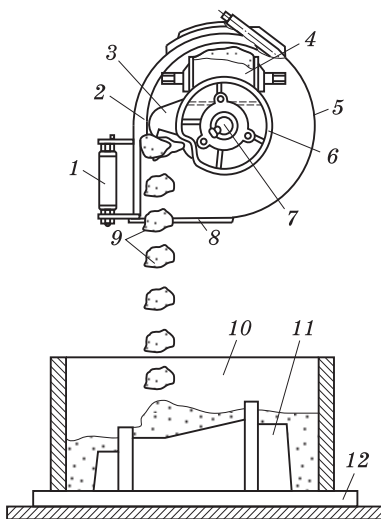


Рис. 2.30. Схема пескометного уплотнения смеси в опоке:

1 — рукоятка; 2 — направляющая дуга; 3 — ковш; 4 — ленточный транспортер подачи смеси; 5 — стальной кожух; 6 — ротор; 7 — вал электродвигателя; 8 — выходное отверстие; 9 — пакет смеси; 10 — опока; 11 — модель; 12 — модельная плита

плотностью. Более уплотнен слой смеси, контактирующий с направляющей дугой, так как на него действует давление вышележащих слоев пакета. Степень уплотнения смеси в пакете зависит от радиуса, на котором лежит данный слой пакета. Для обеспечения более благоприятных условий движения и направления выхода смеси лопатка-ковш на роторе закрепляется под углом $15...20^\circ$. Установлено, что пакет смеси сходит с лопатки-ковша пескомета как целое тело. При встрече пакета с моделью или с ранее уплотненными слоями смеси вследствие торможения в нем возникают инерционные силы, приводящие к его уплотнению и внедрению в уже уплотненную нижележащую смесь. Существует эмпирическая формула, связывающая плотность формы и энергию подающего пакета:

$$\delta_{\Pi} = 1 + CE^{0,08} \text{ [кг/м}^3\text{]}, \quad (2.9)$$

где C — коэффициент уплотняемости смеси, $C < 0,4...0,6$; E — кинетическая энергия пакета, Дж: $E = mv^2/2$; m — масса одного пакета, кг; v — абсолютная скорость схода пакета, м/с.

Уравнение (2.9) справедливо для скоростей схода $v = 30 \dots 35$ м/с, являющихся главным фактором, влияющим на формирование абсолютной величины плотности формы, полученной пескометным методом.

Степень уплотнения формы связана также со скоростью горизонтального перемещения пескометной головки под опокой. Оптимальной является такая скорость головки ($0,4 \dots 0,6$ м/с), при которой каждый последующий пакет ложится рядом с предшествующим. Если же скорость перемещения головки ниже оптимальной, то при набивке формы пакеты будут падать друг на друга, образуя конус смеси. Очередной пакет в этом случае, соскальзывая по поверхности такого конуса, теряет скорость и разрыхляется. В результате форма уплотняется неравномерно, многие ее части остаются недоуплотненными.

На степень уплотнения оказывает влияние расстояние от пескометной головки до плоскости набивки, с увеличением которого плотность смеси в опоке несколько уменьшается. Связано это со снижением скорости пакета вследствие сопротивления воздуха.

При уплотнении с помощью *узкоковшового пескомета* (ширина ковша $80 \dots 100$ мм) формовку следует начинать с самых низких частей формы, т.е. сначала наносят смесь на модельную плиту в промежутки между моделями и между моделью и опокой. Верхний уровень смеси должен быть одинаковым по всей форме в любой момент формовки. При соблюдении правильных режимов пескометной формовки степень уплотнения смеси по высоте формы достаточно равномерная.

Пескометное уплотнение позволяет обеспечивать высокую производительность (до 25 м^3 смеси в час) операции формовки, поэтому данный способ целесообразно применять в цехах крупного литья при формовке в почве или для изготовления особо крупных опочных форм.

С целью повышения производительности пескометной формовки (до 170 м^3 смеси в час) и использования этого способа на автоматических линиях предложено применять так называемые *широковшовые пескометры*. Они конструктивно отличаются от обычных пескометров тем, что ковш, ротор и в целом метательная головка имеют ширину, равную длине опоки. В настоящее время созданы ширококовшовые пескометры с шириной ковша от $0,62$

до 1,3 м, которые уплотняют формы размером от $800 \times 700 \times 300$ до $1700 \times 1300 \times 210$ мм. К недостаткам таких пескометов следует отнести повышенный износ модели, ковшей и сменных дуг.

2.3. Анализ качества форм, уплотненных различными способами

Качество уплотненных форм можно оценивать по плотности: средней плотности, плотности в наиболее трудноуплотняемом месте по контуру модели, равномерности распределения плотности. Эффективность того или иного способа формовки устанавливается, как правило, в результате анализа средней плотности по высоте формы.

Как уже отмечалось, прессовые способы уплотнения как с нижним, так и с верхним прессованием отличаются неравномерностью распределения плотности по высоте опоки (рис. 2.31, *а, б*). При этом наибольшая плотность создается в слоях, близких к поверхности, передающей силовое воздействие (прессовой колодке или модели), и по мере удаления от нее уменьшается вследствие торможения смеси о стенки опоки. По мере удаления от прессующего органа плотность смеси уменьшается. Од-

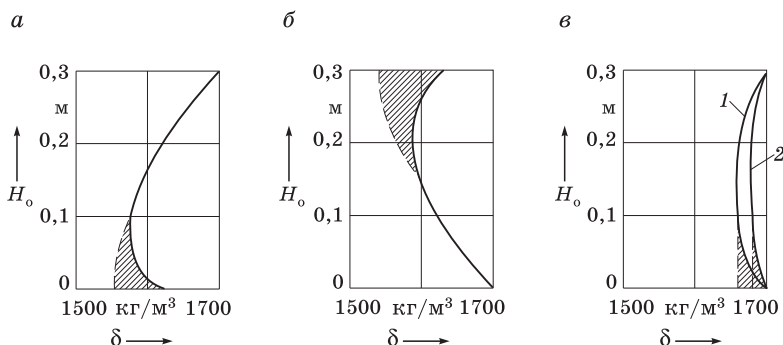


Рис. 2.31. Распределение плотности δ формовочной смеси по высоте H_0 опоки:

а — верхнее прессование при среднем давлении; *б* — нижнее прессование при среднем давлении; *в* — верхнее прессование при повышенном давлении (кривая 1); Seiatsu-процесс (кривая 2)

нако при встрече с моделью этот параметр снова возрастает. Это связано с тем, что при встрече смеси с моделью или модельной плитой возникают силы инерции, способствующие увеличению плотности смеси. Как видно из данных, представленных на рис. 2.31, *в*, повышение давления прессования, как и увеличение текучести смесей, приводит к выравниванию плотности смеси по высоте формы. Аналогичный характер имеет распределение плотности при последовательном, скоростном, двустороннем прессовании, прессовании многоплунжерной и лопастной головками, гибкой диафрагмой и контурной плитой, а также Seietsu-процессом.

Как уже отмечалось, одним из недостатков встряхивающих способов формовки является неравномерность степени уплотнения смеси по высоте опоки (рис. 2.32, *а*). Наибольшее уплотнение имеет место в нижней части, у модельной плиты, так как при ударе на этот слой действует сила инерции всей массы смеси, находящейся в опоке. По мере удаления от модельной плиты кверху плотность смеси уменьшается и верхний слой почти совсем не уплотняется, так как масса его незначительна. Поэтому после уплотнения встряхиванием верхний слой обычно доуплотняется подпрессовкой (кривая 1 на рис. 2.32, *б*). В этом случае давление прессовой колодки передается по всей высоте формы. Еще более равномерной и бóльшей по абсолютной величине является плотность формы, полученной встряхиванием с прессово-ударным уплотнением (кривая 2 на рис. 2.32, *б*).

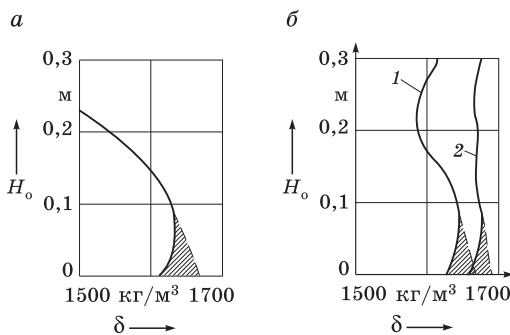


Рис. 2.32. Распределение плотности формовочной смеси по высоте опоки:

а — встряхивание; *б* — встряхивание с подпрессовкой (кривая 1); встряхивание с прессово-ударным уплотнением (кривая 2)

При использовании гравитационного способа степень уплотнения формы зависит не только от высоты падения, но и от массы смеси и высоты опоки (рис. 2.33). Метод эффективен только для высоких форм.

Плотность формы на ладе при использовании импульсной формовки существенно зависит от высоты формы (рис. 2.34). Связано это с тем, что чем ниже форма, тем меньше перепад давления газа по ее высоте, скорость газа и удельные (отнесенные к единице площади поверхности формы) инерционные силы. При импульсном процессе с высоким давлением газа первый фактор оказывает меньшее влияние, так как высокие скорости нарастания давления позволяют получать большой перепад и в относительно низкой опоке. Особенно сильно влияние высоты опоки сказывается при импульсном процессе низкого давления.

При использовании пескодувного способа степень уплотнения зависит не только от высоты опоки или стержневого ящика, но и от места расположения вентиляционных отверстий. При нижней вентиляции максимальное уплотнение получается в нижней части ящика или у модельной плиты (рис. 2.35, кривая 1), где градиент давлений и кинетическая энергия струи наибольшие. По мере наполнения опоки или стержневого ящика смесью степень ее уплотнения уменьшается в связи со снижением скорости песчано-воздушной струи. В самой верхней части плотность

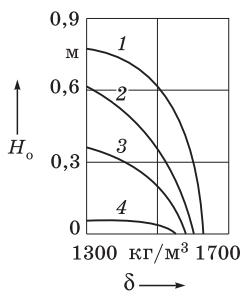


Рис. 2.33. Распределение плотности смеси по высоте опоки при гравитационном способе уплотнения в зависимости от массы смеси:
1 — 250 кг; 2 — 200 кг; 3 — 120 кг; 4 — 40 кг (высота падения 3 м, размеры опоки в свету 530 × 420 мм)

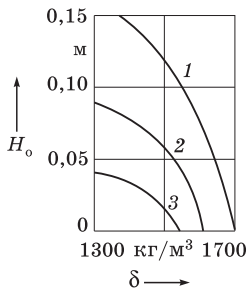


Рис. 2.34. Распределение плотности смеси по высоте опоки при импульсном уплотнении в зависимости от начальной высоты столба:
1 — 0,27 м; 2 — 0,15 м;
3 — 0,01 м ($p_{\max} = 0,6$ МПа)

несколько увеличивается за счет возрастания перепада давления на уровне пескодувный резервуар — вдувные отверстия.

При верхней вентиляции (рис. 2.35, кривая 2) наблюдается более равномерное распределение степени уплотнения по высоте оснастки. Однако в нижней ее части также происходит некоторое уменьшение плотности смеси, объясняемое малой скоростью песчано-воздушной струи в начале процесса истечения.

Применение пескодувно-прессового уплотнения литейных форм приводит к увеличению плотности смеси и ее относительно равномерному распределению по высоте оснастки (рис. 2.35, кривая 3).

Распределение степени уплотнения по объему набитой песком литейной формы достаточно равномерное (рис. 2.36, кривая 1). В верхней части опоки непосредственно под крестовинами и особенно в местах пересечения крестовин наблюдается небольшое уменьшение степени уплотнения. Если набивка опоки производится неподвижной пескометной головкой, то уплотнение под крестовинами падает особенно резко (рис. 2.36, кривая 2). Поэтому набивку необходимо производить, не прекращая равномерного перемещения головки (скорость 0,4...0,6 м/с) над опокой. В этом случае смесь, находящаяся под крестовинами, дополнительно уплотняется за счет бокового давления рядом лежащих слоев формы.

Таким образом, анализируя равномерность распределения степени уплотнения по объему форм, изготовленных тем или иным способом, можно с достаточной степенью достоверности прогно-

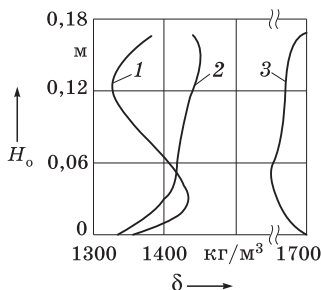


Рис. 2.35. Распределение плотности смеси по высоте оснастки при пескодувном процессе уплотнения:
1 — нижняя вентиляция;
2 — верхняя вентиляция;
3 — пескодувно-прессовое уплотнение

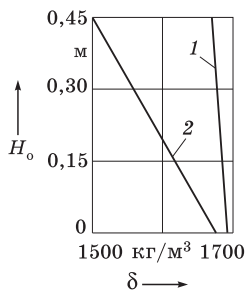


Рис. 2.36. Распределение плотности смеси по высоте формы при пескометном уплотнении

зировать возможность получения отливок высокого качества без наличия таких дефектов, как искажение геометрических размеров отливок, засоры, земляные раковины и др.

2.4. Специальные способы уплотнения литейных форм

2.4.1. Вакуумно-пленочный процесс

Суть вакуумно-пленочного процесса (V-процесса) формовки заключается в использовании синтетических полимерных покрытий (пленок) и вакуума для получения сухих литейных форм без связующего материала. Достигается это путем создания избыточного напряжения сжатия между песчинками за счет вакуума в сыпучем огнеупорном наполнителе формы.

Опыт эксплуатации V-процесса у нас в стране и за рубежом показал, что по сравнению с традиционными способами формообразования он имеет ряд существенных преимуществ:

- отпадает необходимость в связующих материалах, смесе-приготовительном и выбивном оборудовании;
- повышается качество и точность отливок, так как их получение осуществляется в сухих вакуумируемых формах;
- уменьшаются припуски на механическую обработку отливок;
- сокращается расход песка (2...5%).

Данный способ не лишен и недостатков:

- повышенный расход электроэнергии;
- запыленность рабочего места при засыпке опоки песком и ее выбивке;
- возможность образования газовых дефектов в отливке вследствие термодеструкции синтетических пленок;
- необходимость использования сложной в изготовлении модельно-опочной оснастки.

Для реализации процесса вакуумной формовки изготавливаются специальные пустотелые опоки и подмодельные вакуумированные камеры, а в моделях выполняются вертикальные отверстия, сообщающиеся с полостью формы.

Последовательность операций вакуумной формовки представлена на рис. 2.37. Модельная плита 2 с закрепленной на ней моделью 1 монтируется на вакуумируемой камере 3, полость которой соединена сквозными каналами с поверхностью плиты и модели (рис. 2.37, *а*). Синтетическую пленку 5 толщиной 0,05...0,10 мм и площадью поверхности, равной площади модельной плиты в плане, в течение нескольких секунд нагревают электрическим нагревателем 4 до перевода пленки в пластиче-

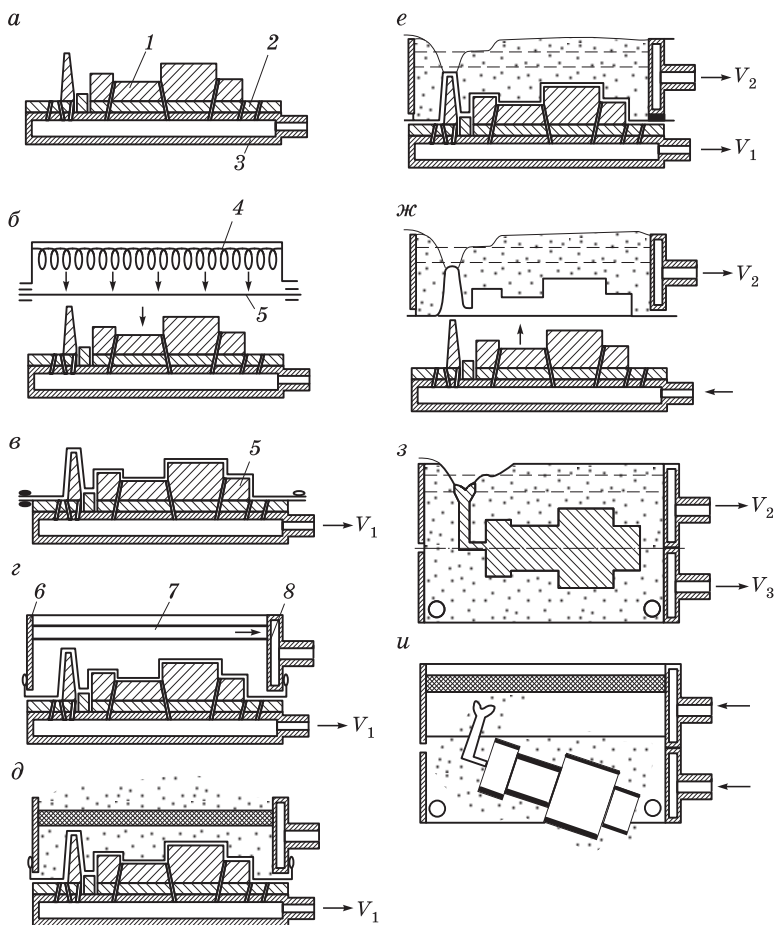


Рис. 2.37. Последовательность операций при вакуумной формовке (V_1 , V_2 , V_3 — вакуумные насосы)

ское состояние (рис. 2.37, б). Пленку накладывают сверху на модель (рис. 2.37, в), а полость камеры 3 подключают к вакуумному насосу (вакуум порядка 50 кПа). При этом пленка плотно облегает поверхность модельной плиты и модели, точно воспроизводя их контуры.

На модельную плиту устанавливают опоку 6, которая через вытяжную камеру соединена трубопроводом 7 с коллектором 8 отсасывающего устройства (рис. 2.37, г). В опоку засыпают сухой мелкозернистый песок (кварцевый, цирконовый, оливиновый и т.д.) без связующего материала и уплотняют его легкой вибрацией (рис. 2.37, д).

Далее отформовывают литниковую чашу, удаляют избыток песка из полуформы, накладывают на ее поверхность синтетическую пленку (можно без предварительного ее нагрева) и уплотняют формовочный материал подключением опоки к вакуумному насосу (рис. 2.37, е).

В результате вакуумирования полуформа приобретает прочность, после чего модельную плиту отключают от вакуумного насоса, снимают с нее готовую полуформу, верхняя и рабочая поверхности которой покрыты синтетической пленкой (рис. 2.37, ж). Аналогично изготавливают вторую полуформу, а затем из них собирают форму, предварительно покрасив рабочую поверхность пленки самовысыхающим противопопригарным покрытием. В процессе сборки формы, заливки ее металлом и кристаллизации отливки опоки подключены к вакуумным насосам (рис. 2.37, з).

Процесс выбивки формы (рис. 2.37, и) заключается в том, что насосы отключаются, а песок и отливка удаляются из опок.

Вакуумно-пленочный процесс не исключает возможности использования стержней и холодильников, которые устанавливают в нижнюю опоку перед сборкой формы. Он имеет ряд технологических особенностей, влияющих на условия получения качественных отливок. В первую очередь следует отметить, что в момент заливки формы металлом пленка разрушается, вызывая местную разгерметизацию формы. А поскольку сама форма находится под разрежением, то создается целенаправленный поток воздуха из атмосферы цеха через открытые прибыли и выпор внутрь формы. Этот поток воздуха, движущийся навстречу потоку металла, затрудняет заполнение формы, приводит к захвату металлом воздуха и образованию в отливке крупных газовых

раковин. Для устранения этого недостатка борьбу с преждевременным разрушением пленки ведут обычно следующим образом: во-первых, увеличивают скорость заливки (примерно в 2 раза по сравнению со скоростью заливки в песчано-глинистые формы); во-вторых, наносят на пленку со стороны, соприкасающейся с песком, огнеупорное покрытие толщиной 0,3...0,5 мм; в-третьих, выбирают наиболее рациональное место подвода металла к телу отливки и практикуют наклонную заливку форм.

Способ вакуумной формовки можно использовать для получения отливок практически из любых сплавов, при любом уровне серийности (от индивидуального до высокomeханизированного или автоматизированного крупносерийного производства), без каких-либо ограничений в отношении толщины стенки отливки. Однако имеются ограничения по сложности, высоте и конфигурации отливок.

Расширению технологических возможностей V-процесса способствует использование газифицируемых моделей, что особенно важно при изготовлении тонкостенных отливок с развитой поверхностью. Для реализации таких способов формовки газифицируемую (пенополистироловую) модель 8 (рис. 2.38) помещают в опоку 7, которую заполняют формовочным песком 6. Перфорированное дно опоки покрыто тонкой металлической сеткой. Верхняя поверхность формы, исключая литниковый канал 3 и отверстие 2 для прибыли, покрыты газонепроницаемой пленкой 1. Газифицируемая модель выполняется как одно целое

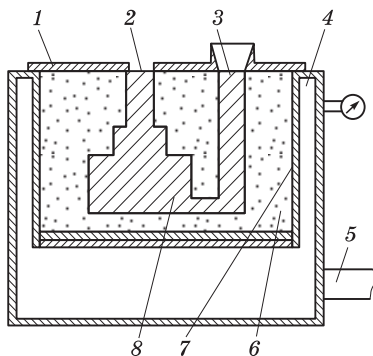


Рис. 2.38. Форма, полученная V-процессом с использованием газифицируемой модели

с литниковой системой. Перед заливкой формы расплавом камеру 4 вакуумируют через трубопровод 5. Как правило, газифицируемые модели перед установкой в опоку покрывают противопригарной краской. При заливке формы расплавом газы, выделяющиеся в процессе деструкции модели, удаляются через систему вакуумирования, что предотвращает образование газовых дефектов в теле отливки.

2.4.2. Магнитная формовка

Магнитная формовка является разновидностью способа производства отливок по газифицируемым моделям, который заключается в применении неразъемной формы с пенополистироловой моделью, не извлекаемой из формы перед заливкой. Обычно при использовании газифицируемых моделей в качестве формовочной смеси применяется сухой сыпучий огнеупорный материал (как правило, кварцевый песок без связующего), что существенно упрощает технологию формовки и выбивки отливок из форм. Но при производстве сложных и крупных отливок в формах с таким наполнителем возникают трудности, связанные с тем, что при заполнении формы расплавом нарушается ее равновесие и она обваливается, что приводит к образованию в отливке земляных раковин.

Для устранения этого недостатка в середине 60-х годов XX в. было предложено осуществлять формовку газифицируемых моделей в ферромагнитных сыпучих материалах (стальная или чугунная дробь) с упрочнением формы в магнитном поле.

Суть магнитной формовки (рис. 2.39) заключается в том, что в контейнер-опоку 4 помещают модель 3 из пенополистирола, выполненную совместно с литниковой системой, и засыпают ее ферромагнитным формовочным материалом 2. Далее контейнер помещают в магнитное поле электромагнита 1, под действием которого металлические дробинки намагничиваются и прочно сцепляются между собой, в результате чего форма приобретает объемную прочность. После заливки формы расплавом, кристаллизации и охлаждения отливки магнитное поле снимают, и дробь, размагничиваясь, свободно высыпается из контейнера. Затем дробь охлаждается и снова поступает на формовку.

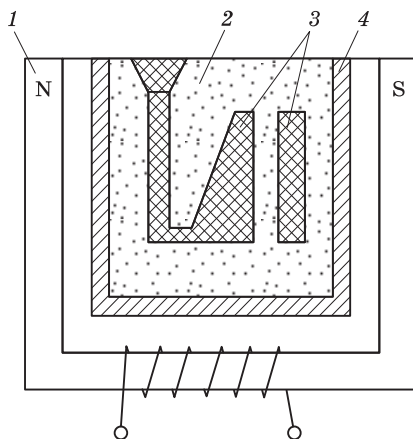


Рис. 2.39. Схема магнитной формовки

Достоинствами данного способа являются:

- возможность получения отливок с высокой размерной точностью;
- уменьшение объема очистных работ;
- исключение образования газовых раковин в отливках;
- сокращение цикла формовки и периода охлаждения отливки благодаря повышенной теплоаккумулирующей способности формы;
- существенное снижение (по сравнению с прессованием или встряхиванием) энергозатрат на изготовление форм.

Кроме того, способ магнитной формовки достаточно легко поддается комплексной механизации и автоматизации (рис. 2.40), что позволяет использовать его как в мелкосерийном, так и в массовом производстве отливок.

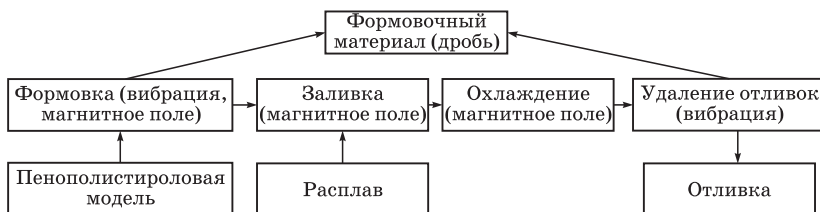


Рис. 2.40. Схема потоков в автоматической установке магнитной формовки

На эффективность процесса магнитной формовки влияет ряд факторов: материал и режим уплотнения формы; значение магнитной индукции; покрытие модели; тип и размер литниковой системы; положение модели в форме.

При выборе положения модели в форме следует учитывать не только возможность создания минимальной напряженности газового режима, но и возможность равномерного виброуплотнения наполнителя по всей поверхности модели и наиболее благоприятного расположения ее относительно магнитного потока при заливке формы.

Основными критериями при выборе материала формы являются магнитные свойства металлических наполнителей, определяющие прочность формы, а также дисперсность, оказывающая основное влияние на газопроницаемость формы. Кроме того, формовочный материал должен обладать высокой степенью размагничивания (магнитомягкий материал) для обеспечения разупрочнения формы после образования твердой корки металла кристаллизующейся отливки. Всеми перечисленными свойствами обладают такие сыпучие дисперсные ферромагнитные материалы, выпускаемые промышленностью для очистки отливок и для порошковой металлургии, как дробь стальная и чугунная колотая или литая, порошок железный (ПЖ), имеющий преобладающие размеры частиц 0,16...0,40 мм.

Для обеспечения высокого качества поверхности отливок, получаемых в магнитных формах, газифицируемые модели окрашиваются, как правило, быстросохнущими термостойкими противопожарными красками. Упрочнение магнитной формы до заливки и ее разупрочнение после охлаждения отливки происходят практически мгновенно и без механических усилий. Быстрое охлаждение отливки в форме и легкая выбивка ее создают возможность закалки или нормализации отливок из стали непосредственно после выбивки без повторного нагрева.

Технологии извлечения моделей из полуформ

2.5.

При изготовлении форм вручную процесс формовки включает около 100 различных операций. Использование же современных формовочных машин позволяет резко сократить количество операций и механизировать наиболее трудоемкие и тяжелые из них: уплотнение формовочной смеси в опоке, извлечение модели из полуформы, поворот нижних полуформ и их соединение с верхними. При этом применяют в основном две разновидности машинной формовки: раздельное изготовление полуформ на двух формовочных машинах и изготовление форм на одной машине.

Извлечение моделей из форм на всех формовочных машинах механизировано, а применяемые для этих целей механизмы подразделяют на две группы:

- 1) без поворота полуформы перед извлечением модели — штифтовой, штифтовой с протяжной плитой, рамочный;
- 2) с поворотом полуформы перед извлечением модели — с помощью поворотной плиты машины, после переворота механизмов уплотнения смеси и вытяжки модели, с помощью перекидного стола.

Схема штифтового съема заформованных полуформ представлена на рис. 2.41. Формовочная машина оснащена четырьмя штифтами, закрепленными на общей раме и установленными

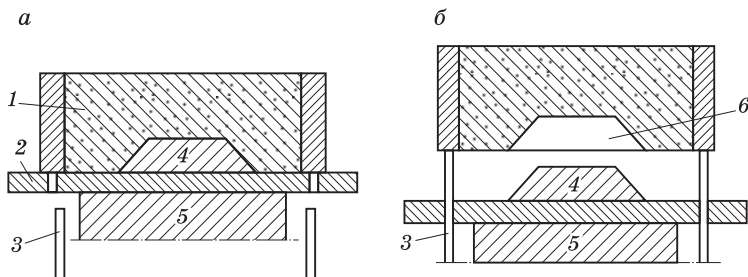


Рис. 2.41. Схема штифтового съема полуформы:

а — после уплотнения; б — после извлечения модели; 1 — полуформа; 2 — модельная плита; 3 — штифты; 4 — модель; 5 — стол машины; 6 — полость формы

строго на одном уровне. Штифты, проходя через отверстия или вырезы в модельной плите, поднимают полуформу. При этом стол машины с закрепленной на ней модельной плитой остается неподвижным. Подъем штифтов осуществляется с помощью пневматического или пневмогидравлического привода. Штифтовой съем полуформ применяют, как правило, при формовке простых и невысоких моделей, когда отсутствует опасность разрушения краев полости формы при извлечении из нее модели.

В случае формовки отливок сложной конфигурации и с малым уклоном вертикальных стенок (зубчатые колеса с литым зубом, корпуса радиаторов и др.) для извлечения модели из уплотненной полуформы используют штифтовой съем протяжной плитой (рис. 2.42).

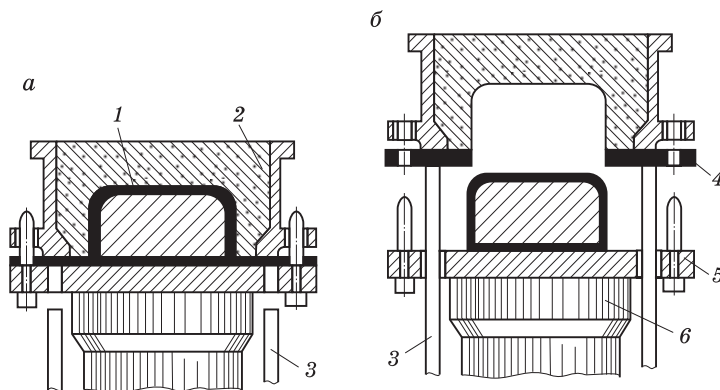


Рис. 2.42. Схема извлечения модели протяжной плитой:

а — после уплотнения; *б* — после извлечения модели; 1 — модель; 2 — полуформа; 3 — штифты; 4 — протяжная плита; 5 — модельная плита; 6 — стол машины

При формовке сложных моделей для их извлечения из форм может быть использована схема с проваливающейся моделью (рис. 2.43). После уплотнения смеси в опоке 1 модель 3 опускается специальным механизмом через прорези в неподвижной модельной плите 2, которой поддерживаются снизу выступающие части формы, что предотвращает возможность их обвала.

При изготовлении нижних полуформ извлечение моделей из них обычно осуществляют с помощью поворотного стола (рис. 2.44).

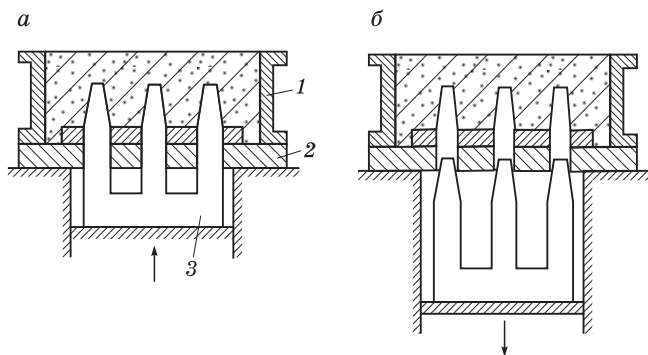


Рис. 2.43. Схема извлечения из полуформы проваливающейся модели:
 а — после уплотнения; б — после извлечения модели

После уплотнения формовочной смеси в опоке поворотный стол 4 с закрепленными на нем модельной плитой 3 и полуформой 2 поворачивается на 180° и располагается над приемным столом 5. Опока, отсоединенная от модельной плиты на приемном столе, опускается, и модель 1 извлекается из полуформы.

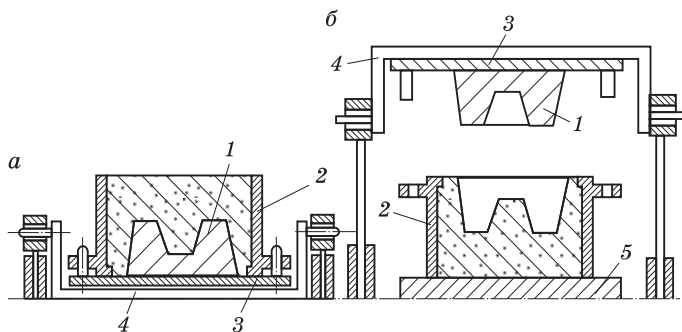


Рис. 2.44. Схема извлечения модели на машине с поворотным столом:
 а — после уплотнения; б — после извлечения модели

В некоторых конструкциях современных формовочных машин извлечение модели из полуформы осуществляется с помощью поворотной колонны (рис. 2.45). После уплотнения смеси в опоке (рис. 2.45, а) полуформа 2 вместе с модельной плитой, встряхивающе-прессовым механизмом 3 и прессовой колодкой 1

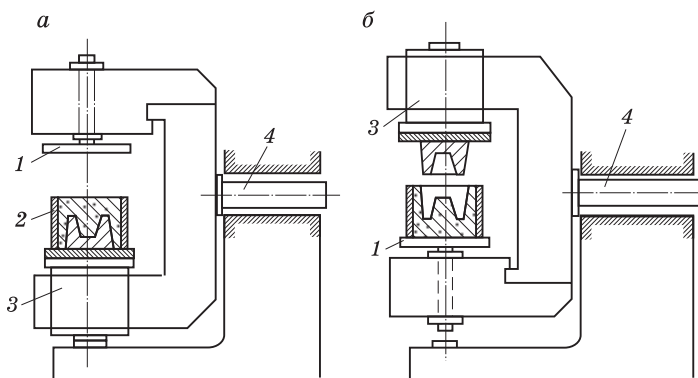


Рис. 2.45. Схема извлечения модели на машине с поворотной колонной:

а — после уплотнения; б — после извлечения модели

поворачивается в цапфе 4 на 180° (рис. 2.45, б). После освобождения полуформы от пневмозажимов она на прессовой колодке опускается вниз, что обеспечивает плавное извлечение модели. Готовая полуформа транспортируется на сборку, а встряхивающе-прессовый механизм возвращается в исходное положение.

На некоторых встряхивающих формовочных машинах, применяемых при изготовлении нижних полуформ, извлечение моделей осуществляется с помощью перекидного стола (рис. 2.46), обеспечивающего выдачу полуформ разъемом вверх, т.е. в положение, удобное для установки стержней и сборки форм. Кроме

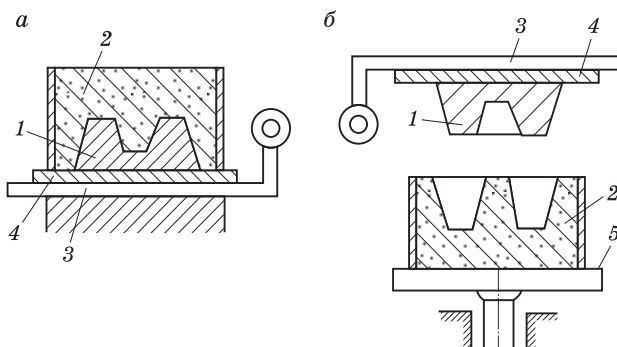


Рис. 2.46. Схема извлечения модели из формы на машине с перекидным столом

того, эти машины (так же, как и машины с поворотной плитой и поворотной колонной) следует применять при формовке моделей со сложной конфигурацией, когда в нижней полуформе имеются массивные и высокие сырые выступающие части формы, а также при использовании подсушиваемых, химически твердеющих и самотвердеющих смесей. После уплотнения смеси в опоке (рис. 2.46, а) стол 3 машины с закрепленной модельной плитой 4 и полуформой 2 перекидывается на вынесенный в сторону приемный стол 5 (рис. 2.46, б), который для этой цели поднимается вверх. После отсоединения опоки от модельной плиты приемный стол с полуформой 2 опускается вниз, способствуя извлечению из нее модели 4.

При использовании машинной формовки для облегчения извлечения модели из полуформы применяют пневматические, турбоинерционные или электрические вибраторы, обеспечивающие вибрацию модельной плиты и нарушение тем самым адгезионных связей между ней и формовочной смесью.

В современных формовочных машинах, выпускаемых большинством зарубежных фирм, предусматривается наличие специальных систем слежения за процессом протяжки. Это, как правило, электронные системы, обеспечивающие движение протяжки по заданному графику скоростей движения модели относительно заформованной опоки. Кроме того, контролируется перекос формы относительно модели и, если это происходит, осуществляется регулирование отклонения осей до достижения заданного предела. Использование подобных электронных систем слежения и регулирования позволяет получать сложные формы с большими болванами и тонкими ребрами, как, например, у корпусов электродвигателей.

Комплексно-механизированные и автоматизированные линии изготовления литейных форм

2.6.

Рациональное использование формовочных машин является большим резервом в деле повышения эффективности литейного производства и зависит от режима работы литейного цеха. При

единичном и мелкосерийном производстве отливок обычно применяют *ступенчатый режим*, когда все операции выполняют на одних и тех же площадях, но в разные смены. Так, в первую смену производят формовку и сборку, изготовление стержней, приготовление смесей, во вторую — плавку и заливку форм, а в третью — выбивку отливок из форм, подготовку наполнительной смеси, подготовку рабочих мест. Очистку и обрубку отливок обычно производят в две смены (первую и вторую). При ступенчатом режиме (рис. 2.47) формовочные машины 2 используются только в одну смену, а располагают их в формовочном пролете, где изготавливают, собирают и заливают литейные формы 1. Выбивают формы на выбивной решетке 3, куда их транспортируют краном 4. Тем же краном пустые опоки подают к формовочным машинам.

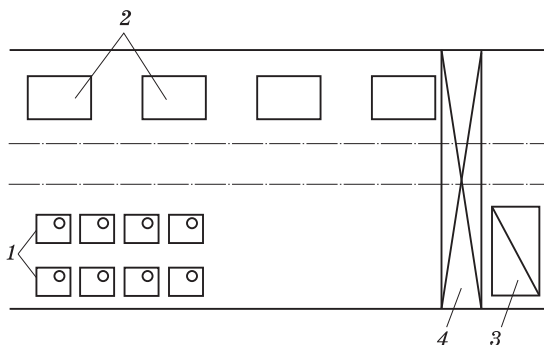


Рис. 2.47. Схема организации формовочного участка при ступенчатом режиме работы цеха

В современных литейных цехах с серийным, крупносерийным и массовым характером производства технологический процесс изготовления отливок ведется по параллельному режиму с применением поточных методов производства. При этом все операции процесса механизированы и автоматизированы и выполняются одновременно, но на разных площадях. Следовательно, оборудование и производственные площади можно использовать в течение двух смен, а в третью смену производить профилактический ремонт оборудования. При параллельном режиме работы цеха отделения работают в едином производственном потоке

на литейном конвейере или на автоматической формовочной линии.

В литейных цехах применяют линии всевозможного назначения и состава. Наряду с поточными механизированными формовочными линиями, на которых лишь часть операций формовки механизирована, имеются комплексные автоматические линии, где все процессы — от изготовления формы до получения охлажденной отливки и подачи ее на очистные операции — автоматизированы.

Механизированные формовочные линии дают наибольший эффект в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства, как это имеет место, например, в станкостроительной отрасли. Такие линии подразделяются на линии, в которых сборка форм производится вне транспортирующего устройства, и линии, в которых сборка форм осуществляется непосредственно на формовочном конвейере.

В первом случае (рис. 2.48, *а*) выбитые на решетке 8 опоки в собранном виде подаются на рольганг 7, с которого верхняя опока с помощью подъемника на монорельсе 6 снимается и пере-

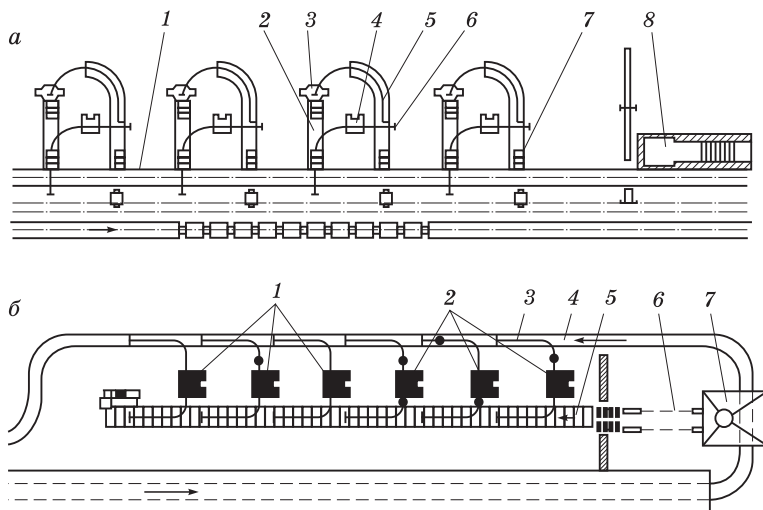


Рис. 2.48. Схема механизированных формовочных линий:
а — со сборкой форм вне конвейера; *б* — со сборкой форм на литейном конвейере

мещается к формовочной машине 4, где изготавливаются верхние полуформы. Нижняя опока по монорельсу 5 подается к машине 3 для изготовления нижних полуформ. На линиях такого типа используются, как правило, встряхивающие формовочные машины с подпрессовкой. Заформованная нижняя опока поступает на рольганг 2, где производится ее отделка, ремонт, установка стержней и верхней полуформы на нижнюю. Готовая форма подается на формовочно-литейный конвейер 1, который перемещает ее на заливочный участок.

По второй схеме (рис. 2.48, б) выбитые на позиции 7 опоки, проходя через распаровщик 6, поступают раздельно (верхняя и нижняя) на пластинчатый конвейер 5, который доставляет их к машинам формовки нижних 2 и верхних 1 опок. Заформованные нижние опоки с помощью подъемника и монорельса 3 устанавливаются на конвейер 4, где производится отделка, ремонт и установка стержней. По мере продвижения нижних полуформ по конвейеру осуществляется установка на них верхних, т.е. сборка форм, которые по этому же конвейеру транспортируются на заливку, охлаждение и выбивку.

Для изготовления крупных форм ($2000 \dots 3000 \times 1000 \dots 2500 \times 800 \dots 900$ мм) в составе механизированной линии целесообразно использовать прессовые или импульсные формовочные машины, а также пескометы. На рис. 2.49 приведена схема механизированной линии изготовления крупных форм с помощью пескометного уплотнения, состоящей из шестипозиционной

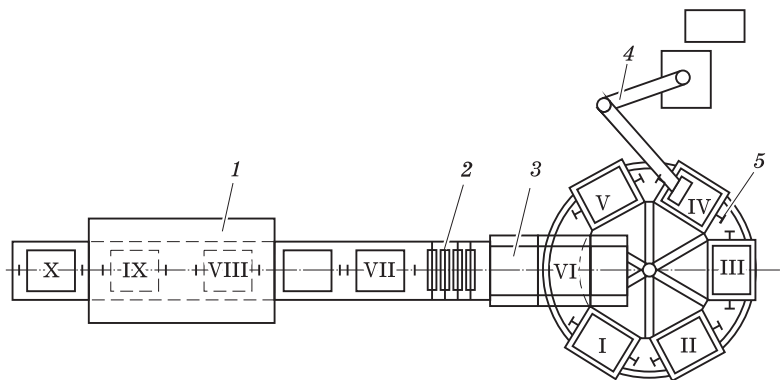


Рис. 2.49. Схема механизированной линии пескометной формовки

карусели 5, пескомета 4, кантователя 3, рольганга 2 и установки 1 для подсушки форм. На конвейере по рельсам с помощью гидравлического привода перемещаются шесть тележек, на которые установлены модельные плиты и опоки.

На позиции I на координатную плиту устанавливают модель и наносят на нее разделительное покрытие, обеспечивающее получение хорошего отпечатка формы. При повороте карусели на позицию II на плиту устанавливают опоку и наносят слой облицовочной смеси. Затем на позиции III на ребра опоки навешивают крючки и уплотняют путем вибрации слой облицовочной смеси. На позиции IV с помощью пескомета осуществляют уплотнение наполнительной смеси. Верхний слой формовочной смеси доуплотняют пневмотрамбовками на позиции V, после чего удаляют излишки смеси, накалывают иглой вентиляционные каналы, удаляют модели выпоров, прибылей и стояка. На позиции VI осуществляют кантовку полуформы, извлечение из нее модели и подачу по механизированному рольгангу 2 на позицию VII, где полуформа отделяется и окрашивается. На позициях VIII и IX в проходном сушиле в течение $(12...18) \cdot 10^2$ с осуществляется поверхностная подсушка полуформ. С позиции X готовые полуформы снимаются мостовым краном и транспортируются для сборки и заливки на плацу литейного цеха.

Несмотря на то что обе схемы механизированных формовочных линий требуют значительных затрат ручного труда, они достаточно широко используются в литейных цехах. Однако для существенного облегчения и повышения производительности труда, улучшения экологической атмосферы в литейных цехах все в больших масштабах применяются автоматизированные формовочные линии, в которых ручной труд может быть использован только на двух операциях: установке стержней и заливке металла в формы (но и эти операции могут осуществляться в автоматизированном режиме).

Автоматические формовочные линии (АФЛ) можно разделить по следующим признакам:

- по наличию опок — линии опочной и безопочной формовки;
- по принятому технологическому процессу изготовления форм — встряхивающе-прессовые, прессовые, пескодувно-прессовые, пескометные и т.д.;

□ по типу применяемого формовочного автомата — однопозиционные, многопозиционные, проходные, челночные, карусельные и т.п.;

□ по характеру применяемой модельной оснастки — с жестко установленной оснасткой, с быстросменной оснасткой, со скользящей оснасткой и др.;

□ по схеме транспортного потока — конвейерная линия с заливкой и охлаждением на замкнутом конвейере с жесткой связью (с непрерывно движущимся или пульсирующим перемещением конвейера) и с роликовым или тележечным перемещением форм (без жесткой связи); с расположением автомата вне или внутри конвейера.

Вне зависимости от того или иного признака любая опочная автоматическая формовочная линия включает:

□ автоматические устройства для выбивки и разделения опок (распаровщики);

□ транспортные устройства для доставки пустых опок к формовочным автоматам (в случае безопочной формовки надобность в этих устройствах отпадает);

□ формовочные автоматы для нижних и верхних полуформ с дозаторами формовочной смеси и устройствами для поворота (кантования) нижних опок и полуформ;

□ автоматические устройства для установки нижней полуформы на литейный или специальный сборочный конвейер (установщик полуформ);

□ сборочный конвейер, на котором производится установка стержней в нижнюю полуформу и сборка формы;

□ автоматическое устройство для сборки форм (сборщик форм) и установки собранных форм на литейный конвейер;

□ автоматическое устройство для нагружения форм перед заливкой;

□ заливочное устройство;

□ литейный конвейер с комплектом специализированных опок;

□ охлаждающую камеру;

□ пульт управления.

Ниже приведены примеры некоторых АФЛ, различающихся способом формообразования, расположением основных узлов и агрегатов.

На рис. 2.50 представлена схема автоматической формовочной линии, основным узлом которой является формовочный автомат EFA-SD4 4, позволяющий с помощью Seietsu-процесса (см. рис. 2.28) осуществлять формовку 120 форм/ч с размерами опок $750 \times 650 \times 250/250$ мм. Работа АФЛ происходит следующим образом. Охлажденные в формах отливки выбиваются в устройстве 1 путем выдавливания кома смеси и попадают на виброрешетку 2 и далее на операции обрубки и очистки. Формовочная смесь, просыпаясь через решетку, проходит полный цикл подготовки оборотной смеси (магнитная сепарация, обеспыливание, разрыхление, охлаждение, усреднение по влажности) и поступает в смесеприготовительный агрегат. Освобожденные от отливки и смеси опоки поступают в устройство 3, где осуществляется их распаривание, очистка внутренних полостей и контроль наружных контуров. Подготовленные таким образом опоки поступают последовательно (верх, низ) в зону действия формовочного автомата 4, где производится формовка верхней и нижней полуформ с помощью Seietsu-процесса. При этом формовочный автомат в обязательном порядке оснащается устройством 5 для автоматической быстрой замены модельной оснастки. Заформованные верхние полуформы устройством 6 передаются на ветку верхних опок, где с помощью механизма 8 осуществляется формовка в них заливочной чаши. В это же время на участке 7 производится установка стержней в нижние полуформы, которые затем устройством 9 перемещаются на соседнюю ветвь, где на них устанавливаются верхние полуформы. После срабатывания устройства скрепления верхних и нижних полуформ готовая форма поступает на участок заливки 10, где осуществляется ее заполнение расплавом. Залитые формы с помощью передаточной тележки 11 подаются на охлаждающие ветви 12, количество которых выбирается в зависимости от технологически необходимого времени охлаждения отливок в форме. После окончания процесса охлаждения литейная форма поступает в зону работы устройства выбивки. Таким образом, завершается полный рабочий цикл манипуляций с каждой парой опок, который для данного типоразмера составляет 90...110 мин. Автоматические формовочные линии могут оснащаться автоматическим устройством для простановки стержней в нижнюю полуформу, а также автоматической заливочной машиной.

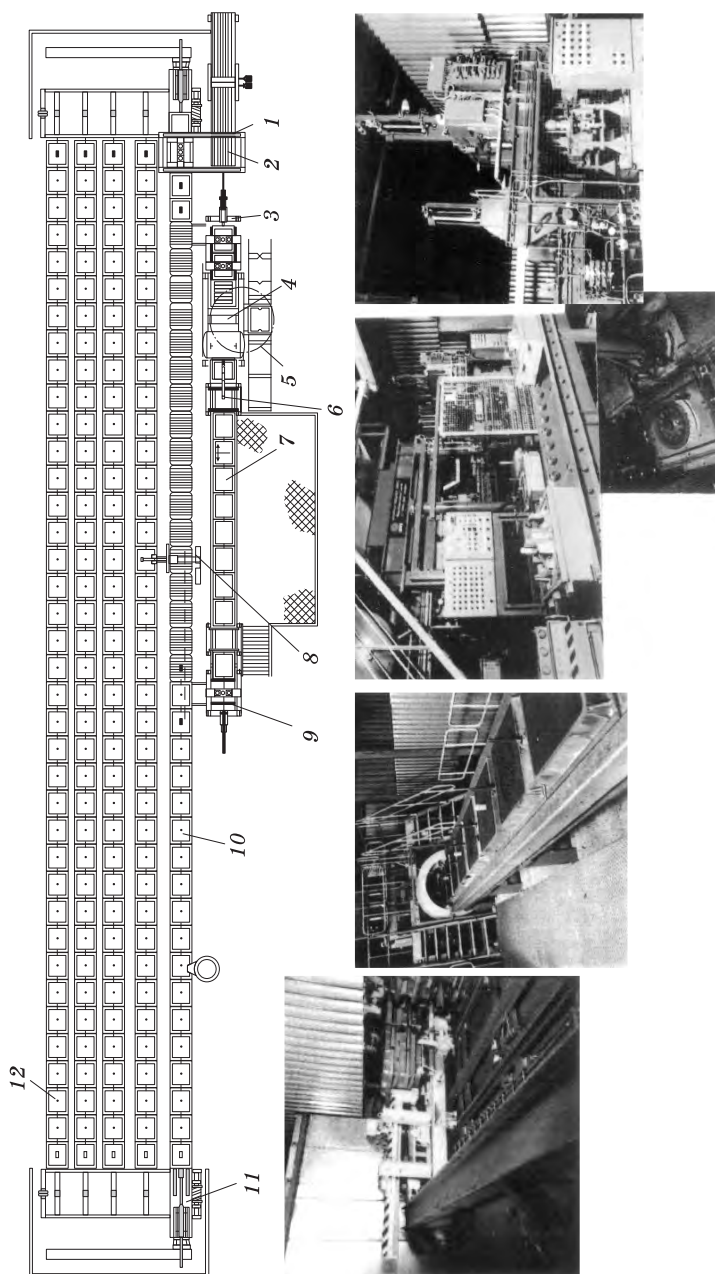


Рис. 2.50. Схема опочной автоматической формовочной линии на базе формовочного автомата EFA-SD4 (HWS, Германия)

В настоящее время широко распространены, особенно в литейных цехах массового и крупносерийного производства, автоматические линии безопочной горизонтально- и вертикально-стопочной формовки, которые используют, как правило, для получения массовых отливок из различных сплавов массой до 50 кг. При этом такие АФЛ работают на базе формовочных автоматов с различными принципами уплотнения. Так, например, компания Disa (Дания) использует пескодувно-прессовый метод (см. рис. 2.26), а компания Sinto (Япония) — Seiatsu-процесс (см. рис. 2.28).

На рис. 2.51 представлен общий вид АФЛ Disa, включающий пескодувно-прессовый формовочный автомат 6 челночного типа, который в пульсирующем режиме выдает безопочные формы на транспортную ветвь. На участке заливки автоматическая заливочная установка 5 осуществляет заполнение расплавом форм, которые после охлаждения отливок поступают в охлаждаемый выбивной барабан «Дисакул» 3, где осуществляется отделение отливок от смеси, размельчение комьев, окончательное охлаждение смеси и отливки, гомогенизация оборотной смеси, которая затем поступает в систему 2 финишной подготовки оборотной смеси и смеситель 1, где осуществляется ее перемешивание с освежающими материалами и получение высококачественной ПГС, которая далее поступает в формовочный автомат. Отливки из устройства «Дисакул» поступают в дробеметную машину 4 для поверхностной очистки и далее — на операции покраски, контроля качества отливок и складирования.

Примером безопочной формовки с горизонтальной плоскостью разъема может служить АФЛ на базе формовочного автомата FBO (рис. 2.52), работающего по принципу пескодувно-прессового уплотнения.

Формовка осуществляется в двух опоках, которые удаляются после сборки формы. На первой стадии (рис. 2.52, а) верхняя опока со вдувными отверстиями устанавливается на двустороннюю модельную плиту, лежащую на нижней опоке, также имеющей вдувные отверстия. На второй стадии (рис. 2.52, б) собранные таким образом опоки вместе с модельной плитой поворачиваются на 90° и устанавливаются под вдувными отверстиями пескодувной головки. Параллельно осуществляется операция, связанная с подведением прессовых плит к контрладам верхней

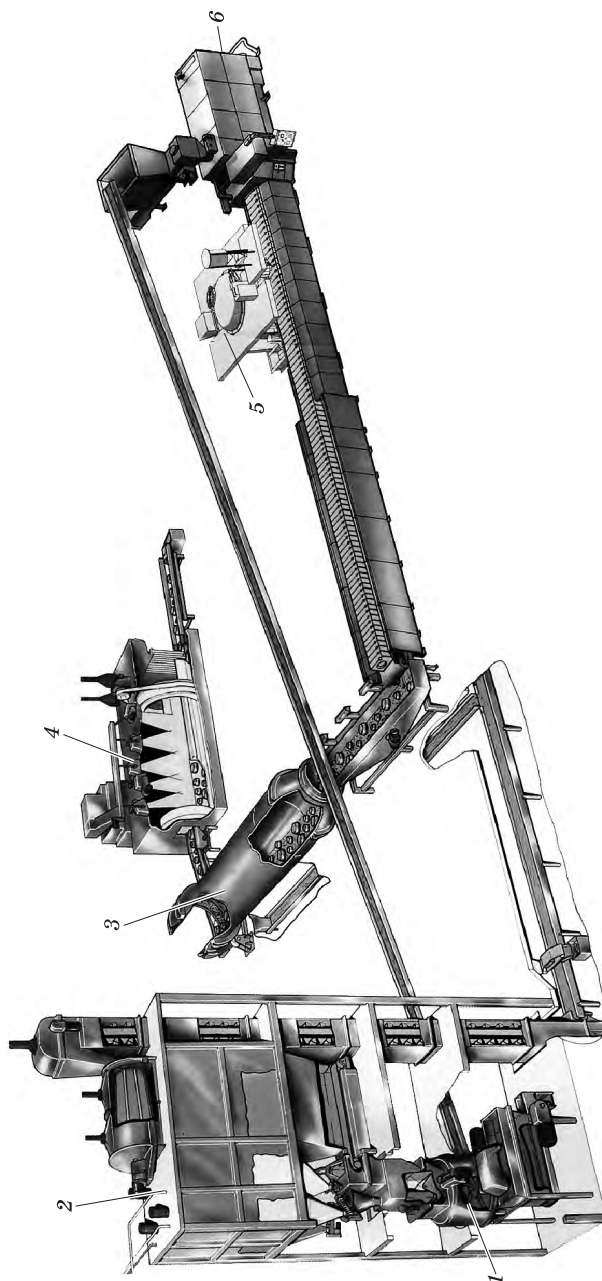


Рис. 2.51. Общий вид автоматической формовочной линии Disa

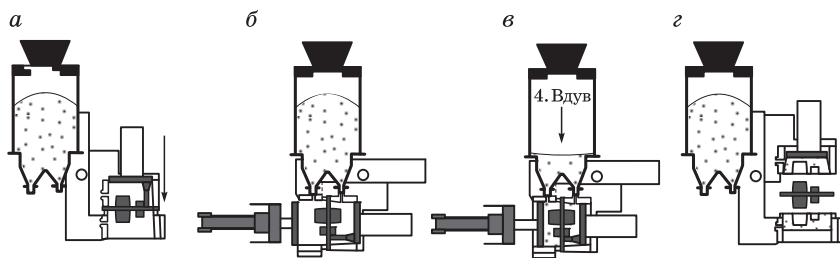


Рис. 2.52. Последовательность операций формовки на автоматах FBO

и нижней опок. На третьей стадии (рис. 2.52, в) производится пескодувное заполнение смесью всего объема верхней и нижней полуформ. После этого с помощью горизонтальных прессовых плит осуществляется уплотнение формы, после завершения которого верхняя и нижняя полуформы возвращаются в исходное положение (рис. 2.52, г), где осуществляется протяжка модели и освобождение верхней и нижней полуформ от опок. Полученный верхний ком смеси устанавливается на нижний, образуя готовую безопочную форму с горизонтальной плоскостью разъема, которая из автомата поступает на тележку транспортного конвейера и далее на операции заливки, охлаждения и выбивки.

Отличительной чертой формовочных автоматов серии FBO является то, что они легко встраиваются в любую конвейерную ветвь, оснащенную тележками или площадками. В целом АФЛ на базе формовочного автомата FBO может выглядеть следующим образом (рис. 2.53): FBO 1 располагается возле литейного конвейера; на позиции 2 автомата осуществляется укладка стержней в нижнюю полуформу; собранная безопочная форма 3 с горизонтальной плоскостью разъема подается на тележку конвейера и с помощью устройства 4 нагружается перемещаемым с ветви 6 грузом. Подготовленные таким образом безопочные формы поступают на участок заливки 5, откуда залитые формы с помощью системы адресователей подаются на охлаждающую ветвь 6 и далее в зону выбивки 7.

Весьма интересны и эффективны разработки РУП «Институт БелНИИлит» в области производства машин вертикально-стопочной формовки (ВСФ) и автоматических линий на их основе, на которых могут изготавливаться такие ответственные отливки,

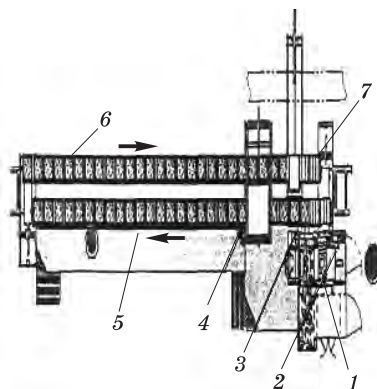


Рис. 2.53. Схема АФЛ на базе формовочного автомата FBO

как поршневые кольца, седла клапанов, соединительные части отопительных радиаторов и котлов, крышки, фланцы и др.

Отличительной особенностью стопочной формовки является то, что наполнительная рамка 4 находится под опоклой 2 (рис. 2.54, а), что делает необходимым осуществление весьма точного дозирования подаваемой в опоку смеси. После установки опоки на прессовый стол 5 машины производится ее заполнение точно отдозированным количеством смеси (рис. 2.54, б). После этого прессовый стол прижимает опоку со смесью к верхней неподвижной модельной плите 1 (рис. 2.54, в). В результате происходит уплотнение смеси, которая вытесняется из наполнительной рамки 3 до тех пор, пока нижняя модельная плита 4 не сравняется с ладом опоки. Далее при включенных вибраторах 6 прессовый стол возвращается в исходное положение. При этом осуществляется протяжка моделей, а заформованная опока автоматически подается на сборку стопки. Для получения высококачественной формы необходимо использовать ПГС со следующими свойствами: прочность на сжатие 0,09...0,12 МПа, формуемость $\geq 7,0\%$, уплотняемость $\geq 40\%$, газопроницаемость ≥ 120 ед., осыпаемость $\leq 1,0\%$, влажность 3,0...4,0%.

Отличительной особенностью такого способа формовки является то, что можно добиться достаточно равномерной степени уплотнения по высоте всей стопочной формы (разброс твердости по высоте опоки не превышает 15%), что позволяет стабилизировать качество всех получаемых отливок.

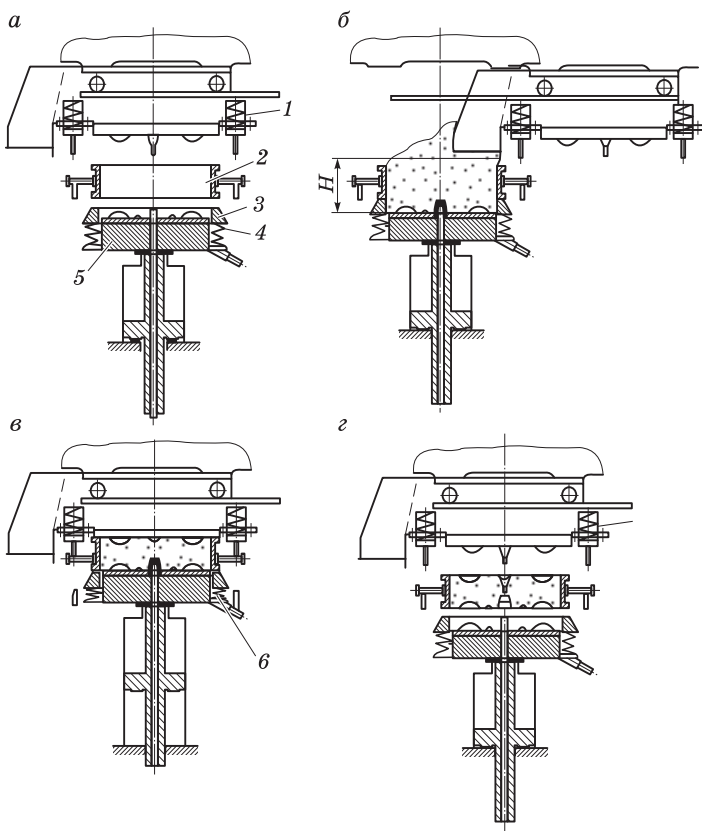


Рис. 2.54. Формовка с двусторонним отпечатком модели:

а — подача опоки, *б* — засыпка формовочной смеси; *в* — нижнее и верхнее прессование; *г* — вытяжка моделей; 1 — модельная плита верх; 2 — опока; 3 — наполнительная рамка; 4 — модельная плита низа; 5 — прессовый стол; 6 — вибраторы

На базе ВСФ создана гамма автоматических формовочных линий, схема одной из которых представлена на рис. 2.55. Она имеет следующие основные характеристики: размеры опок в свету $395 \times 345 \times 30/40$ мм; количество форм в стопке 17–19 шт.; производительность 20 стопок в час.

Работа такой АФЛ осуществляется следующим образом. После выбивки стопки и ломки стояков с помощью механизма 5 отливки подаются на участок финишной обработки, а пустые опоки

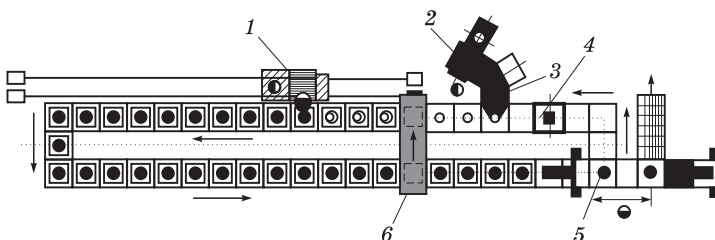


Рис. 2.55. Автоматическая линия вертикально-стопочной формовки

передаются к устройству центровки опок, а затем в зону действия формовочной машины 2. После формовки каждая опока с помощью механизма сборки форм 3 собирается в стопку, состоящую из 17–19 форм. Собранная стопка, попадая в зону действия механизма перемещения грузов-чаш 6, автоматически нагружается и поступает в зону заливки, где с помощью либо автоматического, либо механизированного заливочного устройства 1 заполняется расплавом. После этого механизм передачи залитых стопок перемещает стопку на ветвь охлаждения и выбивки. По окончании процесса охлаждения отливок грузоукладчик перемещает груз на незалитые формы, а охлажденная стопка с помощью манипулятора подается на агрегат выбивки и ломки стояков 5. Далее цикл повторяется.

В последние годы все большее распространение в литейных цехах находят автоматические формовочные линии, работающие на базе V-процесса. Этот процесс стал особенно популярным в связи с тем, что его использование позволяет решать многие проблемы литейщиков всего мира, основные из которых — загрязнение окружающей среды, экономия песка, связующих материалов, энергии. Кроме того, использование этой технологии позволяет свести к минимуму потери из-за брака отливок по газовым дефектам, горячим трещинам и др. В связи с этим V-процесс востребован для изготовления в автоматическом режиме работы формовочной линии таких сложных и ответственных отливок, как стальные железнодорожные рамы и балки для тележек грузовых вагонов, стальные корпуса арматуры для нефтегазового и энергетического комплексов, чугунные строительные и художественные отливки. Учитывая это, японская корпорация «Синто Кокио» и ее европейская компания «Генрих Вагнер Синто»

создали на базе V-процесса гамму АФЛ, успешно работающих в различных странах мира (Япония, США, Россия, Украина, Казахстан и др.).

На большинстве АФЛ укладка стержней осуществляется вручную и является ответственной, но утомительной и монотонной операцией, связанной с перемещением большого количества стержней и требующей постоянного внимания. В настоящее время на некоторых автоматических линиях используются специальные механизмы — стержнеукладчики и даже робототехнические комплексы укладки стержней в полуформы.

Одним из первых был пневмомеханический стержнеукладчик, применяемый в автоматической формовочной безопочной линии (АФБЛ) модели Disamatic 2032. Он представляет собой полуавтоматическое устройство, включающее собственно стержнеукладчик и вакуумный насос. Стержнеукладчик состоит из рамки-макета 5, механизма поступательного перемещения рамки, поворотного рычага 3 и вакуумной системы (рис. 2.56). Работа

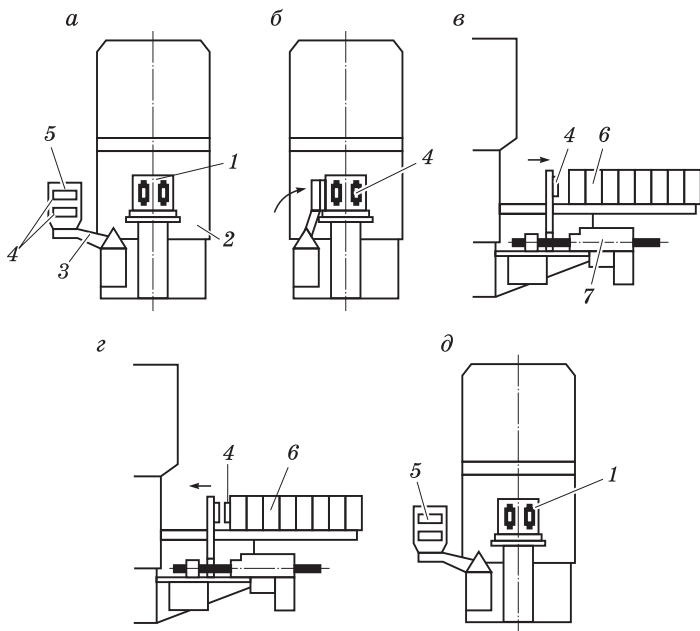


Рис. 2.56. Схема укладки стержней в безопочные формы с вертикальной плоскостью разреза

стержнеукладчика взаимосвязана с циклом работы автомата безопочной формовки 2.

На первой операции оператор укладывает стержни в рамку-макет 5, которая имитирует вертикальный разъем безопочной формы 1 и перемещается с помощью рычажного механизма 3 (рис. 2.56, а). Стержни 4 располагаются вертикально и удерживаются за счет вакуума, создаваемого отдельно стоящим вакуумным насосом. Установка стержней в рамку-макет производится во время закрытия формовочной камеры 2, надува в нее смеси, двустороннего прессования и вытяжки моделей. Непосредственная установка стержней в полость безопочной формы осуществляется после выталкивания формы из формовочной камеры и сборки ее со стопкой 6 ранее изготовленных форм. На второй операции рамку-макет с уложенными стержнями оператор двумя клапанами приводит в движение. Стержневая рамка с помощью рычажного механизма 3 поворачивается и входит внутрь стопки форм в момент открытия формовочной камеры (рис. 2.56, б).

На третьей операции рамка-макет со стержнями 4 перемещается вперед к стопке форм 6 (рис. 2.56, в). Как только рамка-макет касается формы, срабатывает клапан, и стержни входят в посадочные места полости формы, после чего отключается вакуумный насос и стержни остаются в форме.

На четвертой операции оператор изменяет направление движения рамки: она начинает двигаться назад к формовочному автомату (рис. 2.56, г). И, наконец, на пятой операции рамка поворачивается и занимает исходное положение (рис. 2.56, д).

Укладка стержней в безопочные формы с горизонтальной плоскостью разъема производится следующим образом (рис. 2.57). Формы изготавливаются пескодувно-прессовым способом по двусторонней модели. Для этого в конструкции автомата безопочной формовки 2 предусматриваются верхняя 4 и нижняя 10 пескодувные головки с пескодувными плитами 5. Уплотнение смеси производится в верхней 3 и нижней 11 формовочных камерах. После уплотнения смеси происходит вытяжка моделей. По окончании вытяжки двусторонняя модель 1 смещается на боковую позицию I. Изготовленная нижняя полуформа 9 также выдвигается на боковую позицию II, а на ее место штоком 8 подается такая же, изготовленная ранее нижняя полуформа 7, но уже с уложенным стержнем 12. После этого происходит сборка нижней полуформы.

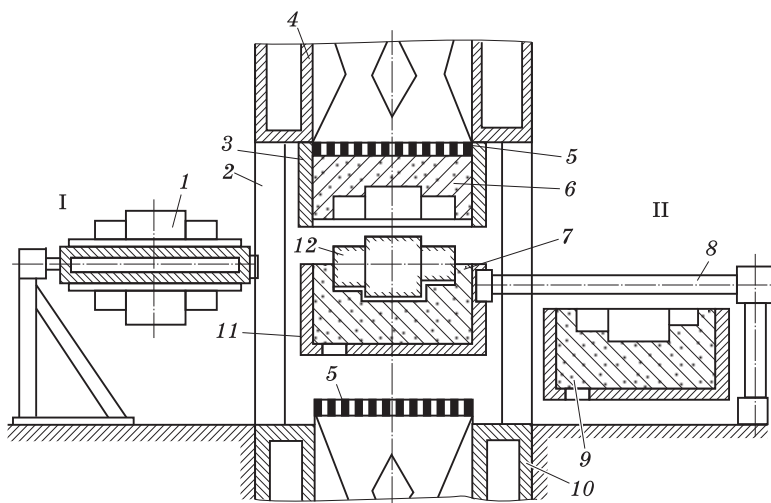


Рис. 2.57. Схема укладки стержней в безопочные формы с горизонтальной плоскостью разъема

Готовая нижняя полуформа поступает на позицию укладки стержней. Для обеспечения работы формовочного автомата нижние полуформы изготавливают предварительно или верхние полуформы 6 поступают к месту сборки с некоторым отставанием по циклу.

Роботизированный комплекс укладки стержней в полуформы (рис. 2.58) включает литейный конвейер 1 с установленными полуформами 2, робота-укладчика 3 стержней, подвесной кон-

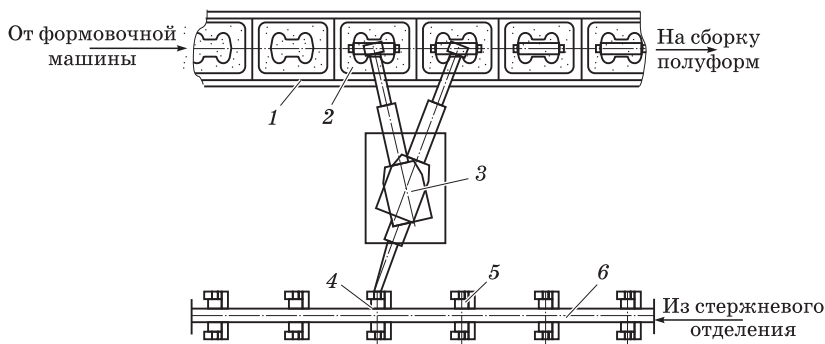


Рис. 2.58. Роботизированный комплекс укладки стержней в полуформы

вейер 6 с транспортными плитами 5 и уложенными стержнями 4. Вакуумное устройство робота захватывает стержень, переносит его к литейному конвейеру и укладывает в полуформу.

Требования безопасности труда

2.7. при машинной формовке

При машинной формовке необходимо строго соблюдать основные требования безопасности.

1. Перед началом работы надеть и привести в порядок спецодежду и обувь, застегнуть обшлага рукавов, заправить одежду, убрать волосы под плотно облегающий головной убор.

2. Проверить наличие на рабочем месте опок, модельных комплектов, инструмента и приспособлений для изготовления отливок, проверить состояние модельных плит, моделей и опок (нет ли трещин, забоин, заусенцев и т.д.).

3. Проверить исправность шлангов для подвода сжатого воздуха, надежность их присоединения к штуцерам; не присоединять и не отсоединять шланг при открытом вентиле воздухопровода, а при перерывах в работе закрывать вентиль воздухопровода.

4. Произвести наружный осмотр узлов и механизмов формовочной машины, в том числе защитных ограждений и устройств, убедиться в их исправности.

5. Чтобы предотвратить самопроизвольное включение машины, пусковые рукоятки необходимо снабжать предохранительными дугами или специальным предохранительным запором.

6. При работе на одной машине двух рабочих или при обслуживании двух машин одним вспомогательным рабочим необходимо четко определить операции и последовательность их выполнения и строго соблюдать установленный порядок.

7. При работе на машинах, имеющих устройство для прессования смеси, нельзя впускать сжатый воздух под поршень, не установив траверсу в рабочее положение.

8. На формовочных машинах с поворотным или перекидным столом нельзя поворачивать стол, не проверив закрепление опки на модельной плите.

9. При работе на встряхивающих машинах с перекидным столом формовщик не должен находиться в зоне действия поворотно-вытяжного механизма.

10. Необходимо следить за тем, чтобы колеса тележек передвижных пескометов имели ограждение со стороны рельсовых путей и с боков.

11. Метательная головка пескомета должна иметь оградительный кожух, предохраняющий рабочего от травмирования в случае разрыва лопастного колеса и выброса смеси.

12. После окончания работы следует отключить оборудование, очистить машину от остатков формовочной смеси, закрыть вентили на магистралях сжатого воздуха, сообщить сменщику и мастеру обо всех замеченных неисправностях.



ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ

3.1. Классификация литейных стержней

Литейный стержень — это элемент литейной формы, образующий в отливке отверстие, полость, а иногда и сложную наружную поверхность. В большинстве отливок стержень полностью, кроме знаков, фиксирующих его положение в форме, заливается сплавом, в результате чего он подвергается механическим нагрузкам и воздействию высокой температуры. Поэтому требования к качеству стержней выше, чем к качеству формы, образующей наружные поверхности отливки.

Качество стержней определяется их высокой прочностью, газопроницаемостью, податливостью, низкой гигроскопичностью и выбиваемостью.

Прочность стержней обеспечивается в основном наличием связующего в стержневой смеси и уплотнением ее в стержневом ящике. При уплотнении смеси происходит сближение зерен песка, покрытых влагой (водой, связующим), возникают силы сцепления, увеличивается прочность. Прочность стержней в сыром состоянии зависит от величины и формы зерен песка смеси, количества и качества связующего, количества воды и качества перемешивания смеси. Прочность сухих стержней также зависит от вида и количества связующего, температуры и продолжительности сушки. При необходимости прочность стержней увеличивают армированием металлическими каркасами.

Стержни должны обладать высокой *газопроницаемостью*, так как при заливке формы они окружены расплавом, поэтому газы, выделяемые из всего объема, должны хорошо фильтроваться через стержень и удаляться через его знаковые части. Низкая газопроницаемость может вызвать газовые раковины в отливке. Газопроницаемость зависит от формы зерен песка, однородности зерновых составляющих, содержания глинистых веществ в смеси и может быть повышена путем искусственного изготовления в стержнях специальных газоотводных каналов.

Податливость — уменьшение стержней в объеме под действием усадки остывающей отливки. Хорошей податливостью обладают стержни из смесей со связующими, теряющими прочность при нагреве, а также с органическими добавками (древесные опилки, торф и др.). Особенно важно обеспечивать хорошую податливость стержней при изготовлении тонкостенных отливок, склонных к образованию в них горячих трещин.

Гигроскопичность, характеризующая способность стержней поглощать влагу из окружающей атмосферы или из формы, является нежелательным свойством, так как помимо снижения сухой прочности стержней она повышает газотворность и возможность образования в отливке газовых дефектов. Стержневые смеси с глиной, СДБ, декстрином и некоторыми другими связующими обладают повышенной гигроскопичностью, в связи с чем их хранение в цеху, а также нахождение в собранной сырой песчано-глинистой форме должно быть ограничено.

Выбиваемость, характеризующая способность смеси, из которой изготавливаются стержни, легко разрушаться и удаляться из отливок, во многом определяет трудоемкость операций очистки и обрубки отливок. Это свойство зависит в первую очередь от вида и количества в смеси связующих материалов. Лучшей выбиваемостью обладают стержни, изготовленные из песчано-смоляных смесей.

Наряду с отмеченными свойствами стержней немаловажное значение имеют и такие свойства, как *газотворная способность*, *осыпаемость*, *прочность в нагретом состоянии*. Необходимо стремиться к использованию в составах смесей связующих материалов, обладающих минимальной газотворностью и способностью придавать стержням высокую поверхностную и объемную прочность как при комнатной температуре, так и в процессе заливки форм расплавом.

Все стержни, используемые в литейном производстве, можно классифицировать по ряду признаков.

По долговечности стержни подразделяются на две группы: *разового* и *многоразового использования*. Первые изготавливают, как правило, на основе неметаллических наполнителей и различных связующих материалов и используют при получении отливок как в разовых формах, так и в кокилях. Стержни многоразового использования изготавливают в основном

из чугуна или стали и применяют в большинстве случаев при получении кокильных отливок.

В настоящее время известно большое количество составов стержневых смесей разового использования, которые могут применяться для изготовления сплошных (объемных), пустотелых и оболочковых неразъемных или сборных стержней.

Неразъемные стержни изготавливают в одном ящике и устанавливают в форму без прикрепления к ним дополнительных частей. Сборные стержни получают соединением различными способами нескольких отдельно изготовленных стержней. При этом соединение осуществляют простым наложением одного стержня на другой, склеиванием, скреплением стяжками и другими способами.

Пустотелые стержни бывают с внутренними открытыми или закрытыми полостями, которые часто заполняют недефицитными материалами с низкой газотворностью (бой стержней, шлак, отходы кокса и т.д.). Этим достигается не только экономия стержневой смеси, но и увеличение податливости и газопроницаемости стержней, а также улучшение их выбиваемости.

Стенки *оболочковых стержней* делают толщиной 6...12 мм, что, во-первых, существенно уменьшает расход смеси, во-вторых, обеспечивает их хорошую податливость и выбиваемость из отливок.

По объему стержневой смеси и массе все стержни можно разделить на четыре группы (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Группы стержней по объему и массе

Группа стержней	Объем стержней, 10^{-3} м^3	Масса стержней, кг
Мелкие	До 1,6	До 2,5
	1,6...6,3	2,5...10,0
Средние	6,3...16	10...25
	16...40	25...63
Крупные	40...100	63...160
	100...250	160...400
Особо крупные	Свыше 250	Свыше 400

По сложности конфигурации и условиям работы в литейной форме, а также требованиям к качеству литой поверхности все стержни делятся на пять классов (см. ч. 1, гл. 10).

В зависимости от назначения стержни делятся на пять видов: центровые, наружные, литниковые, подкладочные и вспомогательные.

Центровой стержень 1 (рис. 3.1, а) применяют для образования в отливках внутренних полостей, отверстий и углублений.

Наружный стержень 2 (рис. 3.1, б) служит для оформления наружных выступающих поверхностей отливок. Применяют такие стержни в случаях, когда необходимо упростить конструкцию модели и облегчить тем самым технологический процесс формовки.

Литниковые стержни (рис. 3.1, в) оформляют некоторые элементы питающей системы отливок: литниковые 3 и выпорные 4, фильтровальные сетки 5, питатели 6, прибыли 7 и др.

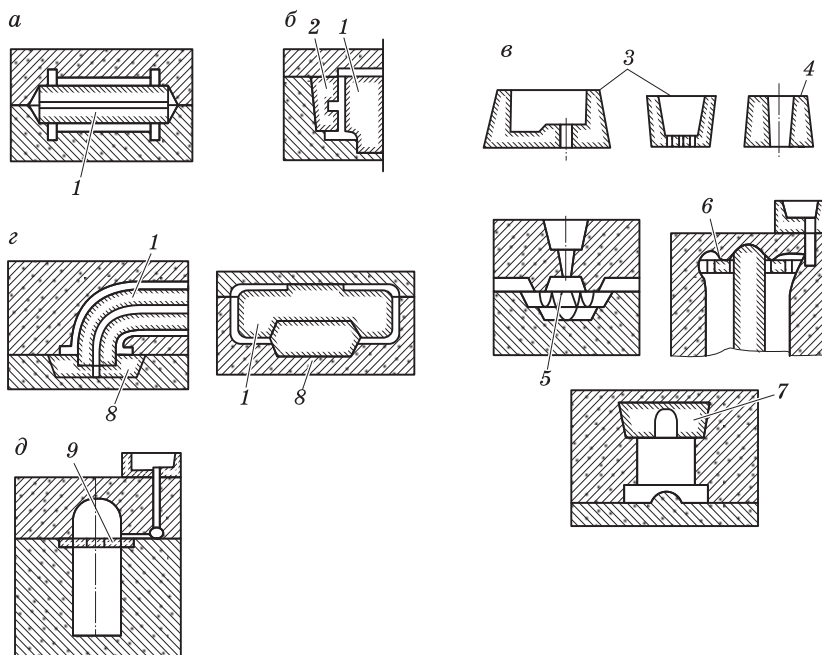


Рис. 3.1. Виды стержней

Подкладочные стержни 8 (рис. 3.1, *г*) предназначены для восприятия нагрузки основного крупного стержня *1*, а также для упрочнения отдельных мест формы, испытывающих большое гидростатическое давление металла.

Вспомогательные стержни 9 (рис. 3.1, *д*) не оформляют внутренних или внешних очертаний отливки, а служат для заделки подъемов каркасов, вентиляционных каналов, образования легкоотделяемых прибылей.

По серийности производство стержней может быть *единичным, мелкосерийным, серийным, крупносерийным и массовым*.

Единичными являются стержни для отливок, изготавливаемых по разовым заказам, т.е. по несколько штук. В основном это отливки для ремонтных работ и для изготовления опытных образцов станков, машин и механизмов.

Стержни мелкосерийного производстве изготавливают небольшими партиями, причем возможно повторное изготовление этих стержней. Такие стержни используют для отливок, применяемых в тяжелом и энергетическом машиностроении, станкостроении и т.п.

В серийном производстве стержни изготавливают партиями по несколько сотен штук, причем ежемесячно или ежеквартально изготовление этих стержней повторяется. Такие стержни применяют при изготовлении отливок для серийно выпускаемых станков, строительных и дорожных машин и т.п.

Крупносерийное производство стержней характеризуется большими партиями изготавливаемых стержней (десятки тысяч штук) с обязательным повторением их производства через определенные промежутки времени. Такие стержни применяют для изготовления отливок, предназначенных для сельскохозяйственного, транспортного машиностроения и других отраслей.

К стержням массового производства относят стержни, изготавливаемые большими партиями (100 тыс. и более штук в год). Это прежде всего стержни для производства отливок, предназначенных для автомобиле-, тракторо- и моторостроения.

Конструктивные и технологические элементы стержней

Конструкция стержней должна обеспечивать минимальные отклонения размеров отверстий, полостей и других частей отливки, устанавливаемые стандартом. Изготовление стержня ручным или машинным способом должно быть минимально трудоемким. Необходимым условием является простота стержневого ящика (отсутствие отъемных частей, впадин и выступов). При изготовлении стержней на машинах наличие выступов и впадин требует доуплотнения смеси под выступающими частями и в верхней части впадин.

В процессе изготовления мелких и средних стержней допускается только одна кантовка — при извлечении их из стержневого ящика. Для более крупных стержней следует предусматривать возможность их укладки на сушильную плиту в положении, соответствующем установке стержня в форму. При ручном изготовлении крупных массивных стержней их необходимо конструировать таким образом, чтобы при извлечении из стержневого ящика краном не осуществлялась операция кантовки, которая может привести к поломке и разрушению стержня. Если избежать кантовки невозможно, стержневой ящик снабжают специальными приспособлениями: цапфами, скобами и др.

При невозможности установить в литейную форму основной стержень 1 (рис. 3.2, а) для удобства сборки вводится вспомогательный стержень 2.

Прочность стержня — одно из основных требований к его конструкции. Следует по возможности избегать тонких перемычек между массивными частями стержней, приводящих к поломкам в тонкой части. Если технологически этого нельзя добиться, то стержень рационально разделять на две и более части. Разделение крупного стержня на несколько более мелких необходимо также, когда габариты ящика стержневой машины не позволяют изготавливать цельный крупный стержень. В случае, когда применение жеробеек для устойчивости стержня нежелательно, целесообразно объединять два и более стержня и изготавливать их как один цельный стержень с надежными стержневыми знаками, обеспечивающими хорошую фиксацию стержня в форме.

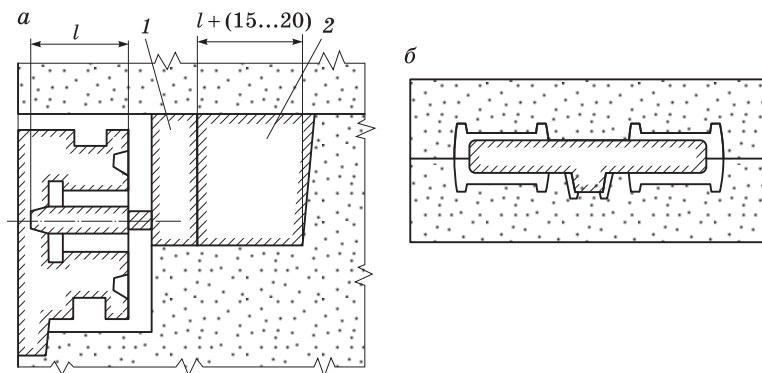


Рис. 3.2. Конструкции стержней, обеспечивающие удобство установки их в форму:

а — со вспомогательным стержнем; б — общий стержень на две отливки

Каждый стержень кроме основной части, оформляющей отверстия, полости и другие элементы отливки, должен иметь дополнительные части — **знаки**, служащие для фиксации устойчивого положения стержня в форме, а также вывода газов, выделяющихся из стержня при заливке формы расплавом. По расположению в форме различают *горизонтальные* (рис. 3.3, а) и *вертикальные* (рис. 3.3, б) стержни.

Правильность установки и надежность крепления стержней в форме обеспечиваются размерами знаков и устройством фиксаторов. Знаки должны быть таких размеров, чтобы выдерживать

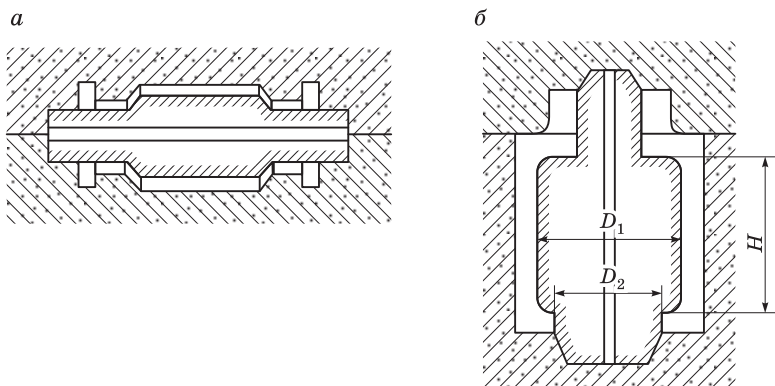


Рис. 3.3. Расположение стержня в форме

нагрузку от массы стержня, давления расплава на верхнюю платформу и стержень. Размеры знака стержня определяют исходя из наименьшей поверхности, при которой давление на участок формы, сопряженный со знаком стержня, не превышает 50...75% прочности формовочной смеси на сжатие ($\sigma_{сж}$). Площадь поверхности знака (S_n) в нижней полуформе (рис. 3.3, б) зависит от массы стержня (Q) и прочности формовочной смеси:

$$S_n = Q/\sigma_{сж}.$$

После заливки металла в форму стержень можно рассматривать как тело, погруженное в жидкость, тогда сила действия стержня на верхнюю полуформу

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

где V — объем стержня без знаков, $м^3$; ρ — плотность металла, $кг/м^3$; Q — масса стержня со знаками, $кг$.

Поверхность каждого знака в верхней полуформе (рис. 3.3, а) определяют по формуле

$$S_v = 0,5P/\sigma_{сж}.$$

Для случая, изображенного на рис. 3.3, б, сила действия стержня на верхнюю полуформу в период заливки

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

Высоту нижних стержневых знаков выбирают по справочникам в зависимости от длины или высоты H стержня и его диаметра D , а для стержней прямоугольного сечения — от величины $\frac{A+B}{2}$ (здесь A и B — линейные размеры прямоугольника в сечении). Высоту верхних стержневых знаков вертикальных стержней принимают равной 0,5 высоты нижнего знака. В целом размеры стержневых знаков стандартизированы, их определяют, как уже указывалось, в зависимости от габаритных размеров стержня по ГОСТ 3212–92. В соответствии с этим же ГОСТом стандартизированы зазоры между поверхностями знаковых частей форм и стержней, радиусы окружения кромок, размеры канавок противообжимных поясков, обжимных колец и полуколец, а также фиксаторов.

Вертикальные знаки выполняют у стержней, ось которых в форме расположена вертикально, а горизонтальные знаки характерны для стержней, ось которых находится в основном в горизонтальной плоскости разъема формы. Вертикальные знаки обычно выполняют коническими с углом наклона до 10° для знаков, расположенных в нижней полуформе, и до $6...15^\circ$ для знаков, расположенных в верхней полуформе.

Зазоры между поверхностями сопряжения знаков стержня и формы также предназначены для облегчения сборки форм. При установке стержней в форму часто выполняют дополнительную операцию по подгонке знаков стержня. Для исключения такой операции следует правильно выбирать величину необходимых зазоров между поверхностями знаковых частей стержня и формы. Величину зазоров для сырых форм выбирают, как правило, меньшей, чем для сухих и подсушенных.

Для предупреждения всплывания и перекоса стержня малого диаметра, имеющего только нижний знак, последний делают с развитой нижней опорной поверхностью. У вертикальных стержней малых сечений опорный конусный нижний знак часто выполняют удлиненным. В некоторых случаях знаки стержней делают с обратным уклоном (конусностью). Такие (как правило, мелкие) стержни накладывают на модель или вкладывают в соответствующее гнездо перед заполнением опок смесью и заформовывают вместе с моделью. При извлечении модели эти стержни, благодаря обратной конусности их знаков, остаются в форме.

Крупные стержни с большими сечениями устанавливают в форму на нижнюю поверхность, в которой имеются выходные отверстия вентиляционных каналов. В данном случае важно предусмотреть такие зазоры между знаками стержня и формы, чтобы предотвратить попадание жидкого металла в вентиляционные каналы.

Иногда для повышения размерной точности отливок применяют металлические знаки, которые устанавливают в стержневой ящик и на модель перед уплотнением стержня и формы.

При определении размеров знаков следует учитывать, что их увеличение не только вызывает излишний расход стержневой смеси, но и ведет к повышению расхода материала на модельные комплекты, а также к увеличению размеров форм и опок.

Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается не только правильно выбранными размерами знаков, но и наличием

на них фиксаторов соответствующего типа (рис. 3.4). Так, смещение вокруг горизонтальной оси предотвращается фиксатором в виде прямого среза (рис. 3.4, *а*) или двух косых срезов (рис. 3.4, *б*). Трапециевидный выступ на конце знака (рис. 3.4, *в*) исключает продольное смещение стержня и поворот его вокруг горизонтальной оси. Срез на нижнем знаке вертикального стержня (рис. 3.4, *г*) предупреждает поворот его в форме относительно вертикальной оси. При отсутствии верхнего знака, когда усилие всплывания превышает массу стержня, увеличивают нижний знак (рис. 3.4, *д*). Отсутствие нижнего опорного знака можно компенсировать ус-

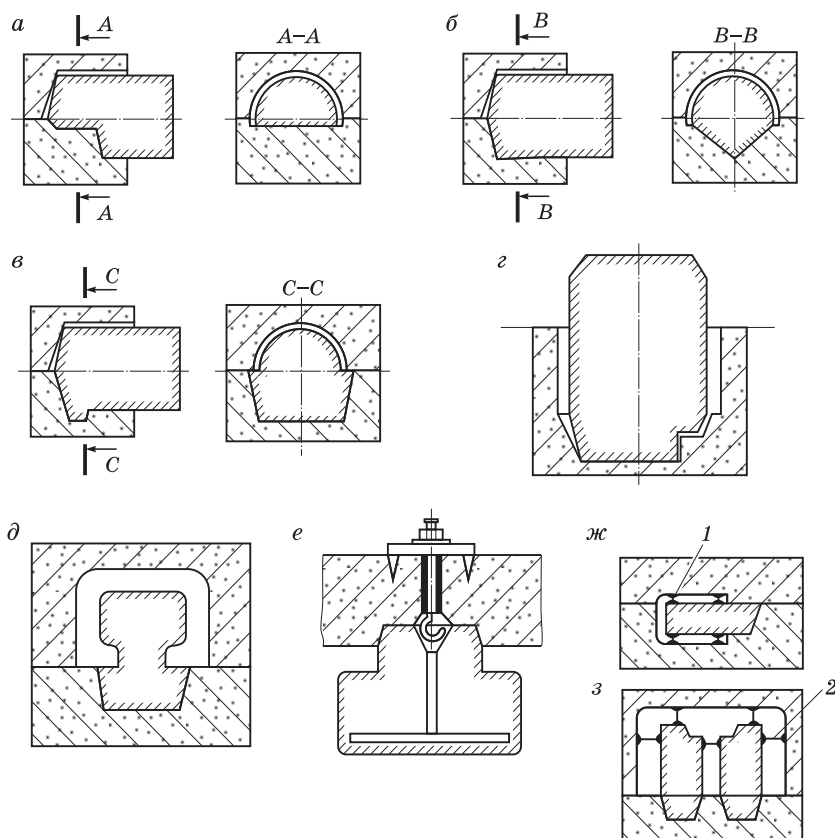


Рис. 3.4. Виды фиксаторов стержней:
1 — жребейки опорные; 2 — жребейки распорные

тановкой стержней в верхней полуформе путем крепления их с помощью крюка с резьбой к ребрам верхней опоки (рис. 3.4, *е*). В случае, когда знаки не обеспечивают устойчивости стержня, применяют опорные (рис. 3.4, *ж*) или распорные (рис. 3.4, *з*) жеребейки.

Арматура (каркасы) служит для повышения прочности стержней в сыром и сухом состоянии и должна отвечать следующим требованиям: не препятствовать усадке отливки при ее кристаллизации; не мешать устройству в стержнях вентиляционных каналов; легко удаляться из отливки в процессе выбивки стержней.

Для того чтобы каркас не препятствовал свободной усадке отливки, необходимо правильно выбрать величину зазора между каркасом и стенкой стержневого ящика: слой смеси должен быть достаточным для восприятия сжимающих усилий от усадки отливки.

Препятствовать вентиляции стержней могут в основном каркасы, состоящие из металлического листа, или трубчатые. Для предотвращения этого нежелательного явления в них высверливают отверстия.

Для свободного удаления каркаса из отливок при выбивке в отдельных его местах делают пережимы, уменьшающие площадь сечения каркаса. При ударах каркас в местах пережимов разрушается, и его по частям извлекают из отливок. Удобство использования каркаса достигается устройством на его поверхностях специальных бобышек и стоек, с помощью которых каркас точно и быстро устанавливают в стержневой ящик.

По способу изготовления каркасы классифицируют на проволочные, литые, сварные, комбинированные; по степени сложности — на простые, сложные и особо сложные; по конструктивным особенностям — на рамочные литые, рамочные проволочные, жесткие сварные с весками и без весок; по применяемым материалам — на чугунные, стальные, комбинированные, из синтетических материалов.

Проволочные каркасы (рис. 3.5, *а*) применяют в основном при изготовлении тонкостенных стержней небольшой массы. Такие каркасы изготавливают из стальной проволоки различного сечения, толщиной от 1,5...2,0 до 6,0...8,0 мм. Для скрепления (связывания) отдельных элементов проволочных каркасов исполь-

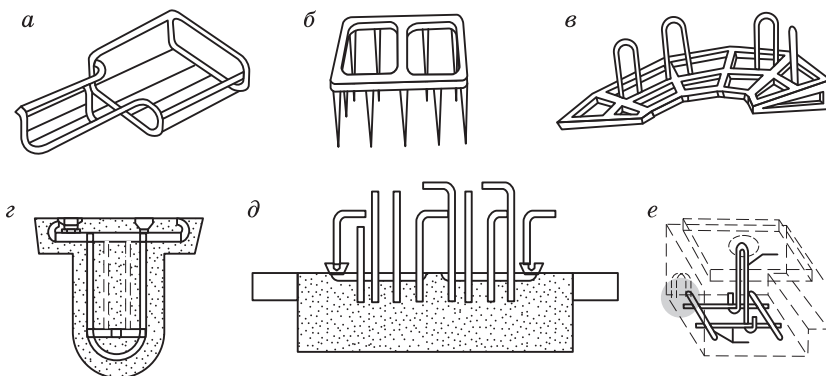


Рис. 3.5. Арматура стержней

зуют тонкую проволоку диаметром 0,4...1,6 мм, которая обладает повышенной пластичностью.

Литые каркасы (рис. 3.5, б) из чугуна либо стали применяют для изготовления средних и крупных стержней. Это прямые либо фасонные планки, отливаемые из чугуна марки СЧ10 или СЧ15 (в зависимости от сложности и размеров литых каркасов). Иногда используют и стальные литые каркасы.

Сварные каркасы (рис. 3.5, в) применяют в условиях крупносерийного и массового производства отливок. Они отличаются долговечностью и бывают плоскими, плоскими рамочными, рамочными с торцами и весками. Сварные каркасы изготавливают из стальных полос, листового проката, труб, прутков различной конфигурации.

Комбинированные каркасы (рис. 3.5, г) представляют собой сочетание литых чугунных и стальных проволоочных элементов, соединенных между собой так называемой вязальной проволокой или путем доливки стальных прутков чугуном (рис. 3.5, д). Весьма эффективны в работе разборные комбинированные каркасы (рис. 3.5, е), собираемые из разборных и нормализованных элементов, которые можно использовать многократно. Разборные каркасы позволяют уменьшать расход металла, снижать трудоемкость их изготовления, а также производства и выбивки стержней.

Изготовлению весок и их креплению к каркасам (рис. 3.6) уделяют особое внимание в связи с тем, что с помощью весок крупные и средние стержни перемещают, подвергают отделке

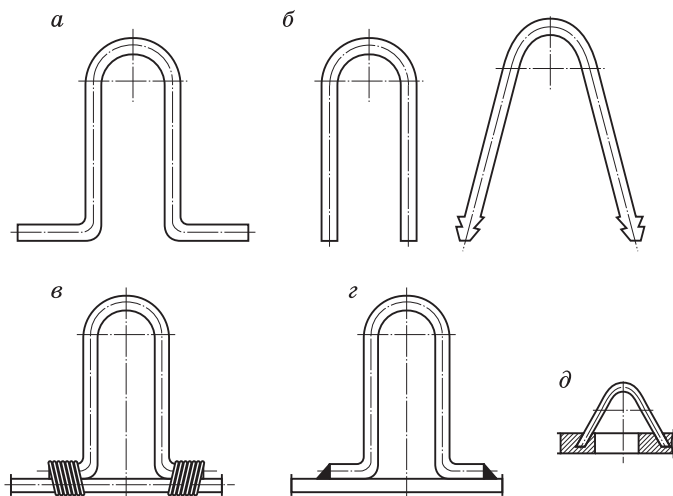


Рис. 3.6. Вески стержней:

а — для проволочных каркасов; *б* — для литых каркасов; *в* — с креплением проволокой; *г* — с креплением сваркой; *д* — в литом каркасе

и устанавливают в формы при сборке. Чаще всего вески изготавливают из проволоки. Диаметр проволоки и количество весок выбирают в зависимости от массы стержня. При этом размеры весок определяют по нормам.

Изготовление весок складывается из следующих основных операций: подготовка прутковой заготовки, гибка петель, гибка концов вески и насечка на них рисок для более прочного соединения вески с основанием литого каркаса.

Крепление весок к каркасам осуществляют тонкой проволокой, сваркой или заливкой концов весок в литые каркасы. Диаметр крепежной проволоки, количество витков, а также размеры элементов крепления весок сваркой или заливкой к литым каркасам определяют по соответствующим нормам. В настоящее время применяют вески из тонкой проволоки или гибкие пластмассовые вески, выступающие за рабочую поверхность стержня. После установки стержней в форму такие металлические вески отрезают, а образующийся в верхней части стержня объем заполняют стержневой смесью, уплотняют и отверждают ее, после чего наносят противопожарное покрытие и высушивают его.

При установке каркаса в стержневой ящик необходимо соблюдать ряд требований. Нельзя располагать каркасы слишком близко к поверхности стержня или на его поверхности, так как это может привести к привариванию каркаса к отливке, а также к образованию в ней газовых дефектов и горячих трещин. Поэтому, как показал практический опыт, расстояние от проволочного каркаса до поверхности стержня должно быть не менее 5...10 мм, а литого — 20...35 мм в зависимости от габаритных размеров стержня. Следует иметь в виду то, что если в стержень ставят один каркас, то его следует располагать в центре стержня, а если несколько каркасов — то равномерно по сечению. В стержни с изогнутой осью лучше укладывать несколько тонких каркасов вместо одного толстого, чтобы облегчить удаление их из отливки.

Использовать каркасы следует только в тех случаях, когда невозможно обеспечить требуемую манипуляторную прочность стержней другими способами. Однако применяемые в настоящее время в массовом производстве отливок песчано-смоляные смеси дают возможность в большинстве случаев достигать высоких прочностных показателей, что позволяет отказаться от использования каркасов стержней и повысить тем самым эффективность работы всего стержневого отделения.

Вентиляционная система стержней необходима для обеспечения вывода газов из стержня в период заливки формы, кристаллизации и остывания отливки. Для достижения этой цели в теле стержня выполняют специальные вентиляционные каналы, которые пронизывают все тело стержня. Через них осуществляется направленное движение газов в знаковые части.

В зависимости от конструкции стержня вентиляционные каналы выполняют различными способами. Например, в стержнях небольших размеров простой конфигурации газоотводные каналы оформляют иглой (душником) 1 (рис. 3.7, а). Этот способ целесообразно применять в том случае, когда стержневой ящик набивают смесью со стороны стержневого знака или если стержень разъемный и набивку осуществляют со стороны плоскости разъема. При этом вентиляционные каналы не должны доходить на 10...20 мм до рабочей поверхности стержня.

Вентиляционные каналы в стержнях можно выполнять с помощью шомполов 2 (рис. 3.7, б), вставляемых в отверстия стенки

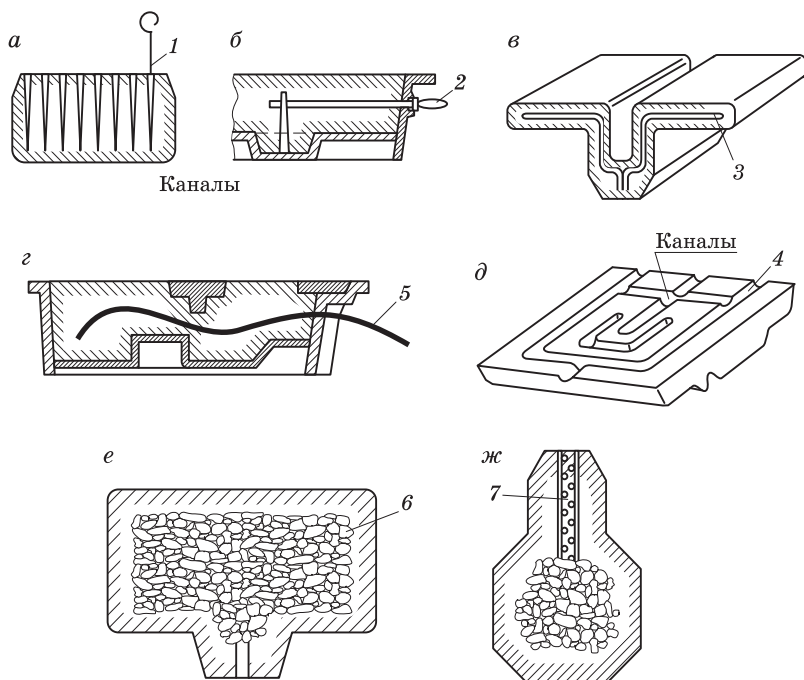


Рис. 3.7. Способы выполнения вентиляционных каналов

ящика. Перед извлечением стержня из ящика шомпол из него вынимают. Если канал выходит на рабочую поверхность стержня, то выход канала тщательно заделывают стержневой смесью или вспомогательным стержнем.

В стержнях сложной конфигурации, когда образование вентиляционного канала иглой или шомполом невозможно, в процессе изготовления в стержень заформовывают восковые (парафиновые) фитили или капроновые трубки 3 диаметром 4...9 мм (рис. 3.7, в), концы которых выводят в знаковую часть стержня. При сушке стержня фитиль расплавляется и остаются каналы для выхода газов. Можно применять также веревочные или резиновые жгуты 5 (рис. 3.7, г) диаметром 3...5 мм, которые после изготовления извлекают из стержня.

В том случае, когда стержень состоит из двух отдельно изготовленных половин, вентиляционные каналы 4 (рис. 3.7, д) прорезают по плоскости разъема и выводят их в знаковые части.

Крупные массивные стержни выполняют пустотелыми, полость можно заполнять мелким коксом, опилками, шлаком и другими пористыми легковесными материалами 6 (рис. 3.7, *е*). После окончания процесса уплотнения стержня его знаковую часть соединяют с заполненной пористым материалом полостью каналами или перфорированным трубчатым каркасом 7 (рис. 3.7, *ж*) с высверленными отверстиями, который кроме выполнения вентиляционных функций служит и арматурой стержня. Пустотелые стержни, изготовленные из высокопрочных ХТС, как правило, не заполняются пористыми наполнителями.

3.3. Стержневая оснастка

К *стержневой оснастке* относятся стержневые ящики и шаблоны, контрольные шаблоны, сушильные плиты и кондукторы.

Стержневые ящики должны отвечать следующим требованиям: обеспечивать удобное и равномерное уплотнение стержня, легкую разборку без деформаций и повреждений; иметь достаточную жесткость конструкции и небольшую массу; быть износостойкими и долговечными; обеспечивать возможность простановки каркасов и выполнения вентиляционных каналов.

По конструктивному исполнению стержневые ящики подразделяются на разъемные и неразъемные, которые можно использовать как в единичном, так и в массовом производстве стержней.

Разъемные ящики с горизонтальными (рис. 3.8, *б*) и вертикальными (рис. 3.8, *в*) плоскостями разъемов состоят из двух и более частей, точно центрирующихся между собой шинами,

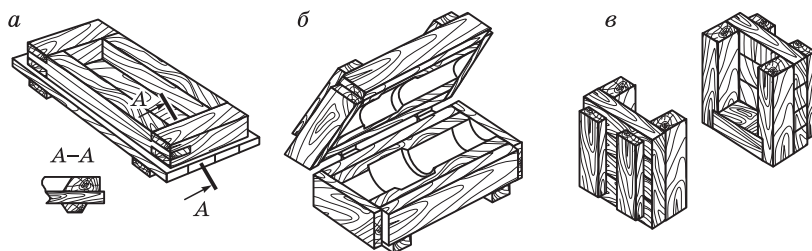


Рис. 3.8. Основные типы стержневых ящиков для ручного изготовления стержней

штырями, замками и другими элементами. Отдельные части разъемных стержневых ящиков в процессе изготовления стержней должны быть плотно соединены друг с другом с помощью зажимов различных типов: винтового (рис. 3.9, а), скобы (рис. 3.9, б), накладного крючка (рис. 3.9, в) или откидного болта (рис. 3.9, г).

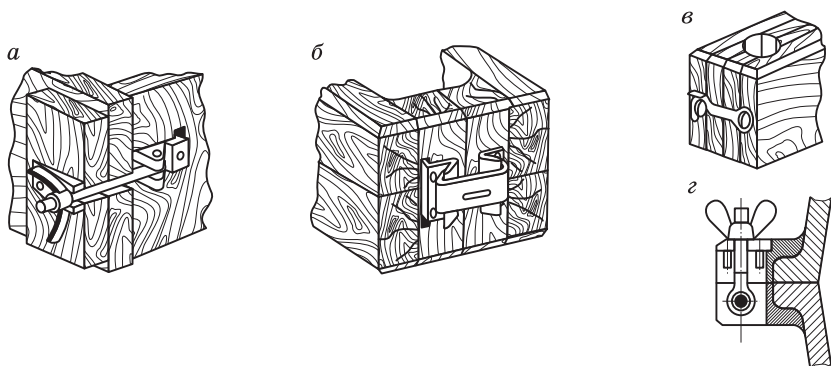


Рис. 3.9. Зажимы для скрепления частей разъемного стержневого ящика

Неразъемные ящики (см. рис. 3.8, а) простейшей конструкции используются обычно в единичном ручном производстве стержней и представляют собой емкости для заполнения стержневой смесью, которые имеют достаточно большие уклоны боковых стенок, обеспечивающие свободное извлечение стержня после кантовки ящика на 180° .

Для изготовления средних и крупных стержней в мелкосерийном производстве применяют ящики с попарно соединенными стенками (рис. 3.10, а), раздельными стенками или вытряхные стержневые ящики (рис. 3.10, б). Однако в ящиках с попарно соединенными стенками нельзя изготавливать стержни с ребрами, выступами или углублениями, из-за которых невозможен разъем ящиков по диагонали. Для получения таких стержней можно использовать ящики, у которых стенки снимаются раздельно. Вытряхные же ящики можно использовать для получения средних и крупных стержней любой группы сложности. После поворота такого ящика на 180° и съема кожуха отъемные стенки (вкладыши) ящика с возможными углублениями или выступами отнимаются от стенок стержня.

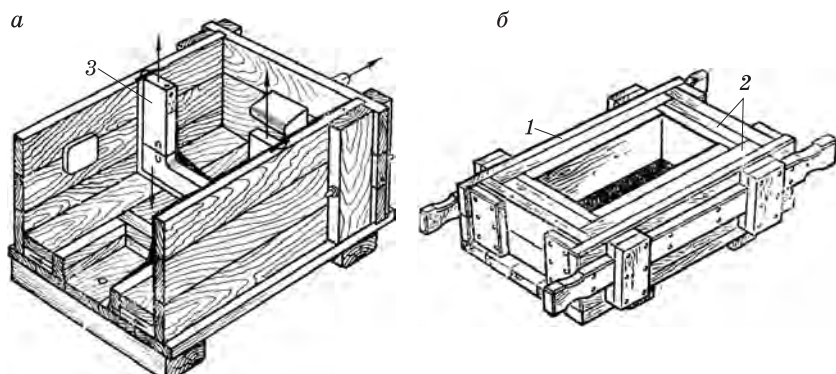


Рис. 3.10. Стержневые ящики:
 1 — коробка; 2 — разъемные стенки;
 3 — отъемное ребро с уклоном вниз

При серийном изготовлении мелких стержней используют, как правило, многогнездные стержневые ящики.

В зависимости от серийности производства отливок выбирают материал, из которого изготавливают стержневые ящики. При изготовлении небольшого количества стержней используют деревянные ящики, при крупносерийном и массовом производстве — металлические, в серийном производстве начинают находить широкое применение ящики, изготовленные из полимерных материалов.

Деревянные стержневые ящики изготавливают из сосны, липы, ольхи и других пород древесины. По прочности деревянные ящики делят на три класса. Ящики I класса выдерживают наибольшее количество съемов, их применяют в условиях серийного производства отливок, изготавливают из пород древесины высокого сорта с низкой влажностью. Углы и кромки ящиков выполняют из твердых пород дерева, тонкие части — из алюминия. Крепление отъемных частей осуществляют металлическими шипами типа «ласточкин хвост». Закругления углов (галтели) оформляют врезными вставками. Ящики II класса используют в условиях мелкосерийного производства. В их конструкции не применяют металлических элементов, галтели выполняют без врезки на клеевом соединении. Ящики III класса применяют при изготовлении единичных отливок. Отъемные части таких ящиков крепят шпильками, а галтели изготавливают из замазки.

Металлические стержневые ящики изготавливают из алюминиевых сплавов, чугуна и стали. Стальные и чугунные ящики, обладающие большой прочностью и износостойкостью, применяют в производстве мелких стержней для массового производства отливок. При изготовлении сложных крупногабаритных стержней в мелкосерийном производстве отливок широкое распространение получили алюминиевые вытряхные ящики (рис. 3.11), для повышения износостойкости которых со стороны уплотнения смеси к корпусу крепят стальную броню (накладку).

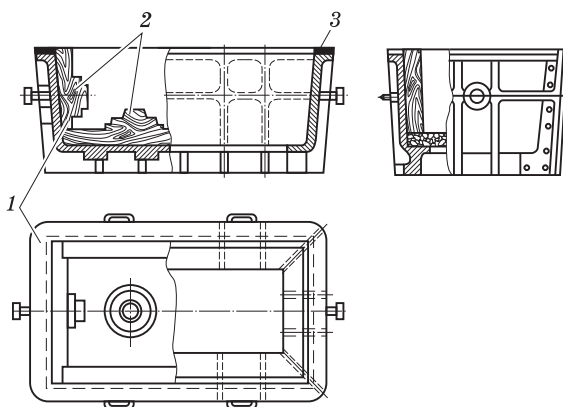


Рис. 3.11. Алюминевый вытряхной стержневой ящик:
1 — жакет (корпус); 2 — деревянные вкладыши; 3 — стальная броня (накладка)

Стержневые ящики из полимерных материалов (рис. 3.12) изготавливают из самотвердеющих композиций на основе эпоксидных и акриловых смол, а также на основе фенолоформальдегидных смол и пенополистирола. Главные их преимущества —

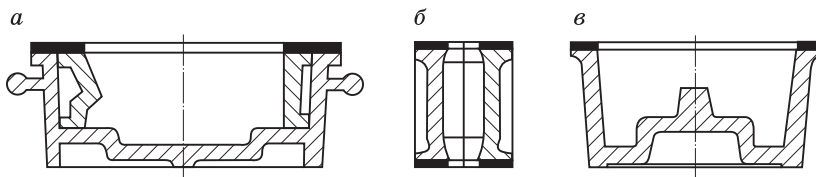


Рис. 3.12. Пластмассовые стержневые ящики

незначительная прилипаемость смеси, высокая коррозионная стойкость и хорошая обрабатываемость. Конструкции пластмассовых ящиков аналогичны деревянным: вытряхные (рис. 3.12, *а*), разъемные (рис. 3.12, *б*) и неразъемные (рис. 3.12, *в*). Для таких ящиков установлены два класса прочности: I класс — для крупносерийного и серийного производства, II класс — для мелкосерийного и единичного производства.

Быстроизнашивающиеся части ящика, заостренные кромки, плоскости разъемов и плоскость, со стороны которой производят уплотнение смеси, окантовывают стальными пластинами толщиной 3...6 мм.

Стержневые ящики для изготовления стержней на машинах можно разделить на две основные группы: 1) *для машинной формовки стержней с поворотн-протяжным устройством* (главным образом на встряхивающих машинах и вибрационных решетках); 2) *для пескодувных и пескострельных машин*.

Деревянные стержневые ящики первой группы необходимо изготавливать с высокой прочностью, так как они испытывают большие нагрузки при встряхивании, вибрации и подпрессовке. При использовании этих технологий изготовления стержней применяют, как правило, вытряхные ящики.

Конструктивной особенностью стержневого ящика, применяемого для пескодувно-пескострельного изготовления стержней, является наличие отверстий-вент для выхода воздуха, попадающего в ящик вместе со смесью. Внешний диаметр вент может быть от 6 до 30 мм. Ширина прорезей составляет 0,2...0,3 мм. Кроме того, вентиляция ящиков осуществляется с помощью специальных щелей глубиной 0,15...0,20 мм по плоскости разъема ящика. Вытряхной ящик (рис. 3.13, *а*) прижимается к вдувной плите машины; во избежание прорыва смеси фланцы ящика должны иметь ширину 20...30 мм. В дне ящика против вдувных отверстий установлены шайбы *б* из закаленной стали для защиты его от разрушающего действия струй смеси. Стержневые закрытые ящики с горизонтальным разъемом (рис. 3.13, *б*) имеют в верхней части вдувные отверстия для стержневой смеси.

При изготовлении стержней пескодувным способом значительное влияние на качество стержней оказывает расположение, количество и сечение вент. Правильный выбор суммарного сечения вент относительно сечения вдувных отверстий обеспечивает качествен-

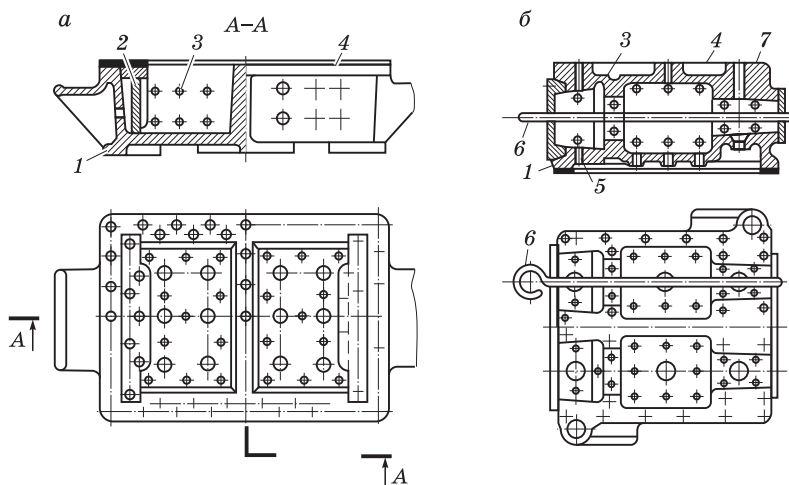


Рис. 3.13. Стержневые ящики для пескодувных машин:

а — открытый вытряхной ящик, *б* — закрытый двухгнездный ящик с горизонтальным разъемом; 1 — корпус ящика; 2 — вкладыш; 3 — венты; 4 — армировка ящика; 5 — бронирующая шайба; 6 — шомпол; 5 — вдвунная втулка

ное уплотнение стержней. В зависимости от сложности стержня суммарная площадь сечения вент принимается равной 0,25...0,55 от площади сечения вдвунных отверстий. Расположение вент зависит от конструкции стержня. Венты, расположенные в дне стержневого ящика, в первый момент перекрываются смесью, что затрудняет выход воздуха, а следовательно, и уплотнение смеси; поэтому их располагают и на боковых, и на верхних поверхностях ящика. Примеры конструкций вент приведены на рис. 3.14.

В стержневых ящиках для пескодувного процесса не рекомендуется иметь более одной плоскости разъема. Детали ящика должны быть хорошо обработаны и подогнаны. При неудовлетворительной подгонке и наличии неплотностей в разъеме ящика, а также между вдвунной плитой и ящиком возможен выдув смеси по разъему ящика, что приводит к образованию заусенцев на стержнях. Утечку смеси предотвращают эластичные прокладки, располагаемые по разъемам ящика, а достаточное количество вент обеспечивает быстрое удаление воздуха из ящика. Прокладки позволяют отказаться от облицовки разъемов алюминиевых

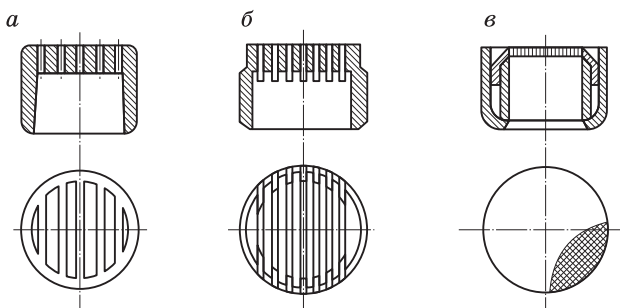


Рис. 3.14. Конструкции вент:

а — литая со щелевыми прорезями; *б* — изготовленная механической обработкой; *в* — сетчатая

ящичков стальным листом. На пескодувных и пескострельных машинах в условиях мелкосерийного производства рационально применять групповую оснастку — нормализованные металлические кожухи со сменными деревянными или полимерными ящиками-вкладышами, благодаря которым можно изготавливать небольшие партии стержней широкой номенклатуры.

Существенно сложнее по конструкции нагреваемые стержневые ящики, которые должны отвечать следующим требованиям: противостоять значительным внутренним термическим напряжениям, возникающим при нагреве ящика до температуры 200...300 °С и его охлаждении; обладать высокой механической прочностью, износостойкостью, термостойкостью, химической инертностью по отношению к смоляным связующим и катализаторам, входящим в составы смесей; обеспечивать легкое извлечение стержней; быть удобными в обслуживании при очистке, обдувке, смазке и других операциях. Для нагрева ящичков до рабочей температуры наиболее часто применяют встроенные в ящики трубчатые электронагреватели (ТЭНы) либо газовые горелки с трубчатыми или коробчатыми стационарными коллекторами.

Стержни, подвергаемые сушке и отверждению в печах, после извлечения из ящика транспортируют и сушат на специальных приспособлениях — *сушильных плитах*. Стержни, изготавливаемые в вытряхных ящиках с ровной поверхностью, сушат на плоских плитах (рис. 3.15, *а, б*). Стержни, имеющие фигурную поверхность, выкладывают из ящика на фасонные сушильные

плиты — *драйеры* (рис. 3.15, *в*), которые зеркально повторяют сложную конфигурацию поверхности стержня. Плиты изготавливают сварными (рис. 3.15, *а*) из листовой стали или литыми (рис. 3.15, *б, в*) из чугуна либо алюминиевых сплавов. Для предохранения плит от коробления в них выполняют ребра жесткости. Циркуляция газов и ускорение процесса сушки стержней в плитах и драйерах обеспечивается наличием отверстий диаметром 6...10 мм.

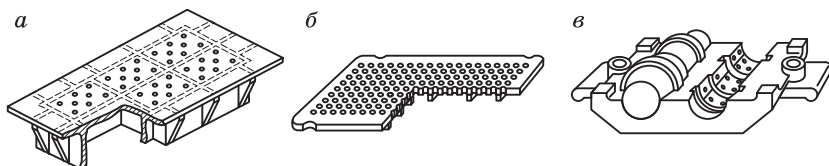


Рис. 3.15. Типы сушильных плит

В единичном и мелкосерийном производстве драйеры могут быть заменены песчаной постелью, которая изготавливается следующим образом. После съема верхней половины стержневого ящика на его нижнюю половину устанавливают деревянную рамку несколько большей высоты (на 25...30 мм), чем половина стержня. Полость рамки досыпают песком так, чтобы полностью покрыть верхнюю половину стержня. Затем на рамку устанавливают плоскую сушильную плиту и поворачивают нижнюю половину ящика на 180°. После съема ящика стержень остается на песчаной постели, на которой он транспортируется в сушильную печь.

Сложные стержни, состоящие из нескольких стержней, собирают и склеивают в специальных приспособлениях — *кондукторах* самых разнообразных конструкций, зависящих от конфигурации собираемого сложного стержня. Так, на рис. 3.16 представлен блок стержней 7 отливки шпиндельной бабки расточного станка, собранных в кондукторе 1 на центральной стальной стяжке 4, заклиненной шайбой 6 и клином 5. Высота и ширина собранного стержня контролируются планками 2 и 3. В процессе сборки в кондукторе плоскости соприкосновения отдельных стержней покрывают клеем.

После склеивания швы заделывают пастой, затем стержни подсушивают, зачищают и контролируют размеры с помощью

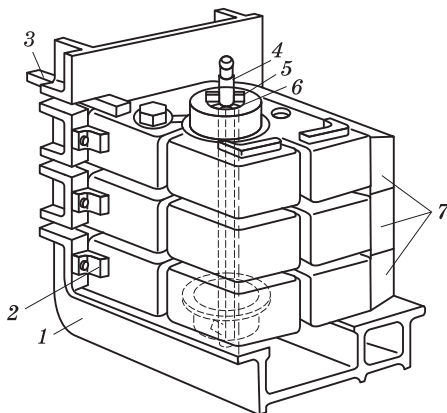


Рис. 3.16. Сборка стержня в кондукторе

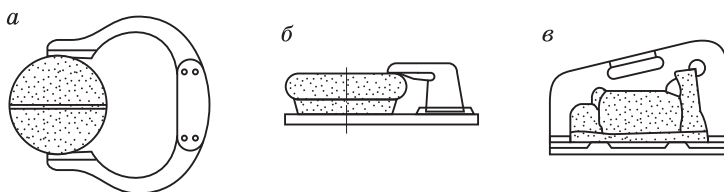


Рис. 3.17. Контрольные шаблоны для стержней

различных *шаблонов*. На рис. 3.17, *а* показан простейший шаблон-скоба, с помощью которого можно контролировать один размер. На рис. 3.17, *б, в* представлены примеры более сложных шаблонов, позволяющих контролировать одновременно несколько размеров стержня. Шаблоны бывают плоские и фасонные. Плоские шаблоны делают из листовой стали или фанеры, а фасонные, как правило, отливают из алюминиевых сплавов.

3.4. Изготовление стержней вручную

В условиях единичного и мелкосерийного производства стержни еще достаточно часто изготавливают ручным способом с использованием стержневых ящиков и шаблонов.

Прежде чем приступить к изготовлению стержней, необходимо осуществить подготовку стержневых ящиков, которая включает

визуальный осмотр и очистку внутренней поверхности ящика от остатков стержневой смеси. При необходимости ящик промывают водой, а в случае применения водонерастворимых связующих — керосином или другим растворителем, после чего протирают ветошью и обдувают сжатым воздухом. Проверяют наличие в ящике всех отъемных частей, легкость и надежность их установки. При этом зазоры между отдельными частями ящика должны быть не более 0,5 мм для металлических и полимерных ящиков и 1,0...1,5 мм — для деревянных.

После проверки и подготовки ящика его рабочую поверхность покрывают разделительным составом, чтобы предотвратить прилипаемость смеси к поверхности ящика и облегчить извлечение из него стержня, после чего осуществляют непосредственно процесс уплотнения смеси в стержневом ящике.

Изготовление стержня в разъемном ящике (рис. 3.18) осуществляют следующим образом. Вначале трамбовкой 1 уплотняют смесь 2 отдельно в двух половинах стержневого ящика (рис. 3.18, а). При этом в верхней половине заформовывают каркас 3, предварительно смоченный в глинистой суспензии, а в нижней прорезают вентиляционный канал 4. Затем поверхности разъема смазывают клеем, укладывают одну половину ящика на другую (рис. 3.18, б) и осуществляют подбивку смеси с торцов, а также доуплотнение ее легкими ударами деревянного мо-

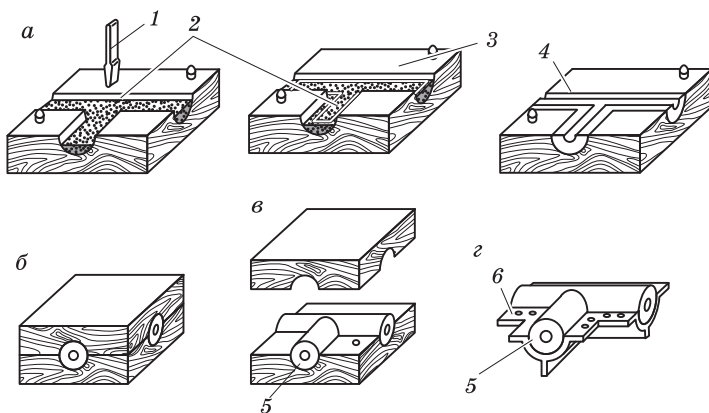


Рис. 3.18. Последовательность операций изготовления стержня в разъемном ящике

лотка по стенкам ящика. Затем снимают верхнюю половину ящика (рис. 3.18, в) и на стержень 5 устанавливают драйер 6. После этого стержень с драйером поворачивают на 180° , снимают нижнюю половину ящика (рис. 3.18, г), а стержень, лежащий на драйере, отправляют в сушильную печь.

Изготовление мелких стержней осуществляется, как правило, в многогнездных ящиках, состоящих из двух половин (рис. 3.19). Скрепив обе половины ящика, сверху засыпают смесь, уплотняют ее круглой трамбовкой и в центре накалывают тонким душником вентиляционные каналы. Загладив стержни сверху, легкими

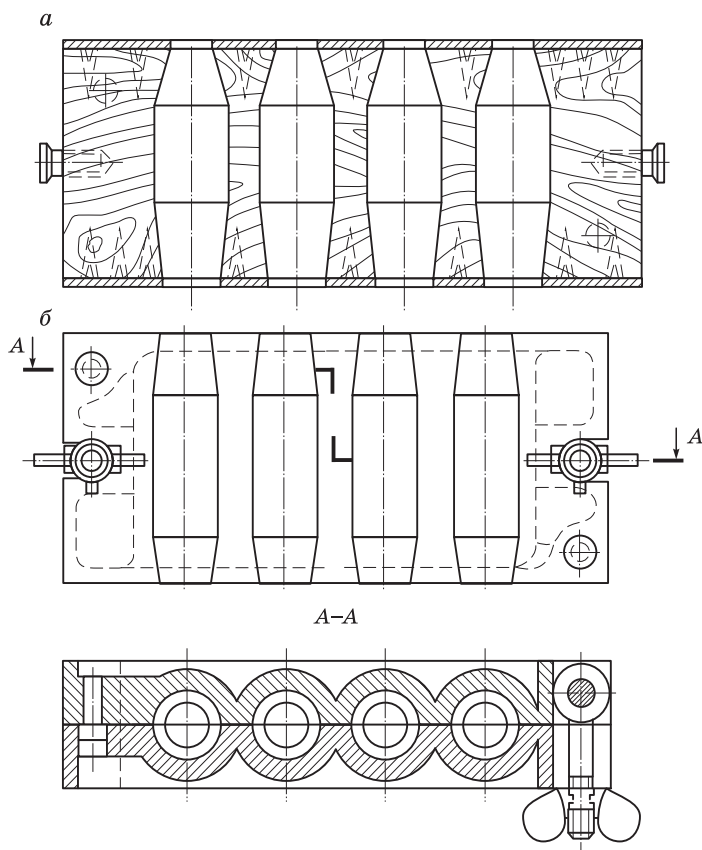


Рис. 3.19. Многоместные стержневые ящики:
а — деревянный; б — металлический

ударами деревянного молотка по ящичку «расталкивают» стержни, разнимают половины ящичка и освобождают стержни. При изготовлении более длинных стержней после уплотнения смеси душником накалывают вентиляционный канал и рядом с ним забивают стальной пруток-арматуру. Остальные операции, связанные с извлечением стержня из ящичка, укладкой его на сушильную плиту и транспортировкой в сушильную печь, осуществляются традиционно, как это описано в комментариях к рис. 3.18.

Изготовление стержней в вытряхных неразъемных ящичках (рис. 3.20) осуществляется следующим образом. Очистив ящик от пыли и остатков смеси, его протирают ветошью, смоченной в керосине, засыпают небольшой слой смеси и уплотняют ее. Для упрочнения выступающих частей стержня устанавливают несколько изогнутых проволочных каркасов *1* (рис. 3.20, *а*), весь ящик заполняют смесью и уплотняют ее. Срезав с верхней поверхности излишек смеси, накалывают душником вентиляционные каналы *2* (рис. 3.20, *б*). Загладив стержень, накладывают сверху плоскую сушильную плиту *3* и переворачивают ящик с плитой на 180° (рис. 3.20, *в*). После легких ударов деревянным

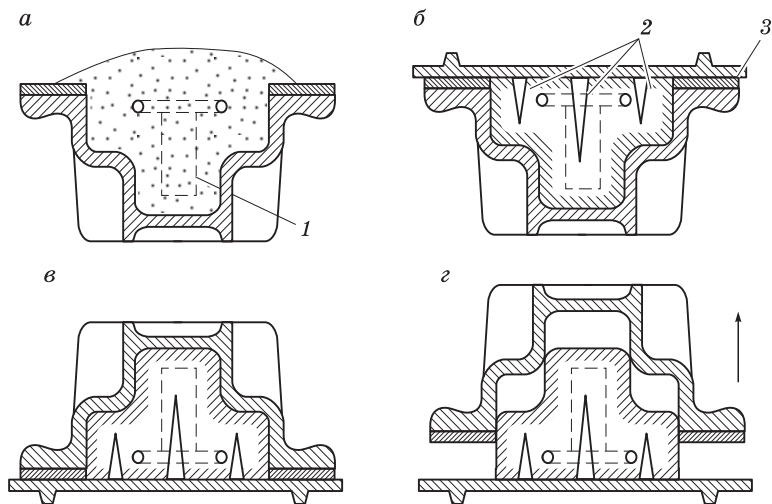


Рис. 3.20. Последовательность операций изготовления стержня в неразъемном вытряхном ящичке

молотком по стенкам ящика его поднимают (рис. 3.20, *з*), стержень отделяют, ремонтируют и направляют на сушку.

Изготовление крупного стержня в вытряхном ящике (рис. 3.21) осуществляют следующим образом. На дно ящика 2 (рис. 3.21, *а*) насыпают слой стержневой смеси толщиной 80...100 мм и уплотняют ее. Затем, пользуясь молотком, осаживают в смесь предварительно изготовленный каркас 1, смоченный в глинистой суспензии. Для образования газоотводной полости вставляют деревянную модель 3 (рис. 3.21, *б*), уплотняют вокруг нее смесь, после чего модель извлекают, а в полости иглой выполняют вентиляционные каналы 5. Заполняют полость кусковым шлаком 4 (или другим пористым материалом) и насыпают верхний слой стержневой смеси, уплотняя ее трамбовкой (рис. 3.21, *в*). После этого сверху срезают лишнюю смесь и гладилкой выравнивают поверхность стержня.

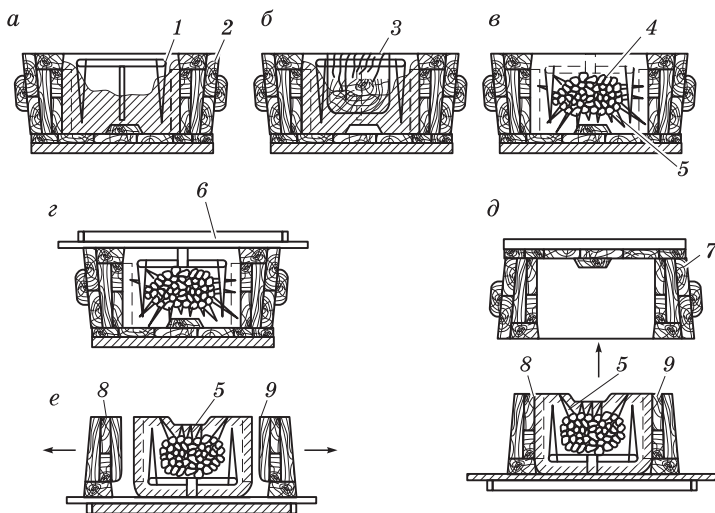


Рис. 3.21. Последовательность изготовления крупного стержня в вытряхном ящике

Затем на стержневой ящик накладывают плоскую сушильную плиту 6 (рис. 3.21, *г*) и поворачивают его вместе с плитой на 180°. Стержневой ящик «расталкивают» деревянным молотком и снимают его наружную часть 7 (рис. 3.21, *д*), осторожно отводят

в стороны вкладыши 8 и 9, оставляя стержень на плите (рис. 3.21, е). Стержень отделяют, припиливают и окрашивают, скругляют острые углы, очищают газоотводные каналы от смеси и на плите отправляют в сушильную печь.

3.5. Машинные способы изготовления стержней

В массовом и серийном производстве осуществляется механизация и автоматизация процессов изготовления стержней. По сравнению с ручными способами машинное изготовление стержней обеспечивает ряд преимуществ: снижение трудоемкости, увеличение производительности труда, получение более точных стержней и, следовательно, отливок.

В современном производстве для изготовления разовых песчано-глинистых и песчано-смоляных стержней применяют различные конструкции машин, которые механизмируют в основном процессы уплотнения смеси в ящике. На отдельных машинах механизирована кантовка ящика и извлечение стержня. Классификация стержневых машин осуществляется по тем же признакам, что и классификация формовочных машин. Применяют в основном пневматические и электромеханические машины, которые по способу уплотнения смеси в ящике подразделяют на встряхивающие с перекидным столом, пескодувные и пескострельные, пескометы и мундштучные.

На *встряхивающих машинах* изготавливают средние и реже крупные стержни в неразъемных ящиках в условиях мелкосерийного и серийного производства. При этом применяют как металлические, так и деревянные и полимерные стержневые ящики. Наибольшее распространение получили встряхивающие

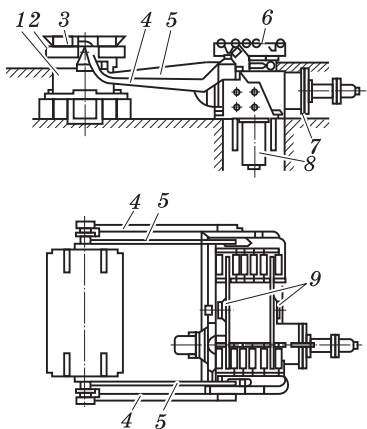


Рис. 3.22. Встряхивающая машина с перекидным столом

стержневые машины с перекидным столом, меньшее — с поворотным.

Встряхивающие машины с перекидным столом (рис. 3.22) состоят из встряхивающего механизма 1 с плитой 2, на которой лежит перекидной стол 3. После уплотнения стержня в ящике перекидной стол поворачивается на 180° рычагами 4 и тягами 5, приводимыми в движение гидравлическим приводом с горизонтальным цилиндром 7, и устанавливается на приемный рольганг 6. Подъем и опускание приемного рольганга осуществляется также гидравлическим приводом, имеющим вертикальный цилиндр 8. Стержневой ящик жестко крепится к перекидному столу болтами. Строго вертикальная установка ящика на приемный рольганг в момент извлечения стержня достигается двумя нивелировочными брусками 9, имеющими собственный пневматический привод. Крепление сушильных плит к стержневому ящику перед его поворотом осуществляют вручную различными приспособлениями или механизированно специальными пневматическими устройствами.

В настоящее время на встряхивающих машинах применяется быстросменная оснастка, состоящая из прочной алюминиевой или деревянной обоймы, в которую устанавливают 1–4 ящика для изготовления стержней различных размеров. Время на замену стержневых ящиков не превышает 300...360 с.

Процесс изготовления стержней на встряхивающих машинах осуществляется в следующем порядке. Стержневой ящик закрепляют на столе машины, засыпают небольшой слой смеси и слегка уплотняют ее пневматической трамбовкой (с особой тщательностью — под выступающими частями и в боковых углублениях ящика). На слой смеси устанавливают каркас, через его окна засыпают мелкую гарь, смоченную жидкой глиной, и слегка утрамбовывают ее. Ящик с избытком заполняют стержневой смесью, которая уплотняется при встряхивании стола машины. Верхний слой дополнительно уплотняют пневматической трамбовкой, после чего срезают излишек смеси. Затем на ящик укладывают сушильную плиту, закрепляемую с помощью специального приспособления, и перекапывают стол машины с ящиком и плитой на 180° , после чего ящик поступает на приемный стол. После освобождения плиты от крепления включается протяжное устройство приемного стола; при этом стержень с вкладышами

остается на сушильной плите, а ящик возвращается в исходное положение. Затем с поверхностей стержня удаляют вкладыши, отделывают, окрашивают его и направляют на сушку. Для реализации такого способа уплотнения применяют стержневые смеси, составы и свойства которых приведены в первой части книги (см. табл. 10.3).

Изготовление стержней *пескометом* осуществляется так же, как и пескометное уплотнение форм (см. ч. 1, п. 2.2.4). Этот способ целесообразно использовать для получения стержней средних и крупных размеров как в деревянных, так и в металлических ящиках.

Процесс изготовления стержней в разъемном ящике на *прессовой машине* (рис. 3.23) складывается из следующих операций: на траверсе 3 (рис. 3.23, а) прессовой машины монтируют верхние половины стержневых ящиков (4); на стол машины 1 устанавливают нижние половины ящиков (2) и наполняют их смесью; укладывают каркасы 6; на нижнюю половину ящика установ-

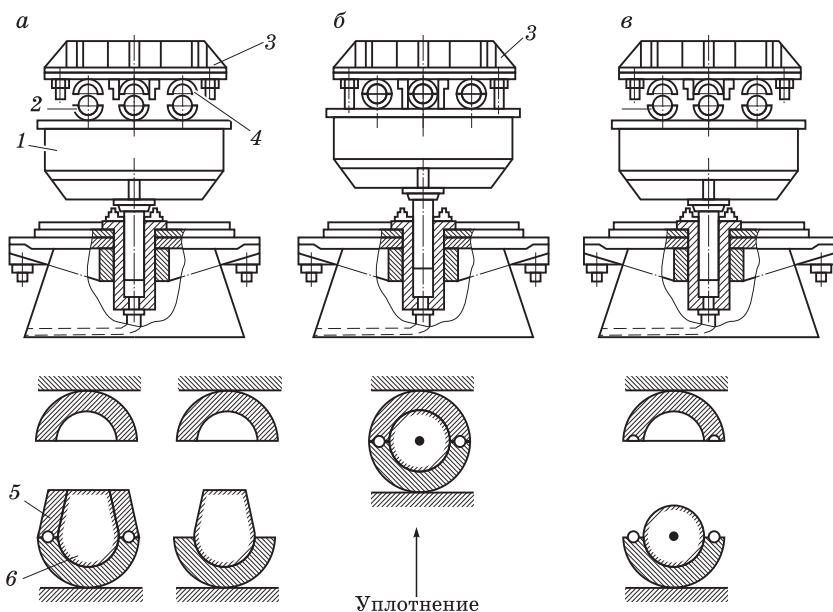


Рис. 3.23. Последовательность операций изготовления стержней на прессовой машине

ливают наполнительную рамку 5 и заполняют ее смесью; обжав смесь руками, снимают рамку; стол машины подводят под траверсу и включают прессовый механизм (рис. 3.23, б), при этом излишняя смесь выдавливается в желобок; стол возвращается в первоначальное положение (рис. 3.23, в), стержень извлекается и направляется на сборку. Для уменьшения прилипаемости сырой смеси к стенкам ящичков их нужно подогревать или наносить противоадгезионное покрытие. Прессованием уплотняют стержни небольшой высоты и простой конфигурации.

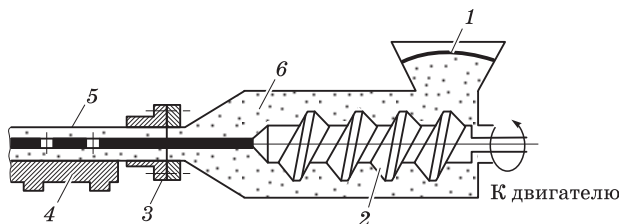


Рис. 3.24. Схема стержневой мундштучной машины

В массовом и серийном производстве (например, при изготовлении литых траков), когда требуются стержни постоянного профиля (цилиндрические, овальные, прямоугольные, многогранные и др.), применяют прессование стержней на *мундштучных машинах* (рис. 3.24). Смесь 6 ленточным транспортером либо иным доступным способом подается в приемную емкость 1 и шнеком 2, получающим вращение от электродвигателя или ручного привода, выжимается в сменный мундштук 3, которым формируется геометрия стержня. Для образования вентиляционного канала на конце шнека укреплен игла. Стержень 5 выдается на сушильную плиту 4. По мере заполнения плиты стержень отрезают и направляют на сушку. Производительность машины 10...12 м/ч при ручном приводе и до 30...40 м/ч при электроприводе.

3.6. Тепловая сушка форм и стержней

Основной целью процесса сушки является удаление влаги из форм и стержней для придания им повышенной прочности и газопроницаемости, а также для уменьшения газотворной способ-

ности. При этом длительность сушки зависит от размеров форм и стержней: чем они больше, тем больше времени нужно, чтобы они полностью прогрелись. Температура и длительность сушки взаимосвязаны: чем выше температура, тем быстрее сушится изделие. Однако температура сушки должна выбираться в зависимости от вида связующего таким образом, чтобы в процессе сушки стержня не произошло термическое разложение связующего.

В настоящее время известно достаточно много различных установок для сушки форм и стержней. Но в целом их можно разделить на переносные и стационарные печи с естественной или принудительной циркуляцией газов.

Разработка быстросохнущих смесей, в состав которых вводят связующие материалы типа СП, СБ, СДБ или жидкое стекло, дала возможность не только сократить продолжительность цикла сушки средних и крупных форм, но и отказаться в ряде случаев от применения стационарных камерных сушил. У форм, изготовленных из таких смесей, можно осуществлять только поверхностную подсушку с помощью переносных сушил (рис. 3.25), работающих на твердом или газообразном топливе.

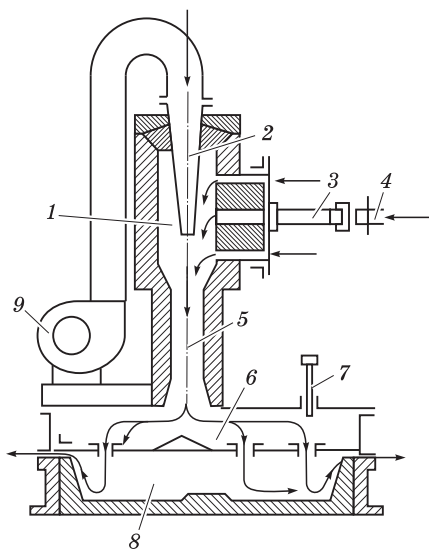


Рис. 3.25. Схема переносного сушила, работающего на газообразном топливе

К недостаткам переносных сушил, работающих на твердом топливе, относится выделение в атмосферу цеха значительного количества дымовых газов. Наиболее рациональным видом топлива для переносных печей является природный газ. Работает такое сушило следующим образом. На коробе распределительной камеры 6 смонтирован газовый смеситель 5, в котором расположена топка 1. Горючие газы поступают в горелку 3 по гибкому шлангу 4, а воздух нагнетается в топку вентилятором 9 по трубопроводу через сопло 2. Сжигание газовой смеси происходит в топке, и горячие газы через смеситель поступают в распределительную камеру, а из нее — в полость формы 8. Охлажденные газы выходят из формы через зазоры между опокой и распределительной камерой. Температура определяется термопарой 7.

Поверхностную подсушку форм осуществляют также инфракрасным излучением (рис. 3.26). Для выполнения этого процесса применяют инфракрасные лампы мощностью 250...500 Вт. Такая лампа представляет собой стеклянную колбу параболической формы, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем серебра и служит отражателем. В фокусе зеркала помещена вольфрамовая нить, температура накала которой составляет 2200 °С. Средняя температура обогрева поверхности форм при этом способе подсушки составляет 120...170 °С; ее регулируют

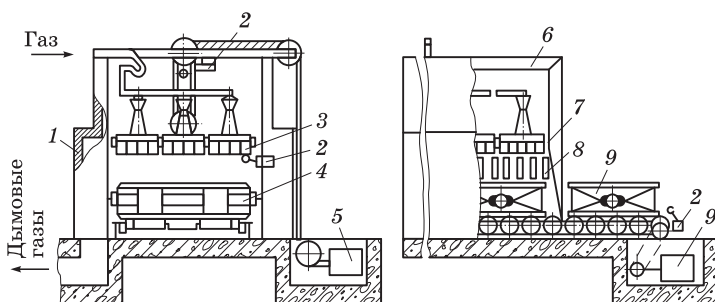


Рис. 3.26. Схема установки для поверхностной подсушки форм инфракрасным излучением:

1 — теплоизоляция; 2 — конечные выключатели; 3 — инфракрасные излучатели; 4 — полуформа; 5 — привод подъема рамы с излучателями; 6 — металлический каркас; 7 — подвижная рама; 8 — бортовые отсосы; 9 — привод рольганга

расстоянием между лампами, поверхностью формы и количеством ламп. Подсушка слоя формовочной смеси на глубину 15...20 мм происходит за 40...50 мин.

Для сушки форм и стержней применяют оборудование двух типов:

- 1) периодического действия — тупиковые (камерные) сушильные печи и ямные сушила;
- 2) непрерывного действия — туннельные.

В сушилах периодического действия формы и стержни в процессе сушки остаются неподвижными.

В ямных сушилах сушат крупные формы. В современном типовом ямном сушиле масса форм, одновременно загружаемых для сушки, достигает 200 т и более.

В ямном сушиле (рис. 3.27) рабочая камера 1, футерованная огнеупорным кирпичом, находится ниже уровня пола цеха. Формы устанавливают в сушило и после сушки выгружают их крапом через верхний проем, который после загрузки форм закрывается съемной крышкой 2.

Газы из топки 6 через вертикальную камеру сгорания 4 поступают в верхнюю часть рабочей камеры сушила, где нагревают формы 3. Отдав часть своей теплоты, газы опускаются вниз и через отверстия 7 поступают в два продольных дымохода 8. Из-за непосредственной близости топки к рабочей камере напор

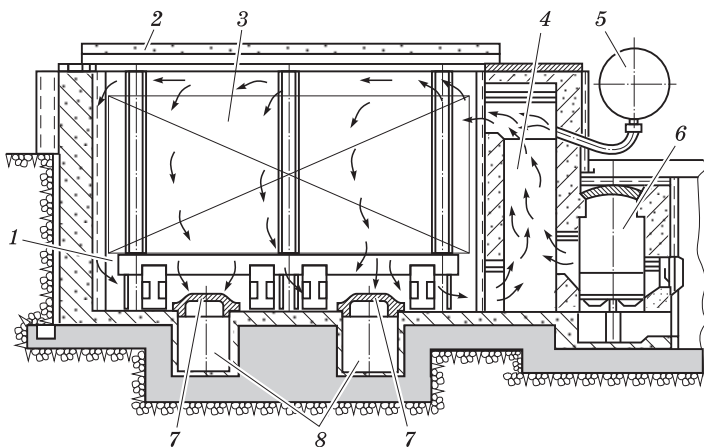


Рис. 3.27. Схема ямного сушила

топочных газов меньше, чем в обычных камерных сушилах. Этого напора недостаточно для получения усиленной естественной циркуляции газов, обеспечивающей высокое качество сушки. Усилению циркуляции топочных газов способствует дымосос, забирающий с пола сушила часть отработанных газов и нагнетающий их с большой скоростью из трубопровода 5 в верхнюю зону камеры по ходу естественного движения газов.

Типовые ямные сушильные печи имеют следующие размеры: $9,0 \times 5,0 \times 3,5$; $11,0 \times 5,0 \times 3,5$; $13,0 \times 5,0 \times 3,5$ м. Печи отапливаются мазутом, распыляемым шестью форсунками. Температура контролируется с помощью трех термодатчиков, расположенных в разных точках камеры на расстоянии 1 м от плоскости съемной крышки.

Недостатком ямных сушил является большой перепад температур ($100...200$ °C) на разных уровнях камеры, что приводит к пережогу форм, расположенных сверху, и недосушке тех, которые установлены внизу. К недостаткам этих сушил относится также выход топочных газов в помещение через неплотности в месте посадки крышки и через дверцу топки. Такая утечка газа происходит в зимнее время из-за охлаждения боровов и трубы.

Широкое применение в литейных цехах нашли камерные сушильные печи с выкатными тележками, на которые устанавливают полуформы или этажерки со стержнями. Если в сушильной печи загрузку и выгрузку производят через одни двери, то печь называют *тупиковой*, а если через разные двери, расположенные с противоположных сторон, то печь называют *проходной*.

Камерная тупиковая печь для сушки форм и стержней (рис. 3.28) состоит из рабочей камеры 4, выложенной из кирпича, с толщиной стенок 400...500 мм, топки 2, приточных каналов 3, вытяжного канала 7, дверей 6, рельсового пути 8 и тележки 5 с формами (или стержнями). Печь обслуживают со стороны приямка. Газовое топливо поступает из горелки 1 и сгорает в топке 2. Дополнительный воздух подается по каналу 10. Продукты сгорания смешиваются с воздухом и в виде газовой смеси с температурой, необходимой для сушки форм и стержней, направляются в два приточных канала 3, расположенных ниже уровня пола, вдоль стен камеры. Из приточных каналов газовоздушная смесь через щели поступает в рабочую камеру и, поднимаясь вверх, омывает формы (или стержни), отдавая им теплоту.

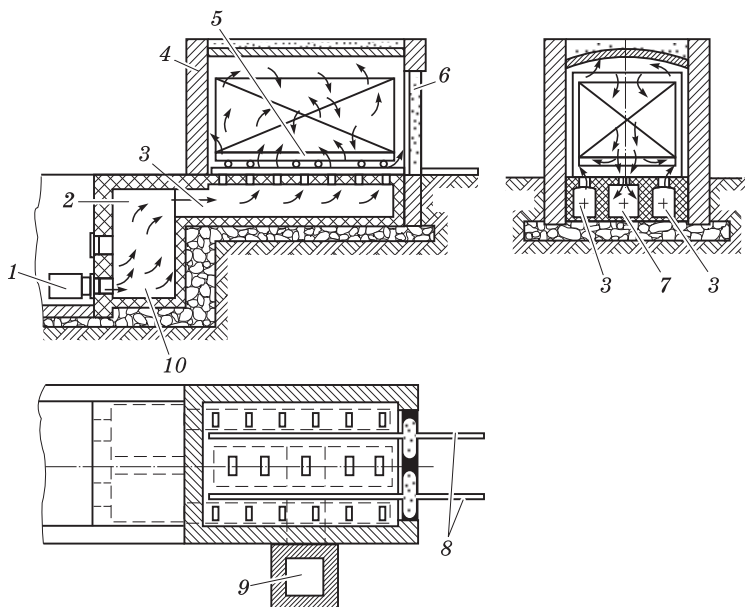


Рис. 3.28. Схема тупиковой камерной сушильной печи с выкатной тележкой

По мере снижения температуры газовоздушная смесь опускается и частично уходит в вытяжной канал и дымовую трубу 9, а частично захватывается потоком поступающих горячих газов, смешивается с ними и вновь подается в верхнюю часть камеры. Такой процесс называется *естественной рециркуляцией* дымовых газов. В последнее время печи строят с *искусственной рециркуляцией* дымовых газов. В таких печах часть отходящих газов захватывается вентилятором, смешивается со свежими продуктами горения и вновь принудительно направляется в печь.

В литейных цехах широко распространены для сушки мелких и средних стержней *вертикальные конвейерные сушила* непрерывного действия. Существуют двух- и четырехходовые вертикальные сушила, во всех конструкциях которых применяется искусственная принудительная рециркуляция газов. Сушила (рис. 3.29) состоят из вертикальной теплоизолированной шахты 1, внутри которой непрерывно движется двойная конвейерная цепь 9, приводимая в движение электродвигателем через редуктор

и вариатор, расположенные на верхней площадке шахты. К обеим ветвям конвейерной цепи подвешены этажерки 8, которые всегда занимают строго вертикальное положение. На полках этажерок устанавливают сырые стержни.

Сушила работают на жидком или газообразном топливе. Топка 7 расположена выше загрузочного проема. Разбавленные и охлажденные до необходимой температуры газы из смесительной камеры поступают в шахту, осуществляя подогрев и сушку стержней, а затем уходят по трубопроводу 5 через вытяжные патрубки 4 в дымовую трубу 3. Вентилятор 2 по трубопроводу 6 подает смесь отработанных газов и воздух в топку, а также нагнетает небольшое количество смеси газов в дымовую трубу для усиления тяги. Загрузку и выгрузку стержней производят через специальные проемы 10 и 11 в нижней части сушила.

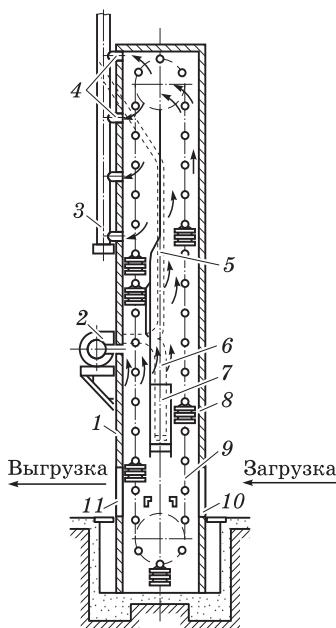


Рис. 3.29. Схема двухходового вертикального конвейерного сушила

В вертикальном конвейерном сушале с помощью вариатора можно изменять скорость конвейера и продолжительность сушки, поэтому в нем можно производить сушку и подсушку окрашенных, склеенных или отремонтированных как мелких, так и средних и крупных стержней. Производительность таких сушил колеблется от 0,8 до 2,5 т сухих стержней в час. Однако вертикальное конвейерное сушило имеет и недостатки, основным из которых является нерациональный способ нагрева стержней потоками газов, движущихся в том же направлении (снизу вверх), что и стержни; неполное использование отработанных газов; перегрев стержней под сводом камеры.

На рис. 3.30 приведена схема горизонтальной четырехходовой сушильной печи для сушки мелких и средних стержней. Кожух 1 установлен на стойках. Внутри печи под сводом проходит монорельс 2 с замкнутым цепным конвейером, к которому

прикреплены этажерки 3 для стержней. Внутри печи расположены три перегородки, разделяющие печь на четыре коридора. Первый образует зону подогрева I, в которой температура находится на уровне $40...80\text{ }^{\circ}\text{C}$, второй и третий — зону сушки II (температура $200...235\text{ }^{\circ}\text{C}$), четвертый — зону охлаждения III. Топка находится под печью, а горячие продукты сгорания направляются из нее через два вентилятора 4 в приточные короба 5, расположенные внутри сушильной зоны. Загрузка и выгрузка стержней осуществляется вне печи. Скорость конвейера может изменяться от 0,52 до 2,43 м/мин. Производительность такого сушила — до 3 т стержней в час.

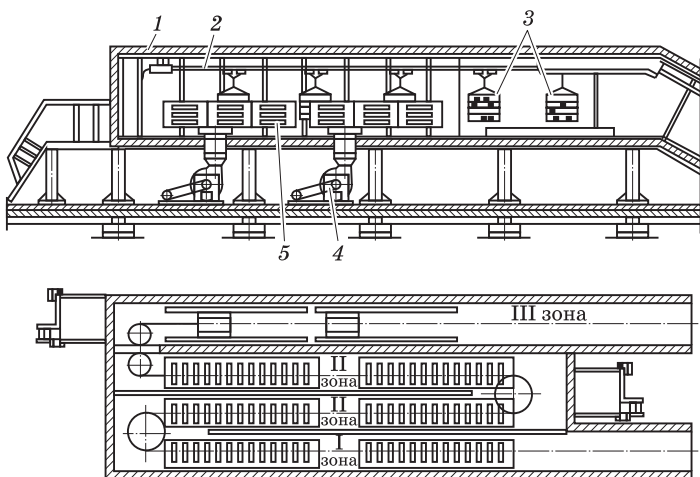


Рис. 3.30. Схема горизонтальной четырехходовой сушильной печи

Сушка форм и стержней токами высокой частоты (ТВЧ) состоит в том, что смеси, содержащие большинство связующих материалов, являются малоэлектропроводными, близкими к диэлектрическим системам. Поэтому если стержень или форму, изготовленные из такой смеси, поместить между двумя пластинами конденсатора, питаемого ТВЧ, то за счет теплоты переменного электромагнитного поля произойдет разогрев формы или стержня.

На рис. 3.31 представлена схема установки, позволяющей осуществлять сушку форм и стержней ТВЧ. В сушильной камере 2, изготовленной из металлических листов, теплоизолированных

шлаковой ватой, перемещается транспортер 3, на котором на диэлектрических сушильных плитах 4 устанавливают стержни или формы 5. Камера снабжена вентиляционным устройством с вытяжной трубой для подачи в камеру подогретого до $120...180\text{ }^{\circ}\text{C}$ воздуха и удаления из нее отработанных газов. Проемы камеры закрыты дверцами, которые открываются и закрываются с помощью грузов, укрепленных на тросах, перекинутых через ролики. Под транспортером расположены электронагреватели 1 из нихромовых спиралей. Горизонтальный электрод 6, размещенный в верхней части камеры, может перемещаться в вертикальном направлении с помощью подъемной штанги, прикрепленной к изолятору. Боковые поверхности стержня или формы обогреваются вертикальным электродом 7.

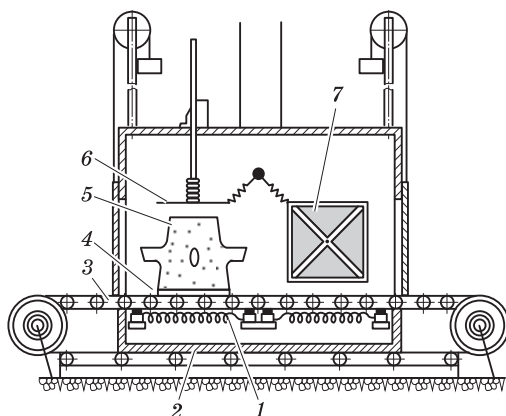


Рис. 3.31. Схема установки для сушки форм и стержней токами высокой частоты

Высокочастотная сушка по сравнению с газовой имеет следующие преимущества:

- обеспечивается заданный режим сушки;
- прогрев стержней и форм происходит плавно и на всю глубину;
- увеличивается скорость (в 10–12 раз) и сокращается время сушки (время сушки стержней на основе синтетических смол — 4...5 мин, а на основе жидкого стекла — 3 мин);

- улучшается качество поверхностей форм и стержней (не образуется корок);
- увеличивается прочность форм и стержней;
- улучшаются санитарно-гигиенические условия в цехе.

Недостатки высокочастотной сушки — значительные затраты электроэнергии (120 кВт/ч на 1 т сухих стержней); необходимость применения неметаллических (например, пластмассовых) сушильных плит; невозможность использования связующих материалов, окисляющихся при сушке; недостаточный нагрев стержней вокруг металлических каркасов.

Весьма перспективной с точки зрения производительности процесса и качества получаемых форм и стержней является их сушка с помощью *микроволнового нагрева*.

Процесс микроволнового нагрева стержней состоит в том, что их подвергают электромагнитному излучению определенной частоты. Компоненты стержневой смеси поглощают это излучение и нагреваются. Однако поглощать микроволновое излучение способны только неметаллические материалы с полярной молекулярной структурой. Металлы же отражают это излучение, а такие неметаллические материалы, как кварцевый песок, стекло, керамика, пропускают его. Полярная молекула воды позволяет применять этот способ удаления влаги из стержней. Микроволновой нагрев отличается более высокой производительностью, чем сушка горячими газами, поскольку в последнем случае нагрев осуществляется за счет передачи теплоты снаружи через смесь на основе кварцевого песка, имеющую низкую теплопроводность. При микроволновой сушке происходит генерирование теплоты непосредственно в молекулах воды сразу во всем объеме стержня.

Преимущества микроволновой сушки особенно ярко проявляются при подсушке стержней после нанесения на них красок на водной основе. Такая сушка не только ускоряет процесс удаления влаги, но и обеспечивает целостность слоя краски, так как температура нагрева не превышает 100 °С. К материалам, способным поглощать микроволновое излучение, относятся также вещества, содержащие связанную воду, — гидраты, силикаты.

В микроволновых установках, применяемых в литейных цехах, используются магнетроны, генерирующие электромагнитное излучение частотой порядка 2450 мГц (длина волны около 12,5 см).

Генераторы устанавливаются сверху на свод рабочей камеры, в которую подаются стержни. Излучение, проникающее в камеру, многократно отражается от ее металлических стенок и пронизывает стержни во всех направлениях. Хорошие результаты по микроволновому отверждению получены в Японии при использовании смеси с термореактивной смолой, содержащей в качестве катализатора кислую соль NH_4Cl или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в количестве 2...20% от массы смолы. После микроволновой обработки в течение 30 с прочность образцов на изгиб составила $75 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

Микроволновой сушке присущи практически те же недостатки, что и сушке с помощью ТВЧ. Кроме того, генераторы микроволнового излучения весьма дороги, а для сушки стержней необходимо использовать специальные резонаторные камеры, что существенно усложняет технологический процесс.

Окрашивание, отделка, контроль и хранение стержней

Для получения отливок с поверхностью высокого качества и предупреждения пригара стержни из песчано-масляных смесей перед сушкой обычно окрашивают водными противопопригарными красками. В случае использования песчано-смоляных или жидкостекольных смесей, отверждаемых в оснастке, покрытие стержней осуществляют самовысыхающими красками.

Наносят противопопригарные краски на стержни окунанием, кистью, пневматическим распылителем, безвоздушным распылением, натиркой.

Окрашивание окунанием (погружением) выполняют в стационарных ваннах. Краску в них подают насосом, а при малых объемах окрашиваемых стержней — заливают вручную. В зависимости от объемов и габаритных размеров стержней их погружают в ванну вручную, пневмо- и электроподъемниками или подвесными конвейерами с непрерывным либо периодическим движением транспортной цепи. В случае применения непрерывных конвейеров используют специальные ванны для окунаания стержней. Длина таких ванн должна быть достаточно большой, так как конвейер над ними должен иметь спуск и подъем (рис. 3.32).

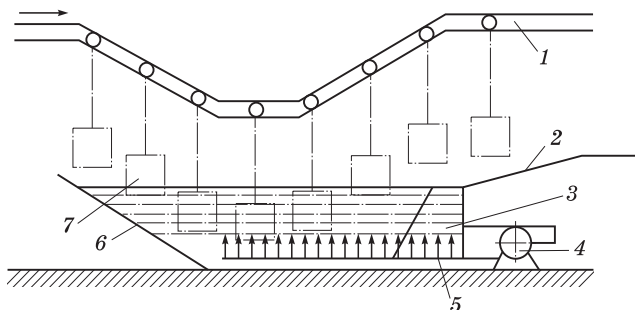


Рис. 3.32. Схема конвейерного окрашивания стержней окунанием: 1 — подвесной конвейер непрерывного действия; 2 — сточный лоток; 3 — отделение забора краски; 4 — насос; 5 — подача краски; 6 — ванна с краской; 7 — подвески со стержнями

При использовании конвейеров периодического действия за время их остановки может осуществляться либо автоматический подъем ванны, либо опускание подвески со стержнем, что позволяет ограничивать размеры ванны размерами подвески со стержнем.

После окрашивания стержней окунанием необходимо дать краске стечь со стержня. В это время под стержнем или подвеской со стержнем должен находиться приемный лоток 2 для краски, которая самотеком или насосом возвращается в ванну. Достоинства окрашивания стержней окунанием — простота оборудования и незначительные трудозатраты, а недостатки — неравномерность слоя краски на поверхностях стержней с особо сложными контурами, ограниченность применения самовысыхающих красок из-за их повышенной пожароопасности и быстрого испарения растворителя.

Окрашивание кистью является наиболее простым и универсальным способом. Преимуществами этого способа являются незначительные потери противопопригарных красок и отсутствие необходимости в специальном оборудовании. Однако окрашивание стержней кистью является малопроизводительным процессом и применяется лишь в условиях единичного и мелкосерийного производства сложных и особо ответственных отливок, а также в случае необходимости дополнительного окрашивания отдельных дефектных мест стержня или его частей, требующих наличия многослойного покрытия.

При *пневматическом распылении* краски используется пульверизатор, направляющий на стержень струю краски в виде факела, состоящего из мельчайших ее капелек.

Пневматическим распылением окрашивают стержни любых размеров и почти любой конфигурации; при этом получают равномерно окрашенные, без подтеков поверхности стержня. Поэтому данный способ является универсальным и наиболее широко распространен в литейных цехах. К недостаткам пневматического распыления относят большие потери краски и, следовательно, большой их удельный расход, необходимость применения окрасочных камер, оборудованных специальными вентиляционными устройствами с очисткой удаляемого воздуха, и значительный расход энергии на приточную вентиляцию.

Безвоздушное распыление заключается в том, что противопригарная краска подается к соплу распылителя под высоким давлением сжатого воздуха. Создание факела, образующегося из мельчайших частиц краски, происходит за счет резкого падения давления (до атмосферного) краски при выходе ее из сопла.

К недостаткам безвоздушного распыления следует отнести необходимость тщательной подготовки и фильтрации противопригарных красок, применения тонкоизмельченного наполнителя, а также сложность конструкций установок, особенно краскораспылительных устройств.

По сравнению с пневматическим распылением при безвоздушном распылении на 20...35% уменьшаются потери краски и, следовательно, сокращается ее расход, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда, повышается производительность труда и качество нанесенных покрытий.

Натирку рабочих поверхностей стержня осуществляют специальными пастами. Натирке подвергают стержни, образующие в особо сложных и ответственных отливках необрабатываемые полости и трудноочищаемые от пригара каналы. В состав паст входят серебристый графит, тальк, а в качестве связующих — глина, сульфитно-спиртовая барда и т.д. До необходимой рабочей вязкости пасту разводят водой или другим растворителем. На стержень ее наносят вручную, для чего берут пасту на ладонь или плотную ткань и втирают в поверхность стержня до получения гладкой однородной поверхности.

Простые и мелкие стержни после сушки подвергают *отделке*, заключающейся в снятии заусенцев, образующихся по плоскости разъема стержневого ящика. Заусенцы снимают, как правило, вручную специальными трехгранными ножами (рис. 3.33, *а*), рифелями, наждачной бумагой или твердой резиной. Перед зачисткой стержни устанавливают в кондукторы, имеющие специальные опорные элементы для точной фиксации стержней.

В массовом и крупносерийном производстве стержни зачищают на карусельно-шлифовальных станках (рис. 3.33, *б*) с помощью абразивного круга 4.

После зачистки тонким душником прочищают вентиляционные каналы стержня и заделывают небольшие дефекты пастой. Дефекты больших размеров зачищают гладилкой, смачивают связующим, накладывают на это место стержневую смесь, которую слегка уплотняют, припиливают и отделывают. Места с исправленными повреждениями дополнительно окрашивают и подсушивают.

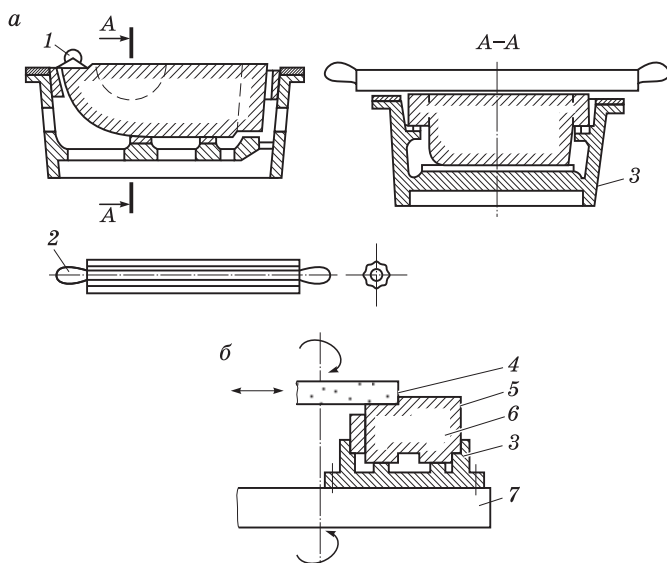


Рис. 3.33. Зачистка стержней в кондукторах:

а — ручная; *б* — механизированная; 1 — трехгранный нож; 2 — рифель; 3 — кондуктор; 4 — абразивный круг; 5 — срезаемая часть стержня; 6 — стержень; 7 — карусельный стол

После изготовления стержни осматривают и проверяют их размеры, так как качество стержней и их размерная точность в значительной степени определяют качество отливки и точность ее размеров. Контроль изготовленных стержней осуществляют в определенной последовательности. При этом особенно тщательно проверяют стержни, изготовленные с использованием новой оснастки. Вначале проверяют качество поверхности стержня: прочность наружного слоя, отсутствие осыпаемости и трещин, качество просушки, наличие и чистоту вентиляционных каналов. При проверке геометрических размеров применяют специальный измерительный инструмент: шаблоны, калибры, скобы, линейки, щупы и другие приспособления. Стержень считается годным, если проходной шаблон, определяющий максимальный размер стержня, проходит, а непроходной — нет. Годные стержни укладывают на стеллажи или в специальную тару, а негодные подлежат немедленному разрушению. Стержни, которые еще можно исправить, возвращаются на участок отделки и сборки стержней и после ремонта вновь контролируются.

После окончательной приемки стержни поступают на склад, где их укладывают на транспортные плиты или специальные фасонные деревянные подставки. Мелкие стержни укладывают на плиты, этажерки или в короба. Чтобы стержни не ломались, укладывать их следует плотно друг к другу на войлок или другие эластичные материалы. В помещении склада должны быть нормальные температура и влажность. Стержни допускается выдерживать на складе определенный для каждого вида промежуток времени, в течение которого они не теряют своих физико-механических и технологических свойств. Срок хранения стержней из жидкостекольных смесей не должен превышать 2–3 дней, стержни из смесей на основе органических связующих, отверждаемые в оснастке, могут храниться более длительный срок.

Склады стержней оснащают штабелерами (иногда с запоминающими устройствами), которые раскладывают стержни на транспортных плитах по ячейкам склада в заранее заданном порядке и при необходимости доставляют нужный стержень на сборку форм. Кроме того, в ряде случаев складирование стержней осуществляют непосредственно на этажерках подвешенного толкающего конвейера с автоматическим адресованием грузов.

Перед отправкой стержней на сборку форм их комплектуют. В зависимости от характера производства отливки комплектацию стержней производят на каждую отливку или по наименованиям стержней. В первом случае комплект стержней на отливку собирают на плиты, вместе с которыми стержни поступают на сборку. Во втором случае необходимое количество стержней каждого наименования доставляют к месту сборки форм, где их комплектуют и проставляют в форму. Часто осуществляют смешанную комплектацию стержней: мелкие стержни доставляют по наименованиям на передвижных этажерках, а средние и крупные комплектуют на каждую отливку и доставляют на плиты на участок сборки форм.

Организация труда в стержневых отделениях

3.8.

Правильная организация труда в стержневых отделениях является важным резервом повышения эффективности их работы. Выбор той или иной системы организации труда зависит от вида и способа изготовления стержней, применяемых смесей, степени механизации и т.д. Наиболее высокая производительность труда достигается при комплексной механизации всех технологических и транспортных операций. Вместе с тем от рациональной организации труда и рабочего места стержневика, изготавливающего стержни на верстаке вручную или на стержневой машине, зависит производительность труда и качество изготавливаемых стержней. На рабочем месте стержневика должен быть определенный порядок расположения стержневых ящиков, каркасов, сушильных плит, инструмента, обеспечивающий выполнение операций без лишних перемещений.

При ручном изготовлении мелких стержней все работы выполняются на одно- или двухместном верстаке. Крупные стержни изготавливаются, как правило, на плацу литейного цеха.

Верстаки (рис. 3.34, а) располагаются в один или два ряда и оборудуются ящиками и полками для необходимого инструмента и приспособлений. Сушильные плиты и драйеры помещаются на этажерках, расположенных между верстаками. Стержневая

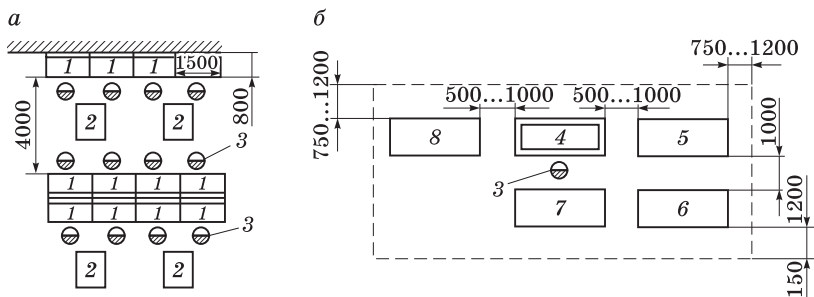


Рис. 3.34. Организация участков ручного изготовления стержней: а — на верстаках; б — на плацу; 1 — верстаки; 2 — этажерки для перемещения сушильных плит; 3 — рабочие места; 4 — стержневой ящик; 5 — короб со смесью; 6 — сушильная плита; 7 — место для кантовки стержневого ящика; 8 — место для каркасов

смесь поступает на верстаки из бункеров или подвозится к рабочим местам в коробах. Над каждым рабочим местом подвешивают пневматическую трамбовку, которая после уплотнения смеси автоматически поднимается на 400...500 мм и не мешает выполнению других операций. На рабочем месте должен быть также шланг, соединенный с сетью сжатого воздуха, необходимый для подключения пульверизатора при окраске стержней.

Формовку стержней на плацу (рис. 3.34, б) применяют, если стержневые ящики имеют большие размеры и их неудобно размещать на верстаках, а также когда изготовление стержней связано с применением грузоподъемных механизмов. На рабочем участке цеха должно быть отведено место для размещения стержневого ящика, короба со стержневой смесью, сушильных плит, а также необходимая площадь для кантовки стержневого ящика, отделки и окраски стержня перед сушкой. Рабочий участок более рационально организован, если стержневая смесь находится в бункере и подается из него в стержневые ящики поворотными ленточными питателями.

В отличие от процессов ручного изготовления стержней машинные процессы характеризуются меньшим количеством ручных операций, пониженной трудоемкостью и значительно более высокой производительностью труда. Машинное изготовление стержней требует высокой организации труда. Необходимо, чтобы машины работали с достаточной загрузкой и не простаивали

из-за выполнения вспомогательных операций по подготовке ящиков, извлечению стержней и т.д.

В цехах, где применяют сырые стержни (без сушки), стержневые машины устанавливают в непосредственной близости от участка сборки форм. Так, например, на машине 1 (рис. 3.35) изготавливают нижнюю полуформу и устанавливают ее на конвейер 2. В это же время на машине 3 изготавливают стержни, которые устанавливают на стол 4 или в нижнюю полуформу, движущуюся по конвейеру. На машине 5 изготавливают верхнюю полуформу, которой накрывают переместившуюся на конвейере нижнюю полуформу с установленным в ней стержнем.

При машинном изготовлении крупных стержней (рис. 3.36) на позиции 1 производится их уплотнение, на позиции 2 — выкладывание на сушильную плиту, на позиции 3 — окрашивание, на позиции 4 — сушка в проходной сушильной плите. После

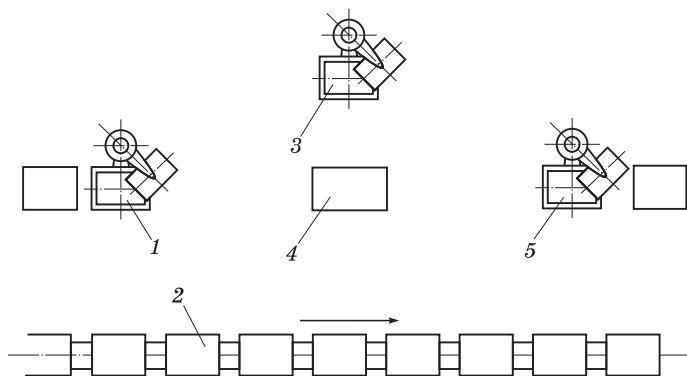


Рис. 3.35. Схема организации машинного изготовления мелких сырых стержней

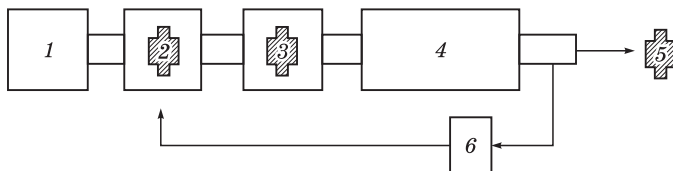


Рис. 3.36. Схема организации машинного изготовления крупных стержней, подвергаемых тепловой сушке

этого стержень 5 транспортируется на складирование и последующую сборку формы, а сушильная плита 6 — на позицию 2, где осуществляется выкладывание на нее уплотненного стержня.

В настоящее время наиболее широкое применение для изготовления стержней в серийном и массовом производстве получили химически отверждающиеся смеси на основе различных смоляных и жидкостекольных связующих. Изготовление стержней из таких смесей осуществляется, как правило, с помощью пескодувных или пескострельных машин, входящих в состав комплексно-механизированных и автоматизированных стержневых линий, о которых более подробно сказано в гл.4.

Техника безопасности

3.9. при изготовлении стержней

При изготовлении стержней необходимо соблюдать ряд требований безопасности. До начала работы следует осмотреть рабочее место, убрать все ненужные предметы, подготовить инструмент и приспособления, проверить надежность закрепления стержневого ящика на поворотном и перекидном столах стержневой машины.

На холостом ходу следует проверить правильность работы механизмов стержневой машины, исправность питателя бункера со стержневой смесью.

Во время работы необходимо следить, чтобы вески были прочно закреплены в каркасах, а в крупных стержнях было не менее двух весок, чтобы при перемещении стержень не сорвался с чалочных крюков.

Запрещается брать руками цепи и плиту вблизи мест их соединения, так как возможно защемление рук при подъеме стержневой плиты со стержнем.

Следует пользоваться специальными, прошедшими испытание крючками допустимой грузоподъемности. Запрещается вести отделку и исправление крупных стержней, когда они находятся в подвижном состоянии.

Нельзя трогать горячие стержни руками во избежание ожогов.

Необходимо соблюдать правила пользования сжатым воздухом.

По окончании работы следует остановить стержневую машину, закрыть вентиль магистрали сжатого воздуха, протереть машину, привести в порядок рабочее место и убрать инструмент.

На комплексно-механизированных и автоматических линиях требуется соблюдать специальные меры безопасности при изготовлении стержней.

Во время работы смесителя запрещается облакачиваться на него, браться за его борта руками и наклоняться над ним, а также убирать какие-либо предметы подручными приспособлениями, прикасаться ко всем движущимся частям.

Перед началом работы стерженщик (оператор) обязан проверить наличие защитных кожухов на вращающихся частях, работу всех механизмов на холостом ходу, подачу воды к смесителю. Обо всех неисправностях он должен сообщить мастеру.

Запрещается работать на оборудовании при отсутствии или неисправностях предохранительных ограждений движущихся частей механизмов, производить осмотр, смазку, очистку оборудования в процессе его работы, оставлять без присмотра работающие механизмы.

Во время работы машины запрещается изменять положение оснастки и подвижных узлов и деталей. Все виды ремонтных и профилактических работ следует производить при полностью обесточенной системе электропривода и управления.

Окраску стержней пульверизатором можно производить только в окрасочной камере при действующей вентиляции. Чтобы исключить выделение теплоты и газов в помещение цеха, сушку стержней надо осуществлять при закрытых дверях шкафов и камер, которые должны иметь вытяжную вентиляцию; применение жаровень и костров для подсушки стержней запрещается. Запрещено пользоваться переносными светильниками напряжением более 12 В.

Стержневые отделения и участки литейных цехов должны быть изолированы от других отделений литейного цеха и соединяться проемами для транспорта. Полы стержневых отделений должны быть ровными, стойкими, нескользкими и легко очищаемыми от загрязнений. После каждой смены нужно производить уборку проходов и проездов, а периодически — очистку окон и фонарей от копоти и пыли, чтобы не снижалась освещенность помещения, которая должна соответствовать действующим нормам.

Во вновь строящихся литейных цехах рабочие места по изготовлению стержней должны быть оборудованы уборочными решетками, обеспечивающими удаление просыпи смеси.

На пусковых рукоятках стержневых машин необходимо иметь ограждения или фиксаторы, исключающие возможность случайного и неожиданного включения машины. Питание стержневых машин должно производиться, как правило, через бункера. Рычаг бункерного затвора нужно располагать в удобном и безопасном для обслуживания месте. Стержневые машины с поворотным столом должны иметь приспособления для прочного и надежного крепления стержневых ящиков и плит к столу машины. Метательная головка пескомета должна быть надежно ограждена плотным кожухом. Прочность крепления ковшей пескомета необходимо тщательно проверять. Стержневую смесь, подаваемую к пескометам, нужно подвергать двойной магнитной сепарации для удаления металлических включений.

Подъемные двери сушильных печей должны быть оборудованы быстродействующими автоматическими «ловителями», предупреждающими падение дверей в случае обрыва троса. Двери должны иметь местную вытяжную вентиляцию. Необходимо, чтобы вкатывание тележек со стержнями в камеры сушильных печей и их выкатывание было механизировано. Охлаждение стержней следует осуществлять способами, при которых тепло и газы не попадают в рабочую зону.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ РАЗОВЫХ ФОРМ

Требования, предъявляемые

4.1. к конструкциям литых деталей

Анализ технологичности литых деталей учитывает опыт производства подобных отливок и технические возможности предприятия-изготовителя. При определении недостатков в конструкции литой детали, вызывающих возникновение брака, рассматривают общую конфигурацию детали, основные размеры, включая толщину стенок, ребер и массивность сечений в различных зонах, материал детали, технические требования к ней. Одновременно проводится анализ экономической и технической целесообразности намечаемого способа изготовления отливки с учетом всех технологических особенностей, обосновывается положение отливки в форме, разъем модели, формы, количество стержней, конструкция литниковой системы, наличие прибылей, холодильников и т.п.

Конструкция литой детали должна удовлетворять:

- функциональному назначению и качественным показателям (прочность, точность, жесткость, надежность, эстетичность и др.);
- возможности получения детали в литом состоянии с наименьшими экономическими затратами;
- удобству механической обработки;
- простоте и удобству сборки, монтажа машины, изделия.

В зависимости от назначения каждой литой детали эти общие требования расшифровываются в специальных технических требованиях на конкретную деталь. Данные требования устанавливают механические свойства сплава детали, точность размеров, чистоту поверхности отливки, методы контроля качества, способы устранения возможных литейных дефектов и т.п. Специальные

технические требования указываются либо непосредственно на чертеже детали, либо в технических условиях на отливку.

Все требования, предъявляемые к литой детали, можно выполнить лишь при условии, что ее конструкция будет отвечать требованиям как технологии механической обработки, так и литейной технологии. Технологичной с точки зрения литейного производства считается деталь, конструкция которой учитывает специфические особенности изготовления формы в целом и отдельных ее элементов, явления, происходящие в форме при заливке и кристаллизации сплава, а также необходимость легкой выбивки и очистки отливки.

Основные принципы конструирования литых деталей

Требования, предъявляемые к конструкции литых деталей, создают необходимость соблюдения основных принципов проектирования отливок.

1. Литая деталь при минимальной массе должна обладать требуемой прочностью, которая зависит от сплава отливки и ее конструкции. Толщина стенки литой детали назначается исходя из конструктивной необходимости с учетом механических свойств применяемого сплава и технологических возможностей выбранного способа литья. Существует несколько методов определения толщины стенки отливки. Так, для определения толщины стенки литой детали из серого чугуна можно использовать диаграмму Рихтера (рис. 4.1). Приведенный габарит отливки N (в метрах) рекомендуется определять по формуле

$$N = \frac{2L + B + H}{3},$$

где L , B , H — соответственно наибольшая длина, ширина и высота отливки, м.

На станкостроительных предприятиях минимальную толщину стенки отливки обычно выбирают по табл. 4.1 исходя из наибольшего габаритного размера, примерной массы и марки чугуна.

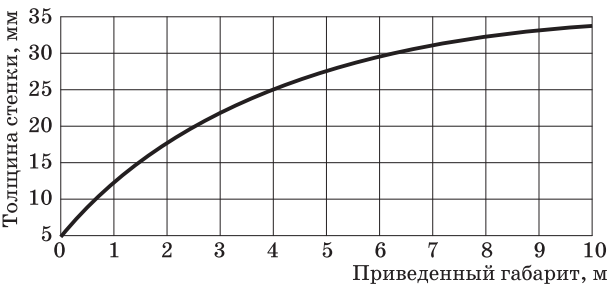


Рис. 4.1. Диаграмма Рихтера для определения толщины стенок литых деталей из серого чугуна в зависимости от приведенного габаритного размера

Таблица 4.1

Минимальная толщина стенки чугунной отливки

Технологические параметры отливки		Минимальная толщина стенки отливки в зависимости от марки чугуна, мм		
Наибольший габаритный размер, мм	Примерная масса, кг	СЧ15	СЧ20...СЧ25	СЧ30...СЧ35
До 250	До 5	6	10	12
251...500	25	8	12	12...14
501...750	100	100	14	14...16
751...1000	250	12	15	16...18
1001...1500	500	14	16	18
1501...2000	750	16	18	20
2001...2500	1500	18	20	22
2501...3000	3000	20	20	22
3001...5000	5000	22	22	22
От 5001	Свыше 5000	25	25	25

Толщина, расположение и форма стенок отливки должны способствовать спокойному заполнению формы сплавом. Для этого необходимо избегать тонких и плоских горизонтально расположенных стенок с развитой поверхностью, так как на них часто образуется брак по недоливам и неспаям. На больших горизонтально расположенных поверхностях нередко наблюдаются газовые,

шлаковые и земляные раковины, скопления неметаллических включений (рис. 4.2, *а*), поэтому такие поверхности желательно заменять наклонными, как показано на рис. 4.2, *б*.

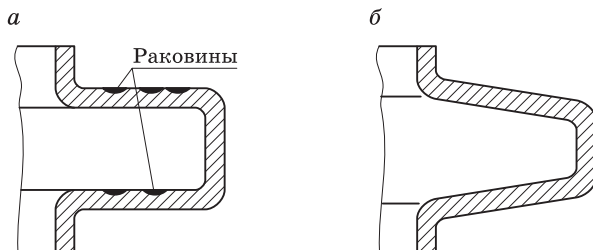


Рис. 4.2. Конструкция отливки до (*а*) и после (*б*) изменения наклона горизонтальных поверхностей

2. Базовой поверхностью литой детали может служить та часть отливки, которая связана с наиболее ответственными элементами конструкции детали. Это, как правило, необрабатываемая поверхность, имеющая наибольшие размеры, либо осевая линия, проходящая через центр детали или основного отверстия детали, и т.п. Не рекомендуется использовать в качестве базы для разметки места расположения прибылей плоскости, склонные к короблению, а также плоскости, располагающиеся по обе стороны линии разъема формы.

3. При проектировании литой детали необходимо стремиться к ее равностенности, плавным переходам от тонких сечений к толстым, без больших местных скоплений металла и острых углов, так как в местах утолщения стенок могут образовываться дефекты усадочного характера (усадочные раковины, пористость, трещины). Переход от одного сечения к другому должен оформляться галтелью, радиус которой определяется по стандартам, а для деталей, воспринимающих динамические нагрузки, выполняется сочетанием клина с галтелью (рис. 4.3).

В отливках, имеющих большое количество ребер, необходимо избегать образования массивных скоплений металла, которые могут служить причинами дефектов усадочного характера. Толщину ребер рекомендуется принимать равной 0,7...0,8 толщины стенки.

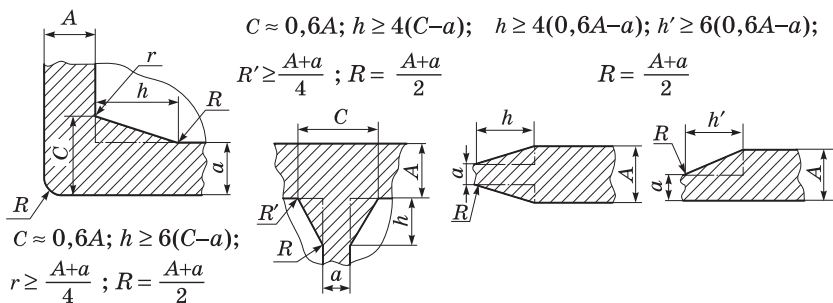


Рис. 4.3. Примеры сопряжения стенок разной толщины

4. В литых деталях необходимо обеспечивать принцип одновременного или направленного затвердевания сплава. Это наиболее действенное средство борьбы с усадочными дефектами (рис. 4.4, а). Правильность конструкции отливки, в которой соблюдается принцип направленного затвердевания, проверяют методом вписанных окружностей, по которому окружность, вписанная в любое нижнее сечение детали (с учетом припусков на механическую обработку), должна свободно проходить в любых

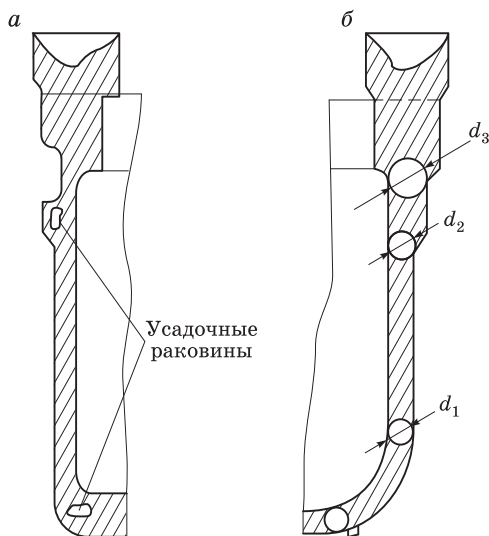


Рис. 4.4. Пример конструкции литой детали:
 а — нетехнологическая; б — технологическая ($d_3 > d_2 > d_1$)

вышележащих сечениях (рис. 4.4, б). В зависимости от конструкции отливки соотношение двух рядом расположенных диаметров (d_1/d_2 или d_2/d_3) рекомендуется принимать в пределах от 1,0 : 1,1 до 1,0 : 1,5.

5. Общим правилом при конструировании литых деталей должно быть стремление к минимальным затратам труда и материалов при изготовлении модельного комплекта. Поэтому необходимо использовать минимальное количество стержней, что повышает размерную точность и качество отливок, снижает трудозатраты на изготовление дополнительных стержневых ящиков и других элементов модельного комплекта. Это может быть достигнуто за счет соединения смежных внутренних полостей или заменой внутренних полостей (рис. 4.5, а) наружными (рис. 4.5, б).

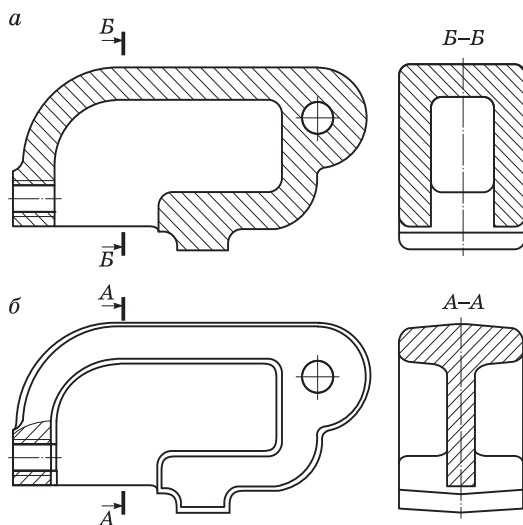


Рис. 4.5. Конструкция отливок до (а) и после (б) устранения внутренних полостей

Повысить технологичность литой детали можно также за счет замены внешних поднутрений (рис. 4.6, а), которые требуют применения стержней или отъемных частей модели, внутренними (рис. 4.6, б).

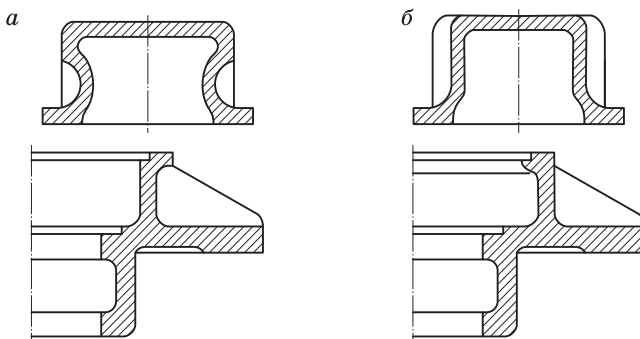


Рис. 4.6. Конструкция отливок до (а) и после (б) устранения внешних поднутрений

Небольшие приливы, бобышки и платики, находящиеся на вертикальных стенках (по направлению формовки, рис. 4.7, а), следует объединять в один общий массив, как показано на рис. 4.7, б, доводя его до плоскости разъема.

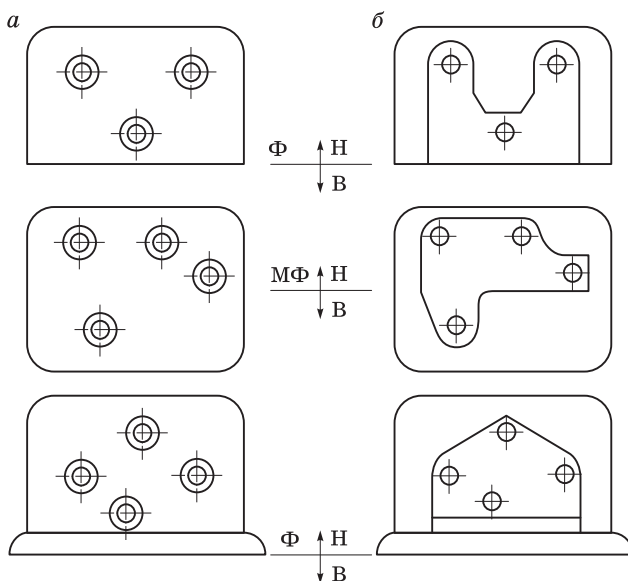


Рис. 4.7. Варианты расположения платиков: а — нетехнологично; б — технологично; Ф — разъем формы; МФ — разъем модели и формы; Н, В — соответственно нижняя и верхняя полуформы

Расстояние между бобышками, приливами и другими выступающими частями, расположенными на горизонтальных плоскостях (по формовке), не должно быть менее указанных в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Расстояние между выступающими частями отливок

Высота выступающих частей H , мм	Расстояние между выступающими частями, мм
До 8	$1,8H$
9...15	$1,6H$
16...25	$1,4H$
26...50	$1,2H$
51...100	H
101...200	$0,8H$
201...300	$0,7H$
Свыше 300	$0,6H$

Проверка наличия внешних и внутренних поднутрений осуществляется с помощью *правила лучей*. Суть данного метода заключается в освещении детали параллельными лучами, перпендикулярными к плоскости разъема моделей и стержневых ящиков. В случае наличия поднутрений на чертеже детали возникают теневые участки (рис. 4.8).

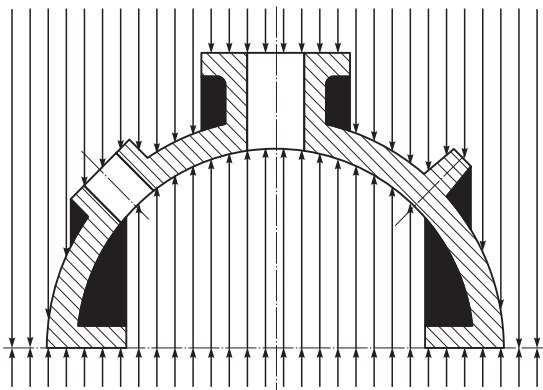


Рис. 4.8. Схема проверки наличия внутренних и внешних поднутрений

6. Литые детали, внутренние полости которых оформляются стержнями, должны иметь достаточное количество окон необходимых размеров для надежной установки и крепления стержней в форме, вывода газов, удаления стержней, а также очистки полученных полостей. Этому требованию удовлетворяют конструкции, имеющие не менее двух окон, расположенных в противоположных плоскостях отливки. Минимальные размеры площадей окон в стенках отливки зависят от объема внутренних полостей, ограниченных наружной стенкой, и определяются по табл. 4.3, а минимальные размеры отверстий, получаемых литьем без последующей механической обработки, зависят от толщины стенки отливки и выбираются по табл. 4.4. Если нужно получить отверстие меньшего диаметра, чем указано в табл. 4.4, необходимо предусмотреть механическую обработку.

Для усиления конструкции и предупреждения образования трещин следует предусматривать отбуртовку окон (рис. 4.9), которая может выполняться с одной или двух сторон стенки отливки. Рекомендуемые размеры отбуртовок с одной стороны приведены в табл. 4.5.

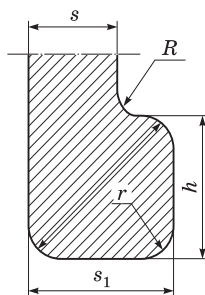


Рис. 4.9. Пример конструктивного оформления отбуртовки в опоках

Таблица 4.3

Минимальные размеры площадей окон в стенках отливки

Объем внутренней полости литой детали, 10^{-3} м^3	Минимальная площадь окна в наружной стенке, 10^{-2} м^2	Объем внутренней полости литой детали, 10^{-3} м^3	Минимальная площадь окна в наружной стенке, 10^{-2} м^2
До 0,5	0,3	Свыше 25 до 50	3; 5
Свыше 0,5 до 1	0,7	» 50 » 100	4,5
» 1 » 3	1,0	» 100 » 250	7,0
» 3 » 5	1,5	» 250 » 500	10,0
» 5 » 10	2,0	» 500 » 1000	14,0
» 10 » 25	2,5	Свыше 1000	18,0

Таблица 4.4

**Минимальные размеры литых отверстий
при различной толщине стенки отливки**

Толщина стенки отливки, мм	Наименьший диаметр литого отверстия, мм	Толщина стенки отливки, мм	Наименьший диаметр литого отверстия, мм
От 6 до 10	30	Свыше 30 до 40	70
Свыше 10 до 20	40	» 40 » 50	80
» 20 » 30	50		

Таблица 4.5

Размеры отбуртовок

Толщина стенки детали s , мм	Размеры отбуртовки (см. рис. 4.9), мм				Толщина стенки детали s , мм	Размеры отбуртовки (см. рис. 4.9), мм			
	s_1	h	R	r		s_1	h	R	r
6	4	10	6	2	16	9	22	9	6
7	5	12	8	3	18	10	25	10	6
8	6	13	8	3	20	10	28	10	8
10	6	15	8	3	22	10	30	10	8
12	8	18	8	5	25	10	32	10	10
14	8	20	8	5	28	10	35	10	10

Соблюдение основных принципов конструирования литых деталей позволяет получать технологичные с точки зрения литейного производства отливки, требующие минимальных затрат на их изготовление.

4.3. Разработка литейно-модельных указаний

Чертеж элементов литейной формы. Он оформляется на копии чертежа детали в соответствии с «Правилами выполнения чертежей литейной формы и отливки» (ГОСТ 3.1125–88). При разработке такого чертежа необходимо выполнить следующие основные работы и технологические указания:

- определить и указать плоскость разъема модели и формы и положение отливки при заливке;
- указать припуски на механическую обработку;

- указать припуск на усадку сплава;
- нанести литейные уклоны;
- изобразить контуры стержней, их знаки и фиксаторы с необходимыми уклонами и зазорами;
- показать направление набивки, плоскость разъема стержневого ящика, места вывода газов из формы и стержней;
- указать места установки жеребеек;
- показать отъемные части моделей;
- показать холодильники, их размеры и количество;
- указать усадочные ребра, стяжки, пробы для механических и других испытаний, технологические приливы;
- показать литниковую систему, сечения ее элементов с указанием площадей и количества.

Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме. При выборе плоскости разъема и положения отливки в форме очень часто имеется несколько вариантов. Поэтому выбор оптимального варианта учитывает соблюдение следующих основных правил:

- наиболее целесообразно получение отливок в одной полуформе; если это выполнить невозможно, то следует основную часть отливки располагать в нижней полуформе;
- ответственные обрабатываемые поверхности отливок должны располагаться внизу или на боковых поверхностях формы;
- отливку в форме следует располагать так, чтобы при ее охлаждении соблюдался принцип одновременного или направленного затвердевания сплава;
- линия разъема модели не должна проходить по базовым поверхностям отливки или по поверхностям с пониженной шероховатостью;
- разъем модели и формы должен обеспечивать применение минимального количества стержней и отъемных частей на модели, удобную сборку и установку стержней в нижней полуформе.

Разъем модели и формы на чертеже детали показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком «X–X», над которой указывается буквенное обозначение: МФ — в случае применения разъемных моделей, Ф — неразъемных. Направление разъема обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками, перпендикулярными к линии разъема. Положение отливки в форме при заливке показывают буквами В (верх) и Н (низ), расположенными у стрелок, обозначающих направление разъема (рис. 4.10).

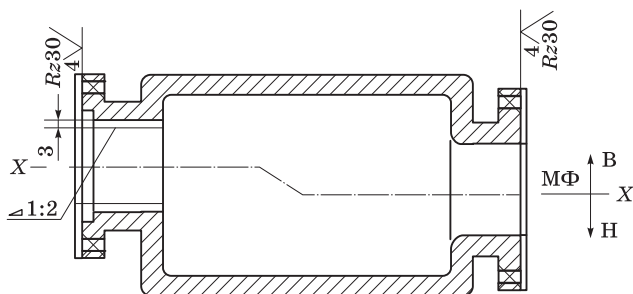


Рис. 4.10. Пример указания разъема формы и модели, положения детали при заливке и припусков на механическую обработку

Припуск на механическую обработку. Припуск на механическую обработку предусматривается только на обрабатываемых плоскостях и назначается с учетом общего допуска элемента поверхности, вида окончательной механической обработки и ряда припуска на отливку по ГОСТ 26645–85. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующий:

1) по принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяют степень точности поверхностей (ГОСТ 26645–85, прил. 3, табл. 11);

2) по степени точности поверхности определяют ряд припуска отливки (ГОСТ 26645–85, прил. 6, табл. 14);

3) на основании принятого технологического процесса получения отливки, наибольшего габаритного размера и типа сплава выбирают класс размерной точности отливки (ГОСТ 26645–85, прил. 1, табл. 9);

4) по отношению наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине элемента отливки), типу формы (разовые или многоразовые), намеченной термообработке определяют степень коробления элементов отливки (ГОСТ 26645–85, прил. 2, табл. 10);

5) по интервалу номинальных размеров и классу размерной точности детали определяют допуск размеров отливки (ГОСТ 26645–85, табл. 1);

6) по номинальному размеру нормируемого участка отливки и степени коробления элементов отливки выбирают допуск формы и расположение элементов отливки (ГОСТ 26645–85, табл. 2);

7) на основании допуска размеров отливки, допуска формы и расположения поверхности определяют общий допуск элемента отливки (ГОСТ 26645–85, прил. 8, табл. 16);

8) по общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяют общий припуск на сторону (ГОСТ 26645–85, табл. 6).

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (допускается выполнять ее красным цветом). Величину припуска указывают числом перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами (рис. 4.10). Отверстия, впадины и канавки, не выполняемые при отливке детали, зачеркивают сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять красным цветом (рис. 4.10).

Припуски на усадку сплава. При разработке чертежа элементов литейной формы в технических условиях на отливку указывается величина усадки сплава (в процентах), которая учитывается при изготовлении модельного комплекта. Величину усадки для различных сплавов выбирают по табл. 4.6, причем верхний предел берется для отливок с простой конфигурацией поверхности, в которых преобладает свободная усадка, а нижний — для сложных отливок со стержнями, имеющих затрудненную усадку.

Таблица 4.6

Линейная усадка литейных сплавов

Сплавы	Линейная усадка, %
Чугун:	
серый	1,0...1,3
белый	1,6...2,3
ковкий перлитный	1,2...2,0
ковкий ферритный	1,0...1,2
высокопрочный	1,2...1,5
Сталь:	
углеродистая (0,14...0,75% С)	1,5...2,0
марганцевая (до 14% Mn)	2,5...3,8
хромоникелевая (25% Cr, 20% Ni)	1,8...2,2
Бронза:	
оловянистая	1,4...1,6
алюминиевая	1,5...2,4

Окончание табл. 4.6

Сплавы	Линейная усадка, %
Латунь:	
кремнистая	1,6...1,8
цинковая	1,5...2,2
Магниеые сплавы	1,1...1,9
Алюминиевые сплавы	1,0...2,0
Силумин (8...14% Si)	1,0...1,2
Дюралюминий (3,5...5,5% Cu)	0,8...1,0
Цинковые сплавы	1,0...1,5

Размеры модели l_m с учетом усадки определяют по формуле

$$l_m = l_{\text{отл}} \left(1 + \frac{\varepsilon_{\text{л}}}{100} \right),$$

где $l_{\text{отл}}$ — размер отливки по чертежу, мм; $\varepsilon_{\text{л}}$ — линейная усадка, %.

Литейные уклоны. Технологические формовочные уклоны выполняются на формообразующих поверхностях, расположенных перпендикулярно к линии разъема, для облегчения извлечения модели из литейной формы.

При назначении величины формовочных уклонов следует руководствоваться ГОСТ 3212–92. В зависимости от требований, предъявляемых к поверхностям отливок, условий ее сопряжения с другими деталями технологические уклоны следует выполнять:

□ на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку — за счет увеличения размеров отливки (рис. 4.11, а);

□ на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими поверхностями, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рис. 4.11, б);

□ на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими поверхностями, за счет уменьшения (рис. 4.11, в) или увеличения (рис. 4.11, г) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

Стержневые знаки. Для оформления внутренних полостей, наружных углублений и выступов на отливках применяются стерж-

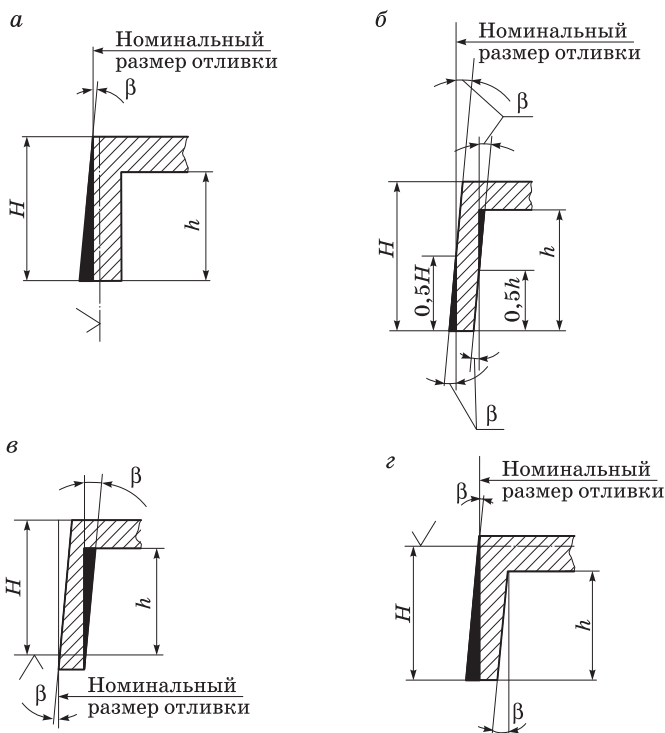


Рис. 4.11. Формовочные уклоны на рабочих поверхностях моделей:
а, г — на наружных; б, в — на наружных и внутренних

ни. Установка и фиксация стержня в форме осуществляется с помощью стержневых знаков, которые в зависимости от положения стержня при сборке могут быть горизонтальными (рис. 4.12, а) и вертикальными (рис. 4.12, б). Конфигурация стержневых знаков выбирается в соответствии с ГОСТ 3212–92 и зависит от размеров сечения знаков $(a + b)/2$ или D , длины стержня (L), положения его в форме (вертикальное, горизонтальное) и способа формовки.

Длина l знака консольного стержня (рис. 4.13, а) может быть увеличена до длины L стержня. Высоту верхних вертикальных знаков принимают равной не более 0,5 высоты нижних вертикальных знаков, определенных по ГОСТ 3218–92. При отношении L/D или $\frac{2L}{a+b} \geq 5$ нижний вертикальный знак рекомендуется

выполнять в соответствии с рис. 14.13, б. Формовочные уклоны

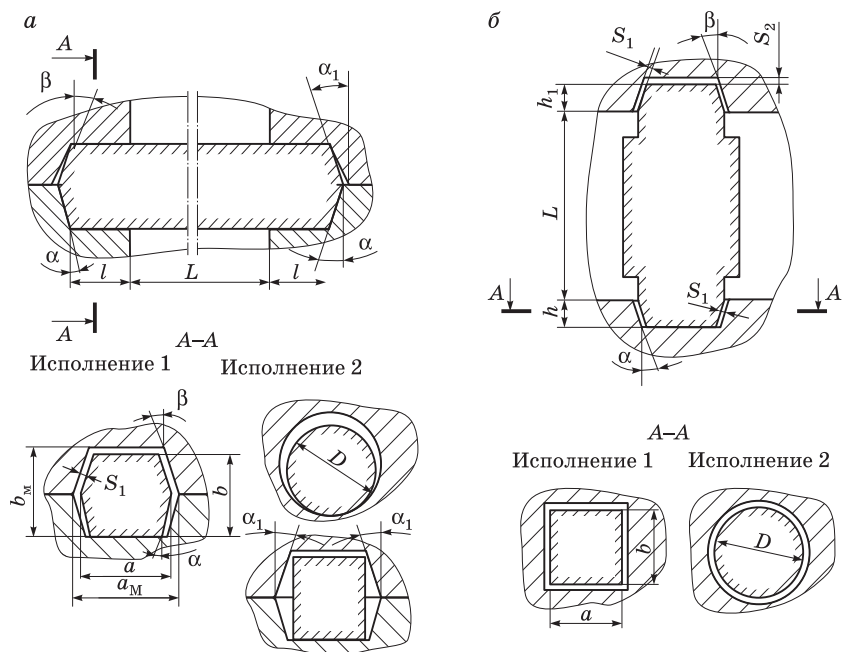


Рис. 4.12. Стержневые знаки

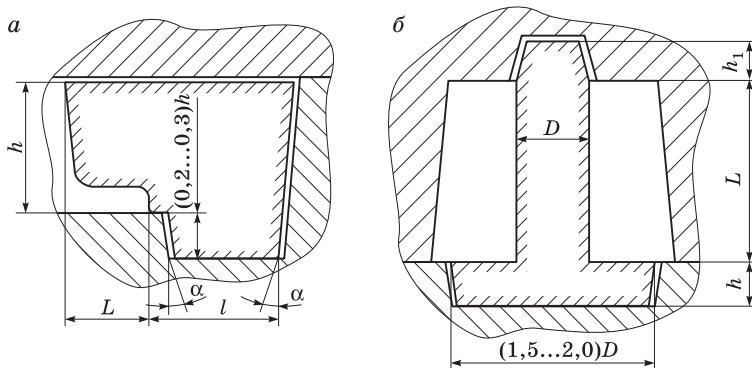


Рис. 4.13. Примеры выполнения стержневых знаков:
a — консольного стержня; *б* — вертикального тонкого стержня

на знаковых поверхностях (α , β , α_1), предназначенные для облегчения сборки форм, в зависимости от высоты знака и расположения его в форме должны соответствовать размерам, указанным в ГОСТ 3212–92. Под **знаковой поверхностью** понимают поверхность модельного комплекта, формирующую части литейной формы или стержня, не подлежащих соприкосновению с жидким металлом.

Между поверхностью формы и знаковой частью стержня следует предусмотреть технологические зазоры (S_1 и S_2), которые

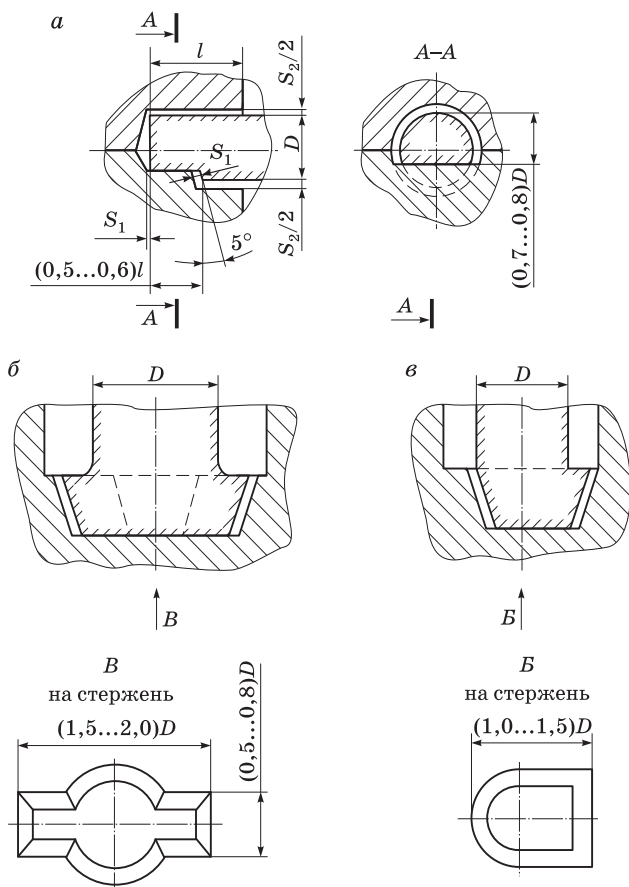


Рис. 4.14. Примеры конструктивного исполнения стержневых знаков

необходимы для правильной установки стержней в форму. Величина зазоров S_1 и S_2 зависит от наибольшей высоты знаков и длины стержня между опорами и должна соответствовать значениям, приведенным в ГОСТ 3212–92.

Для обеспечения точной фиксации стержня и предотвращения его смещения относительно оси в литейной форме применяют стержневые знаки с фиксатором. Такие фиксаторы можно выполнять на горизонтальных (рис. 4.14, *а*) и вертикальных (рис. 14.4, *б, в*) знаках.

Стержни, их знаки и фиксаторы, знаки моделей на чертеже детали изображаются в масштабе чертежа сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Контуры стержней и знаков следует наносить на минимальном количестве изображений, обеспечивая при этом необходимое для изготовления модельного комплекта представление о контурах, расположении стержней и размерах знака. Стержни в разрезе штрихуются только у контурной линии (ГОСТ 3.1125–88) и обозначаются буквами «ст.» и номером (например, ст. 5), соответствующим порядковому номеру при сборке формы. Кроме того, на чертеже указывается направление набивки стержня ($\rightarrow$), разъем стержневого ящика ($\leftarrow$) и выход газов (ВГ↓).

4.4. Проектирование моделей

При проектировании моделей необходимо стремиться к простоте их конструкции, отвечающей выбранному технологическому процессу получения формы. Они должны быть легкими, прочными и достаточно жесткими. Исходные данные для определения толщины стенки металлической модели — ее длина L и ширина B , определяющие средний габаритный размер $(L + B)/2$. Рекомендованная толщина стенок моделей в зависимости от их среднего габаритного размера и материала, из которого они изготавливаются, приведена в табл. 4.7.

Модели со средним габаритным размером до 160 мм, а также низкие модели ($H \leq 25$ мм) допускается делать цельнолитыми. Во всех остальных случаях изготавливают пустотелые модели. При уплотнении формовочной смеси под давлением 1...4 МПа необходимо увеличивать толщину стенок пустотелых моделей на 30...35%.

Таблица 4.7

Толщина стенок моделей

Материал модели	Толщина стенок модели при $(L + B)/2$, мм			
	до 250	250...400	400...630	630...1000
Алюминиевые сплавы	8	9	10	12
Чугун	6	7	8	10

Конструкция элементов крепления моделей к подмодельным плитам зависит от габаритных размеров самой модели. Для невысоких моделей ($H < 100$ мм) рекомендуется осуществлять крепление с помощью специальных приливов (рис. 4.15, *а*, исполнение 1 и 2; рис. 4.16, исполнение 1, 2 и 4), размеры которых должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 4.8 и 4.9. Приливы могут быть изготовлены либо под одну крепежную деталь (рис. 4.15, *б*, исполнение 1), либо под крепежную деталь и центрирующий штифт (рис. 4.15, *б*, исполнение 2; рис. 4.16 исполнение 3 и 5).

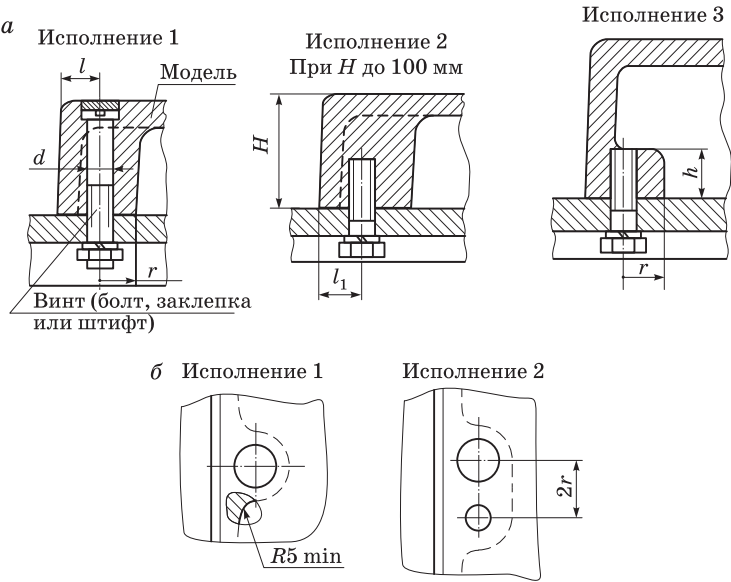


Рис. 4.15. Конструкция элементов крепления модели к подмодельным плитам:

а — приливы под крепежную деталь; *б* — приливы под крепежную деталь и центрирующий штифт

Таблица 4.8

Размеры элементов крепления моделей, мм

d	R (пред. откл. ± 2 мм)	l , не менее	l_1 , не менее	h (пред. откл. ± 2 мм)
5	10	12	12	—
6	10	12	12	—
8	12	15	12	16
10	16	18	14	20
12	20	22	16	25
16	25	30	20	32

Для моделей с $H > 100$ мм крепление производится с помощью отбуртовки, расположенной по всему или части периметра основания модели (см. рис. 4.15, а, исполнение 3).

Таблица 4.9

Размеры крепежных деталей, мм

Средний габаритный размер части модели $\frac{L+B}{2}$ или D	d	d_1	d_2 (пред. откл. по $H7$)	h , не более	Поз. 1. Болт по ГОСТ 7802–81	Поз. 2. Гайка по ГОСТ 5927–70
					Обозначения	
До 100	6	12	16	13,5	$M6 \times l$ 48.05	M6.6.05
Свыше 100 до 250	8	15	16	13,5	$M8 \times l$ 48.05	M8.6.05
» 250 » 400	10	19	20	15,5	$M10 \times l$ 48.05	M10.6.05
Свыше 400	12	22	25	21,4	$M12 \times l$ 48.05	M12.6.05

Продолжение табл. 4.9

Средний габаритный размер части модели $\frac{L+B}{2}$ или D	Поз. 3. Шайба по ГОСТ 6402–70	Поз. 4. Шрифт по ГОСТ 3128–70	Поз. 5. Винт по ГОСТ 1491–72	Поз. 6. Пробка по ГОСТ 20350–74
	Обозначения			
До 100	6.65Г.05	6М7× l	$M6 \times l$ 48.05	0298-1401
Свыше 100 до 250	8.65Г.05		$M8 \times l$ 48.05	0298-1401
» 250 » 400	10.65Г.05		$M10 \times l$ 48.05	0298-1402
Свыше 400	12.65Г.05		$M12 \times l$ 48.05	0298-1403

Примечания: 1. L, B — соответственно длина и ширина части модели. 2. Допускается применение болтов по ГОСТ 7798–70, гаек — по ГОСТ 5915–70. 3. Размер l выбирается конструктивно.

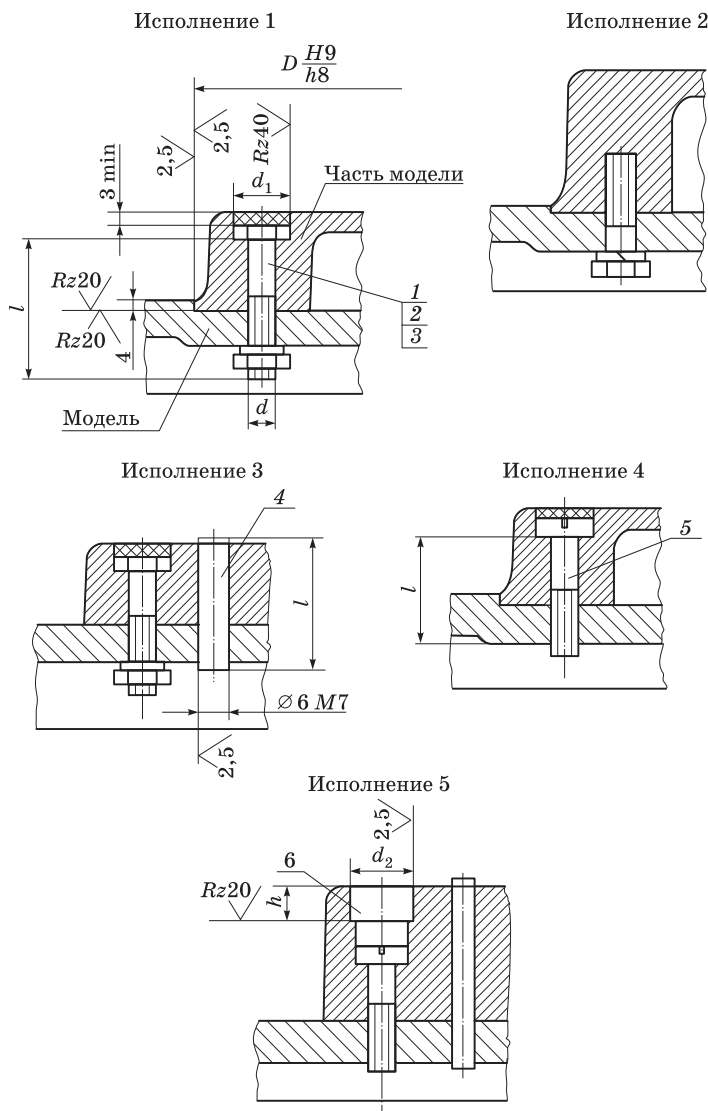


Рис. 4.16. Конструкция элементов крепления модели к подмодельным плитам. Исполнение 1, 2, 4 — врезкой модели в подмодельную плиту; исполнение 3, 5 — накладкой модели на подмодельную плиту: 1 — болт; 2 — гайка; 3 — шайба; 4 — штифт; 5 — винт; 6 — пробка

Крепление моделей питателей, шлакоуловителей, дросселей осуществляется сверху винтами или заклепками, диаметр которых выбирается конструктивно в зависимости от размеров элементов литниковой системы. Фиксирование и крепление стояка на модельных плитах может осуществляться штырями.

Модели-фальшивки, применяемые для получения земляного болвана, могут крепиться к подмодельным плитам с помощью врезных бортов (рис. 4.17, а) или вставкой в специальные приливы на плитах (рис. 4.17, б) и соответствовать размерам, указанным в табл. 4.10.

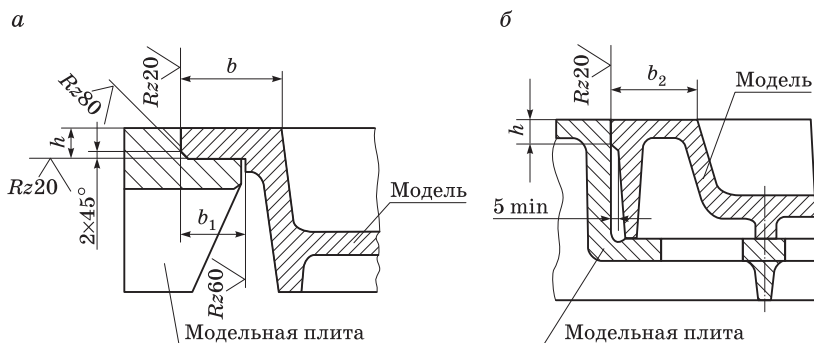


Рис. 4.17. Крепление моделей-фальшивок к подмодельным плитам

Таблица 4.10

Размеры элементов крепления моделей-фальшивок, мм

Средний габаритный размер модели $(L + B)/2$ или D	b	b_1	b_2	h
До 160	36	24	20	10
Свыше 160 до 250	40	28	20	10
» 250 » 400	45	32	25	14
» 400 » 630	50	36	32	16
» 630 » 1000	67	50	40	20

Жесткость моделей обеспечивается с помощью специальных ребер, толщина которых принимается равной 0,8 толщины стенки модели. Формовочные уклоны на ребрах берутся в пределах $1...3^\circ$. Минимальное расстояние между ребрами должно быть

не менее 60 мм, а максимальное — не более 250 мм. Примеры расположения ребер жесткости на круглых и прямоугольных моделях приведены на рис. 4.18, а, б. Количество ребер жесткости, равномерно расположенных по периметру модели, рекомендуется выбирать по табл. 4.11.

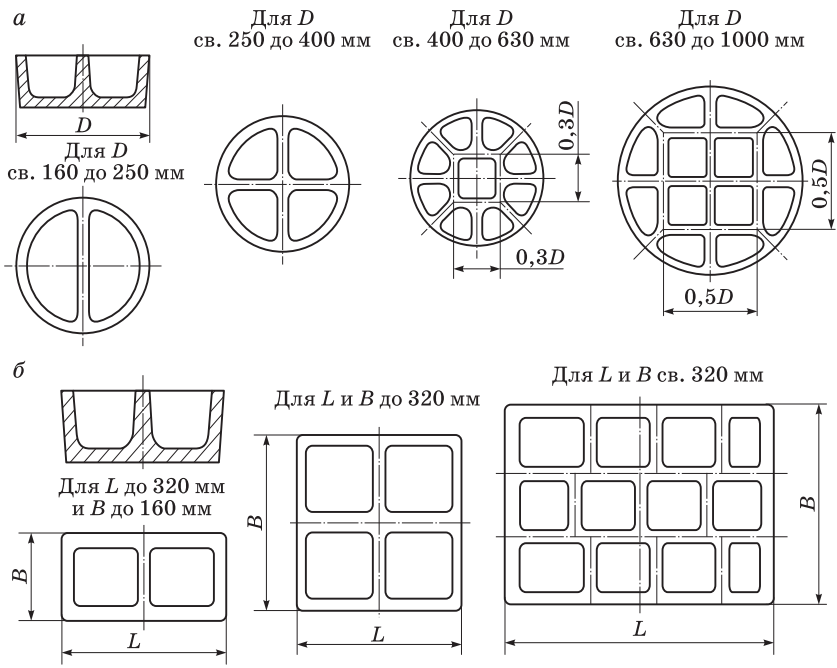


Рис. 4.18. Примеры расположения ребер жесткости:
а — на круглых моделях; б — на прямоугольных моделях

Таблица 4.11

Количество ребер жесткости в модели

L_1 или B_1	Количество ребер (равномерно расположенных)	L_1 или B_1	Количество ребер (равномерно рас- положенных)
Свыше 320 до 400	1; 2	Свыше 1000 до 1250	4; 5
» 400 » 630	2; 3	» 1250 » 1600	5; 6
» 630 » 1000	3; 4	» 1600 » 2000	6; 7

Конструкция ребер жесткости может быть следующей. Они могут доходить до плоскости разреза. Такая конструкция ребер жесткости применяется для невысоких моделей ($H \leq 100$ мм) с горизонтально расположенными формообразующими поверхностями большой протяженности. В высоких моделях прямоугольной, круглой или цилиндрической формы с небольшой опорной поверхностью делают арочные ребра (рис. 4.19, а, в). Мелкие и средние модели ($D \leq 250$ мм) могут иметь ребра жесткости, приподнятые на 10 мм и более над плоскостью разреза (рис. 4.19, б).

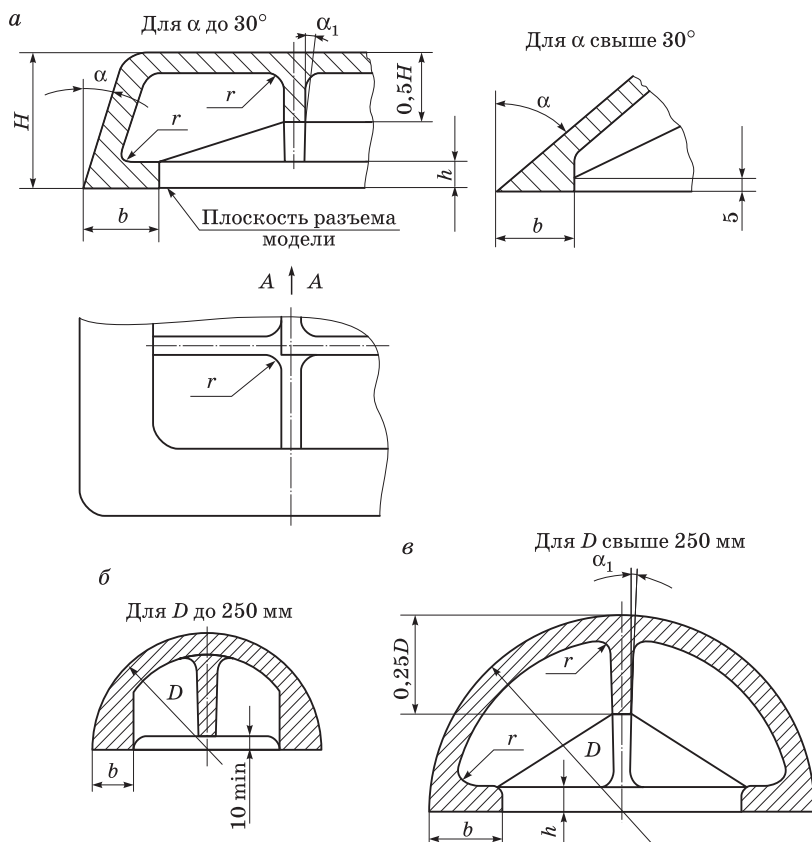


Рис. 4.19. Борты и ребра прямоугольных, круглых и цилиндрических моделей:

а — прямоугольные и круглые модели; б, в — цилиндрические модели

Модели со средними габаритными размерами $(L + B)/2$ более 630 мм допускается изготавливать сборными, крепление отдельных частей которых изображено на рис. 4.20, а размеры рекомендуемых крепежных деталей приведены в табл. 4.12.

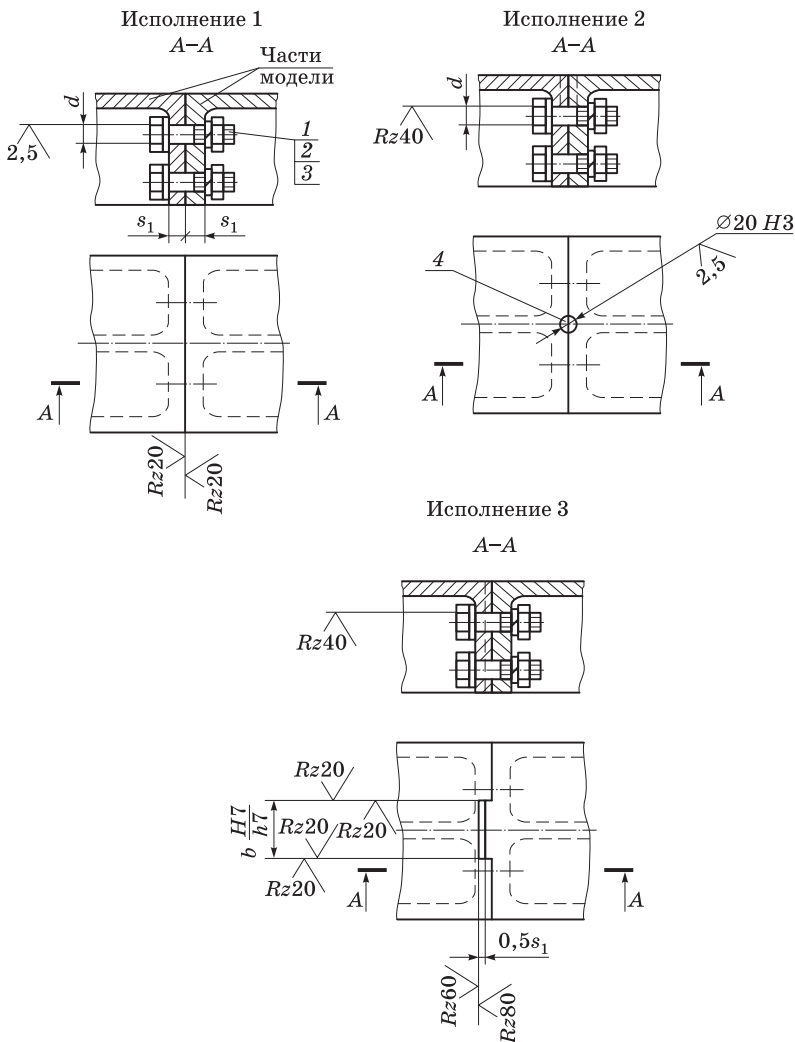


Рис. 4.20. Примеры скрепления отдельных частей сборных моделей:
1 — болт; 2 — гайка; 3 — шайба; 4 — центрирующий штифт

Центрирование скрепляемых отдельных частей модели относительно друг друга может осуществляться крепежными болтами (рис. 4.20, исполнение 1), штифтом (исполнение 2) или выступом (исполнение 3).

Таблица 4.12

Размеры крепежных деталей

Средний габаритный размер сборной модели $\frac{L+B}{2}$	Исполнение	s_1	d		Поз. 1. Болт по ГОСТ 7802–81	Поз. 2. Гайка по ГОСТ 5927–70	Поз. 3. Шайба по ГОСТ 6402–70
			Пред. откл. по H3	Пред. откл. по H7	Обозначения		
Свыше 630 до 1000	1	18	13	—	$12 \times 55.58.019$	12.5.05	12.65Г.05
	2		—	13	—		
	3		—	13	—		
» 1000 » 1600	1	20	17	—	$16 \times 65.58.019$	16.5.05	16.65Г.05
	2		—	17	—		
	3		—	17	—		
» 1600 » 2000	1	25	21	—	$12 \times 55.58.019$	20.5.05	20.65Г.05
	2		—	22	—		
	3		—	22	—		

При изготовлении отливок, имеющих наружные поднутрения, можно использовать модель с отъемными частями, которые должны строго фиксироваться с моделью и в то же время легко отделяться от нее при извлечении модели из формы. Фиксирование отъемных частей может осуществляться методом «ласточкин хвост», который выполняется непосредственно в теле модели (рис. 4.21) или с использованием накладных пластин (рис. 4.22), а также с помощью центрирующих штырей (рис. 4.23). Размеры отъемных частей моделей должны соответствовать данным, приведенным в табл. 4.13. Размеры l и r определяются конструктивно.

Количество штифтов, винтов, заклепок, штырей и их расположение определяются конструктивно. Материал направляющих пластин и планок — сталь марки Ст3 (ГОСТ 380–94).

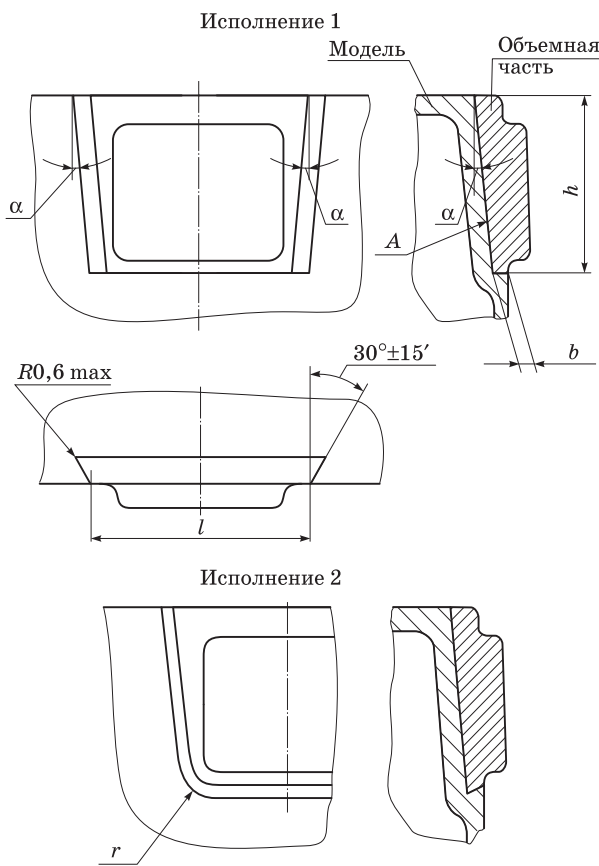


Рис. 4.21. Фиксирование отъемных частей моделей методом «ласточкин хвост»

Таблица 4.13
Размеры элементов фиксирования
отъемных частей

Высота отъемной части h , мм	b , мм, не менее	α , не менее
До 50	8	3°
Свыше 50 до 100	10	
» 100 » 160	12	
» 160 » 250	15	2°
» 250 » 400		1°30'

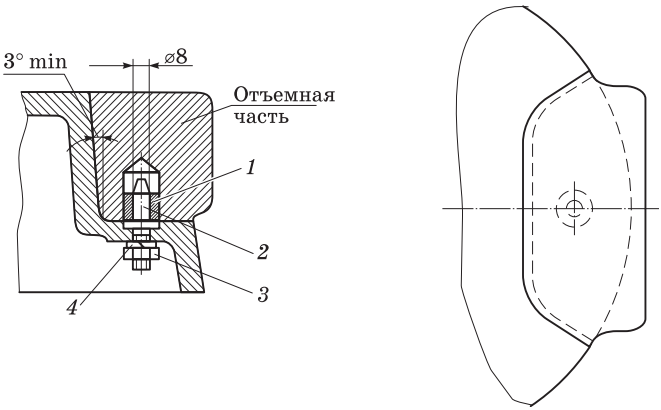


Рис. 4.23. Фиксирование отъемных частей моделей штырями:
1 — втулка; 2 — штырь; 3 — гайка; 4 — шайба

Конструкция и размеры открытых прибылей должны соответствовать указанным в табл. 4.14 и на рис. 4.24.

Таблица 4.14

Размеры элементов фиксирования открытых прибылей

Средний габаритный размер прибы- ли $\frac{L+B}{2}$ или D	d	Поз. 1. Втулка по ГОСТ 17387-72	Поз. 2. Штырь по ГОСТ 19381-74	Поз. 3. Гайка по ГОСТ 5927-70
		Обозначения		
До 160	8	1032-1351	0292-0402	M8.5.05
Свыше 160 до 250	12	1032-1355	0292-0413	M10.5.05
» 250 » 400	16	1032-1358	0292-1358	M12.5.05

Продолжение табл. 4.14

Средний габаритный размер прибы- ли $\frac{L+B}{2}$ или D	Поз. 4. Шайба по ГОСТ 6402-70	Поз. 5. Винт по ГОСТ 17475-72	Поз. 6. Штифт по ГОСТ 3128-70
	Обозначения		
До 160	8.65Г.05		
Свыше 160 до 250	10.65Г.05	M8 × 30.48.05	8М7 × 30
» 250 » 400	12.65Г.05		

При фиксировании прибыли с помощью штырей и втулок (рис. 4.24, исполнение 1) количество мест фиксирования и их расположение определяются конструктивно. При фиксировании

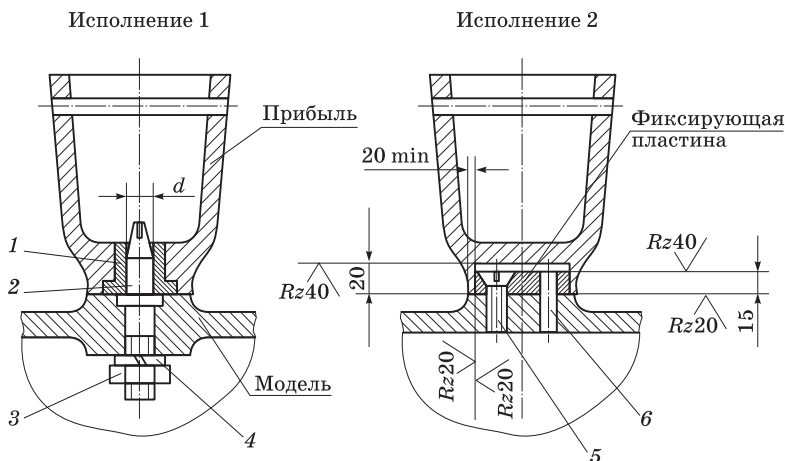


Рис. 4.24. Фиксирование открытых прибылей штырем или пластиной

прибыли с помощью пластин (рис. 4.24, исполнение 2) количество винтов, штифтов и их расположение определяются конструктивно. Материал фиксирующей пластины — сталь марки Ст3.

Конструкция и размеры фиксирования и крепления закрытых круглых прибылей должны соответствовать указанным в табл. 4.15 и на рис. 4.25, а размеры l и D_1 определяются конструктивно.

Таблица 4.15

Размеры элементов крепления закрытых круглых прибылей

D , мм	Поз. 1. Болт по ГОСТ 7802–81	Поз. 2. Гайка по ГОСТ 5927–70	Поз. 3. Шайба по ГОСТ 6402–70
	Обозначения		
До 100	M10 × l.48.05	M10.6.05	10.65Г.05
Свыше 100 до 160	M12 × l.48.05	M12.6.05	12.65Г.05
» 160 » 250			

Газоотводные выпоры устанавливаются в верхних частях модели. Конструкция и размеры газоотводных выпоров должны соответствовать указанным на рис. 4.26 и в табл. 4.16. Материал газоотводных выпоров — сталь марки Ст3.

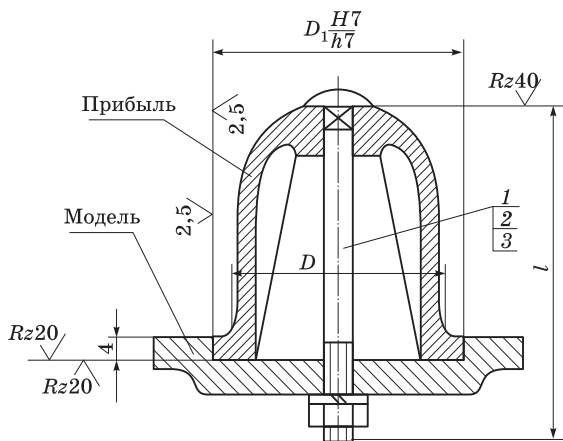


Рис. 4.25. Крепление закрытой прибыли к модели отливки

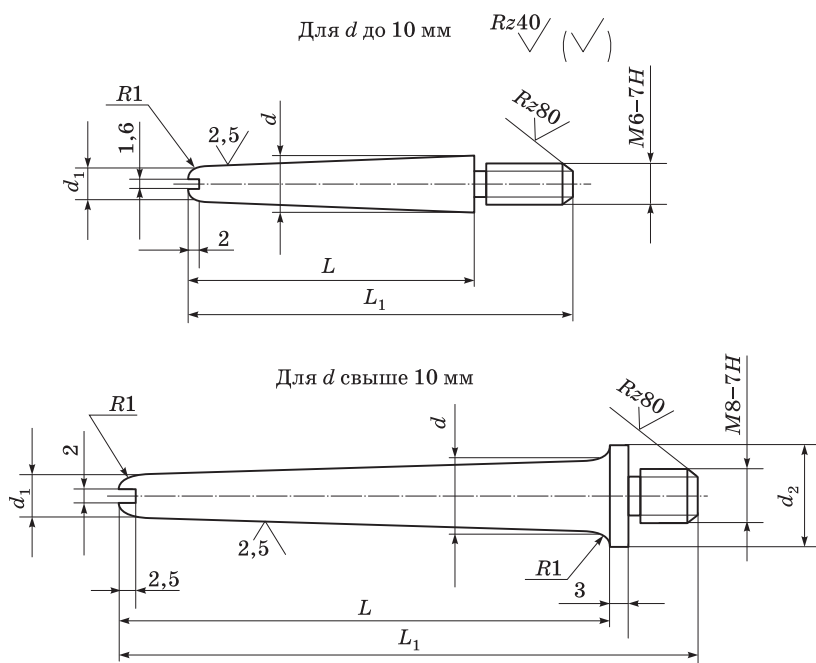


Рис. 4.26. Конструкции газоотводных выпоров

Таблица 4.16

Размеры газоотводных выпоров

Обозначение газоотводных выпоров	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	L , мм	L_1 , мм	Масса 100 шт, кг
0219-0101	8	5	—	40	55	1,23
0219-0102					70	1,25
0219-0103				50	65	1,48
0219-0104					80	1,50
0219-0105				63	78	1,75
0219-0106					93	1,78
0219-0107	10	5	—		78	2,42
0219-0108					93	2,46
0219-0109				71	86	2,78
0219-0111					100	2,80
0219-0112				80	95	3,12
0219-0113					110	3,15
0219-0114				90	105	3,48
0219-0115					120	3,52
0219-0051	12	6	16	63	78	4,50
0219-0116					93	4,70
0219-0052				80	95	5,30
0219-0117					110	5,50
0219-0053				100	115	6,15
0219-0118					130	6,30
0219-0054				120	135	7,40
0219-0119					150	7,35
0219-0055				140	155	8,40
0219-0121					170	8,55
0219-0056				160	175	11,33
0219-0122					190	11,60

Окончание табл. 4.16

Обозначение газоотводных выпоров	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	L , мм	L_1 , мм	Масса 100 шт, кг
0219-0065	16	10	20	71	86	8,59
0219-0123					100	8,90
0219-0066				85	100	10,18
0219-0124					115	10,50
0219-0067				100		11,77
0219-0125					130	12,10
0219-0068				120	135	13,89
0219-0126					150	14,25
0219-0069				140	155	16,00
0219-0127					170	16,35
0219-0070				160	175	19,20
0219-0128					190	19,55
0219-0071				200	215	22,36
0219-0129					230	22,70

Пример условного обозначения газоотводного выпора с размерами $d = 8$ мм, $L = 40$ мм, $L_1 = 55$ мм:

Выпор 0219-0101 ГОСТ 21085–75.

Примеры установки газоотводных выпоров приведены на рис. 4.27.

Фиксирование и крепление съемного стояка на модельных плитах может осуществляться штырями, конструкция и размеры которых должны соответствовать указанным на рис. 4.28 и в табл. 4.17. Стационарные стояки крепятся аналогично газоотводным выпорам.

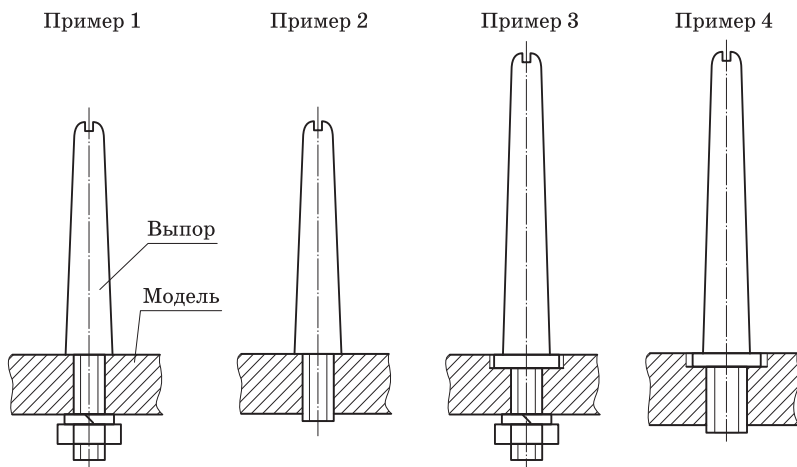


Рис. 4.27. Примеры установки газоотводных выпоров на моделях отливки

Таблица 4.17

Размеры элементов крепления съемного стояка

Диаметр модели стояка или выпора d , мм	d_1 , мм	l , мм, не менее	Поз. 1. Штырь по ГОСТ 20348–74	Поз. 2. Шайба по ГОСТ 6402–70	Поз. 3. Гайка по ГОСТ 5927–70
			Обозначения		
До 25	12	35	0298-1371	8.65Г.05	М8.5.05
25...36	16	40	0298-1372	10.65Г.05	М10.5.05
36...60	20	50	0298-1373	12.65Г.05	М12.5.05

Стержневые знаки на моделях можно изготавливать совместно с моделью или отдельно. Примеры крепления знаковых частей, изготовленных отдельно, приведены на рис. 4.29.

Числовые значения параметров шероховатости различных поверхностей моделей указаны в табл. 4.18.

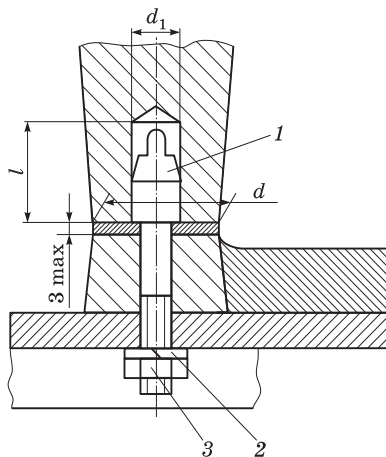


Рис. 4.28. Фиксирование и крепление съемного стояка на модельных плитах:

1 — штырь; 2 — шайба; 3 — гайка

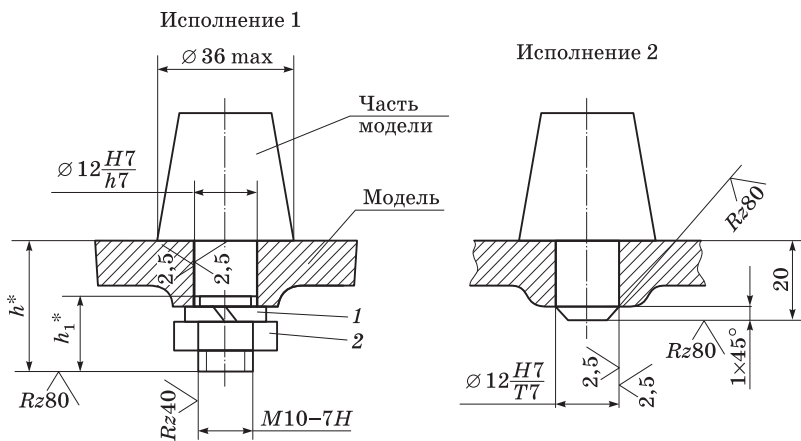
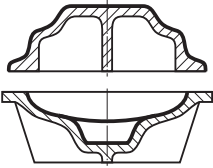
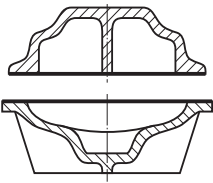
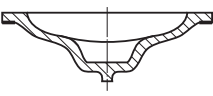
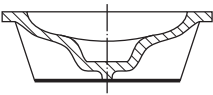


Рис. 4.29. Примеры крепления знаковых частей на моделях отливки:

1 — шайба; 2 — гайка

Таблица 4.18

Шероховатость поверхностей

Наименование поверхностей на модели	Класс точности литейных моделей по ГОСТ 11961–66	Числовые значения параметров шероховатости, мкм		Пример поверхности, для которой указаны числовые значения параметров шероховатости (показана утолщенными линиями)
		для отливок в песчаные формы	для отливок в оболочковые формы из термореактивных смесей и в песчаные формы, и в песчаные формы, уплотняемые под средним и высоким удельным давлением	
Рабочие поверхности	I	Ra от 1,0 до 2,5	Ra от 0,32 до 1,25	
	II			
	III	Rz от 8,0 до 20	—	
Поверхности разъема	I	Ra от 1,0 до 2,5	Ra от 1,0 до 2,5	
	II			
	III	Rz от 8,0 до 20	—	
Плоскости соприкосновения	I	Rz от 8,0 до 20	Rz от 8,0 до 20	
	II			
	III	Rz от 10 до 40	—	
Установочные плоскости	I	Rz от 10 до 40	Rz от 10 до 40	
	II			
	III	Rz от 10 до 80	—	

4.5. Проектирование стержневых ящиков

4.5.1. Виды стержневых ящиков

Стержневые ящики должны отвечать следующим требованиям: обеспечивать удобное и равномерное уплотнение стержня и легкое извлечение его без деформаций и повреждений; иметь достаточно жесткую конструкцию и небольшую массу; быть износостойкими и долговечными; обеспечивать возможность установки каркасов и выполнения вентиляционных каналов.

По конструктивному исполнению стержневые ящики подразделяются на *разъемные* и *неразъемные* (так называемые *вытряхные*). Неразъемные стержневые ящики бывают без вкладышей и с вкладышами, которые служат для выполнения выступающих частей и поднутрений на стержне. В стержневых ящиках без вкладышей корпус является формообразующим элементом, а его внутренняя поверхность соответствует конфигурации стержня. Такие ящики имеют достаточно большие уклоны боковых поверхностей, которые обеспечивают свободное извлечение стержня. Если уклоны на боковых поверхностях стержня не допускаются, то они оформляются вкладышами. В зависимости от размеров стержня вытряхные ящики выполняются *многогнездными* и *одногнездными*.

Разъемные стержневые ящики могут делиться на две и более частей, количество которых зависит от сложности конфигурации стержня. Плоскости разъема частей ящика могут располагаться в любых направлениях. Все отдельные части разъемных стержневых ящиков должны строго фиксироваться относительно друг друга и иметь жесткую конструкцию.

В зависимости от метода изготовления стержней стержневые ящики делятся на ящики *для ручной* и *машинной формовки*, для *пескодувных* и *пескострельных машин*, для *оболочковых стержней*.

4.5.2. Вытряхные стержневые ящики

Основные элементы вытряхных стержневых ящиков — корпус с узлами для транспортировки и установки, вкладыши, отбуртовки, ребра жесткости, броневые покрытия, вентиляционные каналы, элементы герметизации и др.

Основным элементом, определяющим прочность стержневого ящика, является его стенка, толщина которой зависит от среднего габаритного размера ящика $\left(\frac{L+B}{2} \text{ или } D\right)$. Жесткость стержневого ящика обеспечивается вертикальными ребрами жесткости (рис. 4.30). Толщина и высота ребер жесткости ящика, их уклоны должны соответствовать размерам, приведенным в табл. 4.19, 4.20.

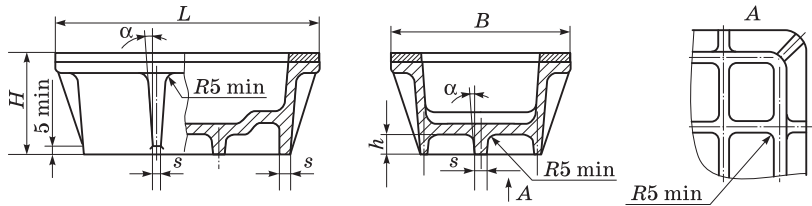


Рис. 4.30. Ребра жесткости вытряхного стержневого ящика

Таблица 4.19

Толщина и высота ребер жесткости вытряхных стержневых ящиков, мм		
Средний габаритный размер стержневого ящика $\frac{L+B}{2}$ или D	s (пред. откл. ± 1)	h , не менее
До 250	7	15
Свыше 250 до 400	8	20
» 400 » 630	10	25
» 630 » 850	12	30
» 850 » 1000	14	40

Таблица 4.20

Уклоны ребер жесткости			
H , мм	α , не более	H , мм	α , не более
До 50	3°	Свыше 100 до 200	1°30'
Свыше 50 до 100	2°	Свыше 200	1°

Расположение ребер жесткости и их количество зависят от конфигурации стержневого ящика и его габаритных размеров. Рекомендуемые конструкции ребер жесткости для прямоугольных, круглых и цилиндрических стержневых ящиков приведены на рис. 4.31–4.33, а их количество и необходимые конструктивные размеры должны соответствовать данным, приведенным в табл. 4.21, 4.22.

Таблица 4.21

Количество ребер жесткости прямоугольных стержневых ящиков

L_1 или B_1 , мм	Количество ребер (равномерно расположенных)	L_1 или B_1 , мм	Количество ребер (равномерно расположенных)
Свыше 160 до 250	2; 3	Свыше 400 до 630	4; 5
» 250 » 400	3; 4	» 630 » 1000	5; 6

Таблица 4.22

Расстояния между ребрами жесткости цилиндрических стержневых ящиков, мм

D	b	b_1 , не менее	D	b	b_1 , не менее
Свыше 160 до 200	90...120	15	Свыше 320 до 400	180...250	30
» 200 » 250	110...160	20	» 400 » 500	230...300	40
» 250 » 320	150...200	25	» 500 » 630	280...380	

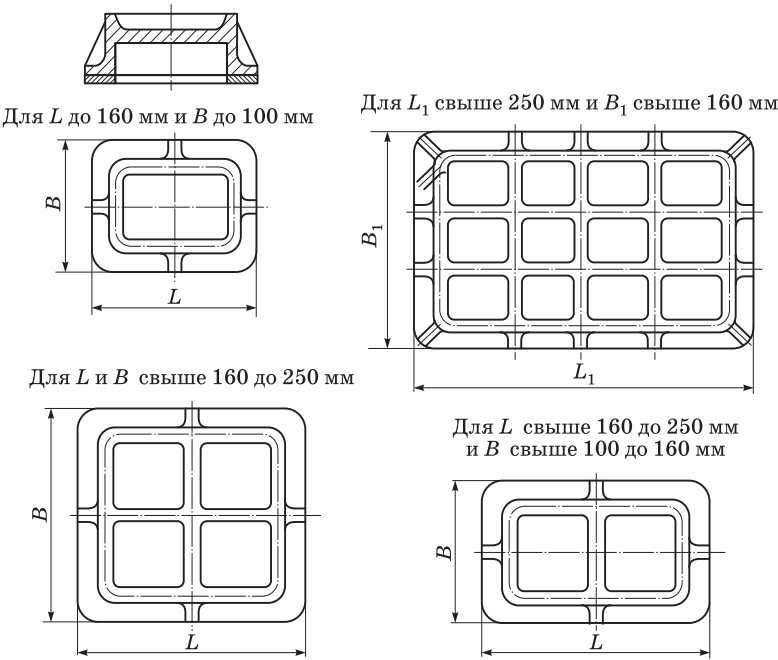


Рис. 4.31. Вертикальные ребра прямоугольных стержневых ящиков

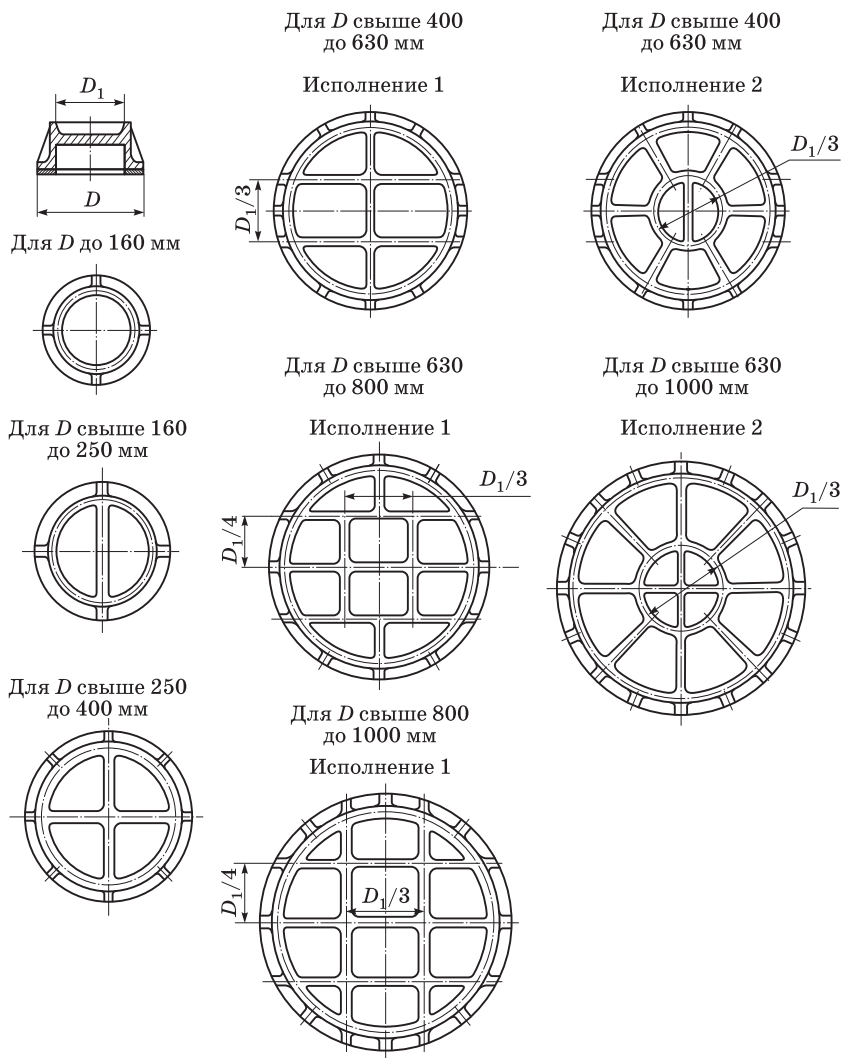


Рис. 4.32. Вертикальные ребра круглых стержневых ящиков

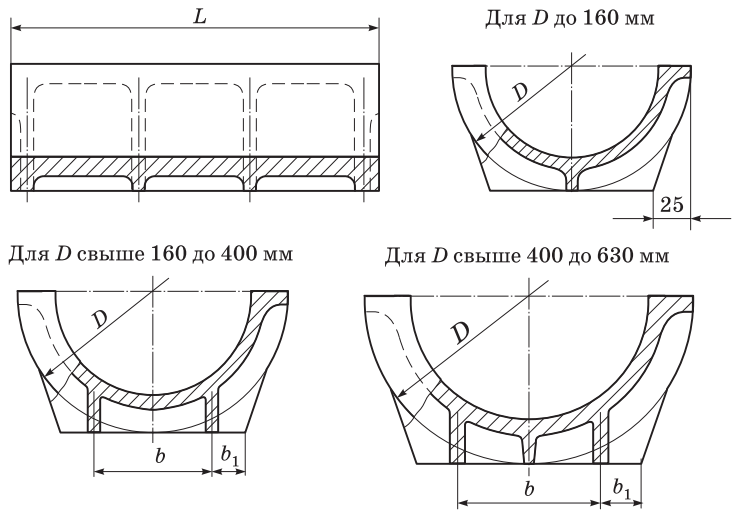


Рис. 4.33. Ребра цилиндрических стержневых ящиков

Круглые стержневые ящики могут изготавливаться из нескольких отдельных частей, которые соединяются с помощью крепежных деталей. Размеры литых стенок и их крепление должны соответствовать указанным в табл. 4.23 и на рис. 4.34.

Таблица 4.23

Размеры крепежных деталей сборных стержневых ящиков

$\frac{B+H}{2}$ или D , мм	d , мм	D_1 , мм	Поз. 1. Болт по ГОСТ 7798-70	Поз. 2. Гайка по ГОСТ 5915-70	Поз. 3. Шайба по ГОСТ 6402-70	Поз. 4. Штифт по ГОСТ 3128-70
			Обозначение деталей			
До 160	6,6	14	$M6-H7$	$M6-6H$	6.65Г.05	8N4 × 20
Свыше 160...400	9,0	20	$M8-H7$	$M8-6H$	8.65Г.05	8N4 × 20

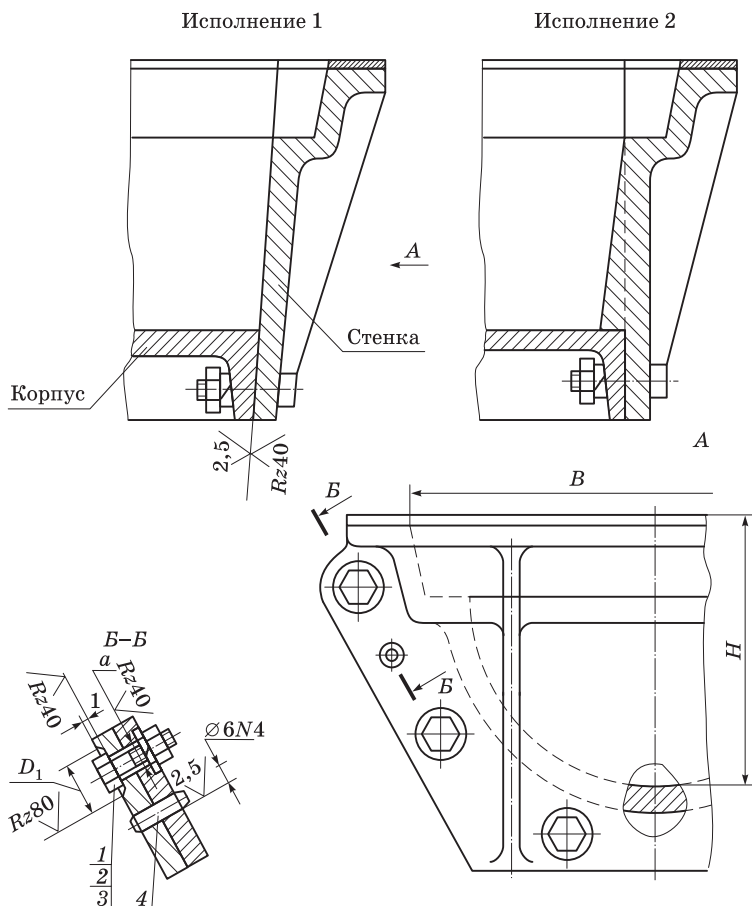
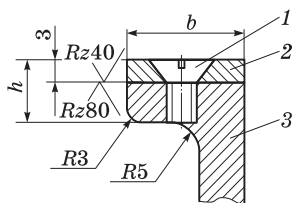


Рис. 4.34. Стенки торцевые для алюминиевых стержневых ящиков:
1 — болт; 2 — гайка; 3 — шайба; 4 — штифт

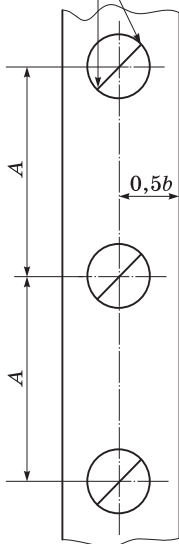
В верхней части вытряхного стержневого ящика располагаются борты. Размеры бортов должны соответствовать указанным на рис. 4.35 и в табл. 4.24. Верхняя плоскость бортов имеет броневое покрытие. Материал брони — сталь марки Ст3.

При ширине бортов $b < 22$ мм крепежные винты располагаются по центру борта через каждые 40...55 мм (рис. 4.35, а). Для более широких бортов ($b > 22$ мм) крепление осуществляется в два ряда (рис. 4.35, б).

а Для b до 22 мм



Кернить



б Для b свыше 22 мм

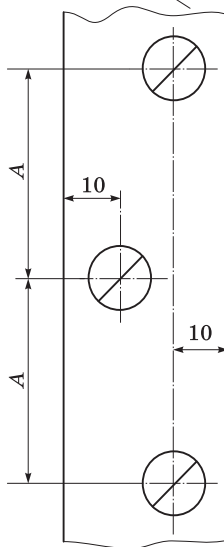
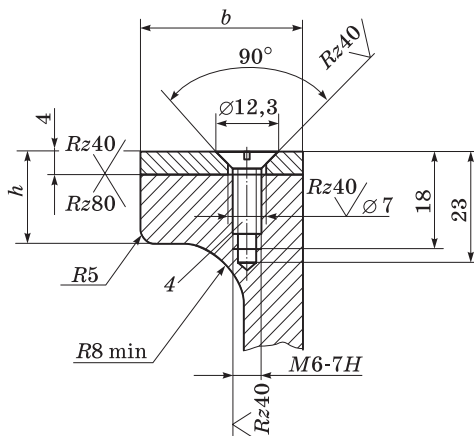


Рис. 4.35. Борты алюминиевых стержневых ящиков:
1, 4 — винты; 2 — броневое покрытие; 3 — стержневой ящик

Таблица 4.24

Размеры бортов стержневых ящиков, мм

Средний габаритный размер стержня, $\frac{L+B}{2}$ * или D	b , не более	h	A
До 160	18; 22**	12	40...55
Свыше 160 до 250	22		
» 250 » 400	26	15	
» 400 » 630	32	18	
» 630 » 800	40	22	
» 800 » 1000	50	25	

* L — длина стержня; B — ширина стержня.
 Для многогнездного стержневого ящика: L — суммарная длина стержней; B — суммарная ширина стержней.

** Для пескодувного способа изготовления стержней.

Примеры крепления брони к корпусу стержневого ящика приведены на рис. 4.36.

В местах сложного контура стержневых ящиков, а также в местах стыка частей брони расположение крепежных винтов на бронирующей поверхности определяется конструктивно. Допускается фиксировать бронь к корпусу стержневого ящика штифтами и крепить винтами (рис. 4.36, примеры 2, 4, 5). Размеры штифтов и их расположение определяются конструктивно.

В стержневых ящиках с вкладышами, бронированными по всему контуру, допускается борта не бронировать.

Крепление вкладышей в корпусе стержневого ящика может осуществляться путем врезки их в корпус ящика (рис. 4.37, исполнение 1, 2 и 4) или между собой (рис. 4.37, исполнение 3). Размеры вкладышей должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 4.25.

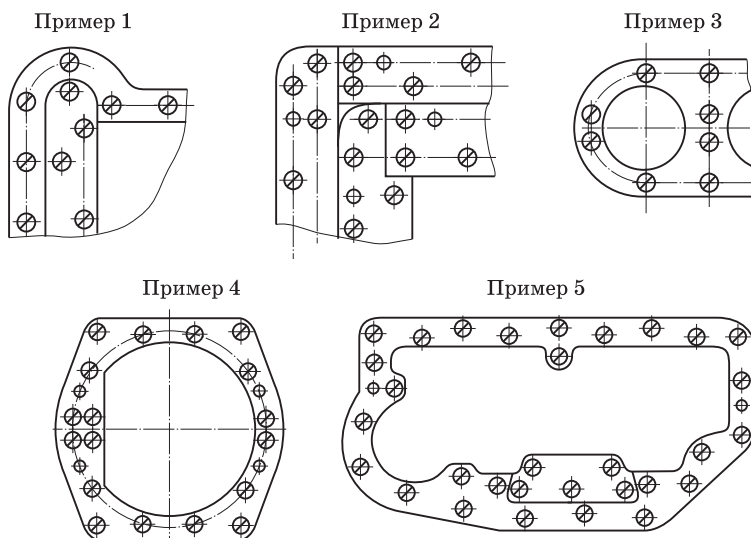


Рис. 4.36. Примеры крепления брони

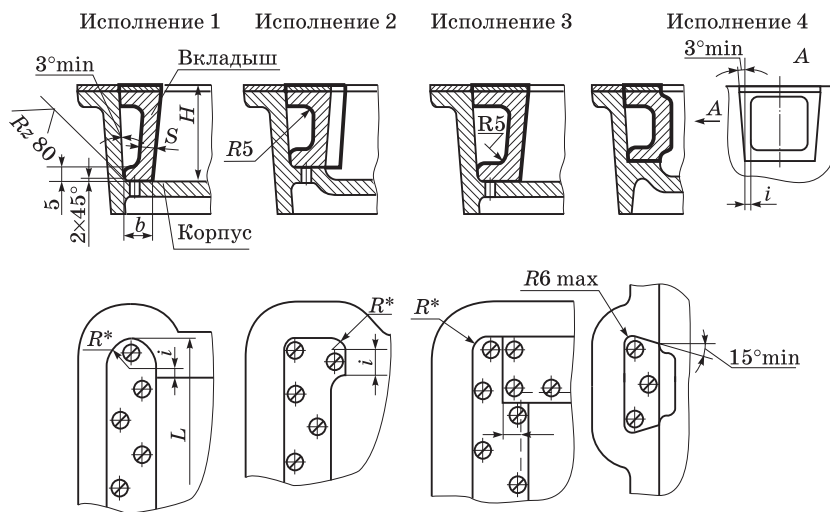


Рис. 4.37. Крепление вкладышей в корпусе стержневого ящика

Таблица 4.25

Размеры вкладышей стержневых ящиков, мм

Средний габаритный размер вкладыша, $\frac{L+H}{2}$	b , не менее	s		i
		Номинальный размер	Предельные отклонения	
До 100	15	8	+1,5 -0,5	10
Свыше 100 до 160	20			12
» 160 » 250	25			16
» 250 » 400	32	10	+2,0 -1,0	20
» 400 » 630	40	12	+3,0 -2,0	

Для удаления остатков стержневой смеси из ящика в корпусе необходимо предусмотреть отверстия, которые располагаются под вкладышами равномерно по их длине (рис. 4.38). Диаметр отверстий и их количество зависят от ширины b основания вкладыша и его длины и выбираются по табл. 4.26, 4.27.

Таблица 4.26

**Размеры отверстий
под вкладышами, мм**

b	d
15	10
20	12
25	16
32	20
40	24

Таблица 4.27

**Количество отверстий в корпусе
стержневого ящика**

Длина вкладыша L , мм	Количество отверстий, не менее
До 160	2
Свыше 160 до 250	3
» 250 » 400	4
» 400 » 630	5
» 630 » 1000	6

Жесткость вкладышей обеспечивается вертикальными ребрами жесткости, размеры и количество которых должны соответствовать рис. 4.39 и табл. 4.28. Ребра располагаются равномерно по длине вкладыша.

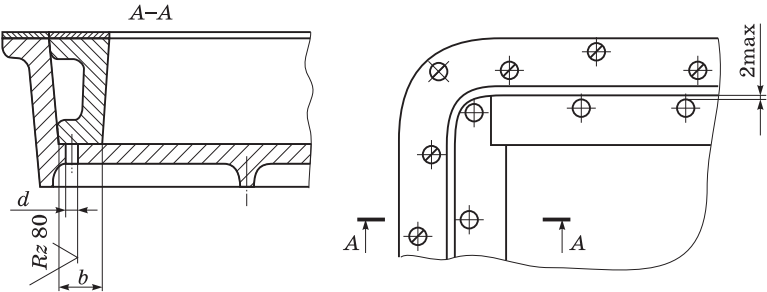


Рис. 4.38. Отверстие для удаления остатков смеси

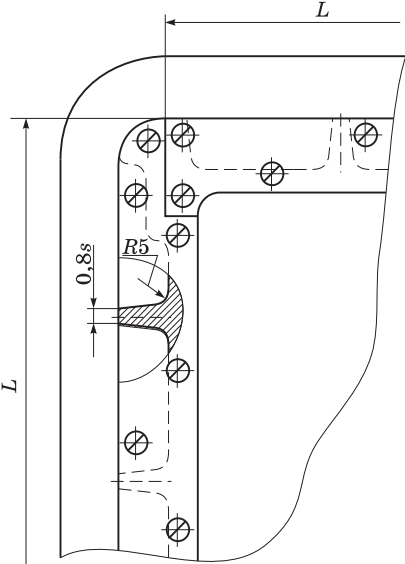


Рис. 4.39. Ребра жесткости вкладышей

Таблица 4.28

Количество ребер жесткости по длине вкладыша

L , мм	Количество ребер, не менее	L , мм	Количество ребер, не менее
До 160	—	Свыше 500 до 700	3
Свыше 160 до 320	1	» 700 » 1000	4
» 320 » 500	2		

При высоте H вкладыша свыше 500 мм дополнительно вводятся горизонтальные ребра жесткости, которые располагаются в центральной части вкладыша (рис. 4.40).

Для транспортировки стержневых ящиков предусматриваются специальные элементы, конструкция которых зависит от среднего габаритного размера ящика. Для мелких стержневых ящиков со средним габаритным размером до 250 мм предусматривают сплошные литые ручки (рис. 4.41).

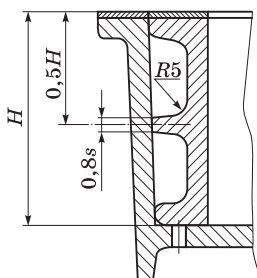


Рис. 4.40. Конструкция высоких вкладышей

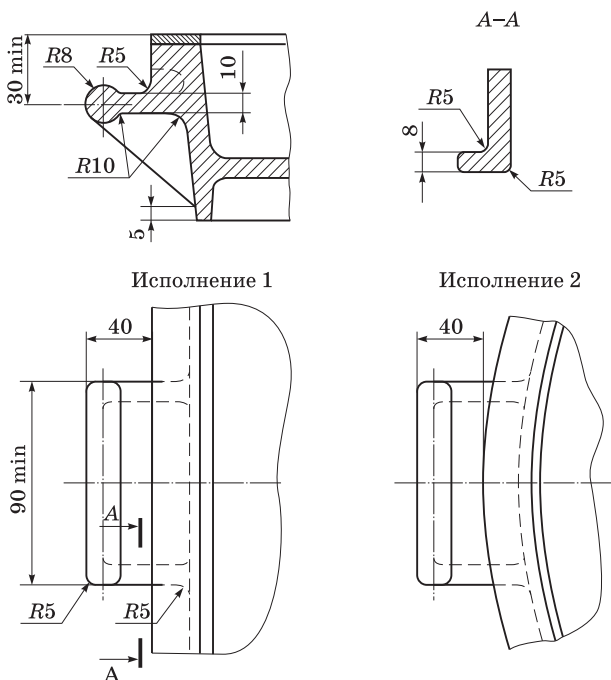


Рис. 4.41. Сплошные литые ручки для стержневых ящиков со средним габаритным размером до 250 мм

Для стержневых ящиков со средним габаритным размером более 250 мм конструкция литых ручек должна соответствовать конструкции, указанной на рис. 4.42.

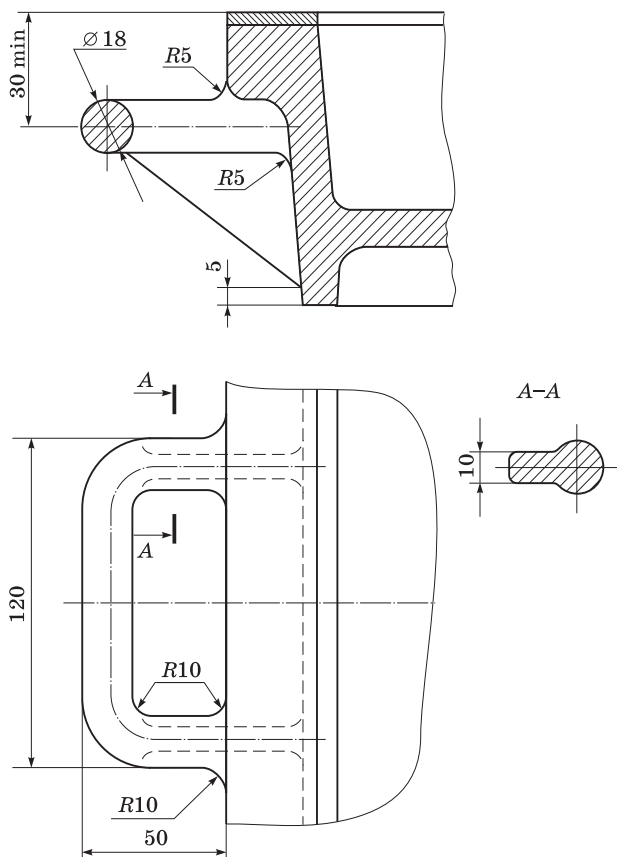


Рис. 4.42. Литые ручки для стержневых ящиков со средним габаритным размером свыше 250 мм

Средние стержневые ящики для установки ручек имеют специальные приливы, конструкция которых зависит от высоты ящика. Ручки выполняются в виде штырей или скоб, которые, в свою очередь, могут быть цельными либо сварными. Штыри и сварные ручки крепятся к корпусу стержневого ящика с помощью резьбового соединения (рис. 4.43, 4.44). Размеры приливов для резьбовых и сварных ручек должны соответствовать указанным в табл. 4.29, а для залитых скоб (рис. 4.45) — в табл. 4.30.

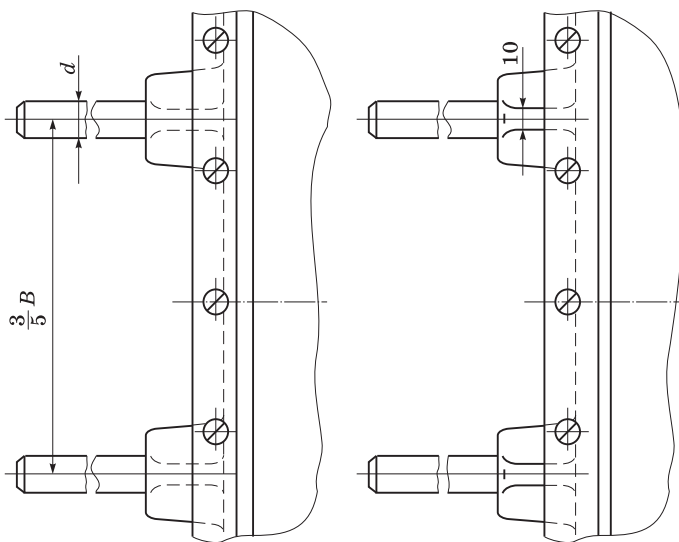
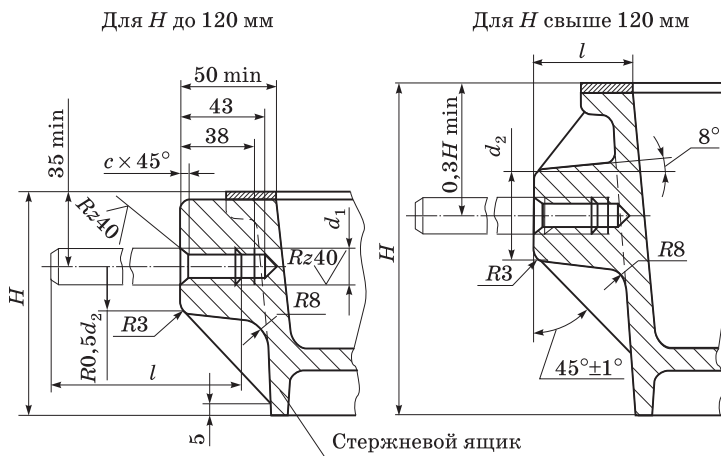


Рис. 4.43. Способы крепления штыревых ручек

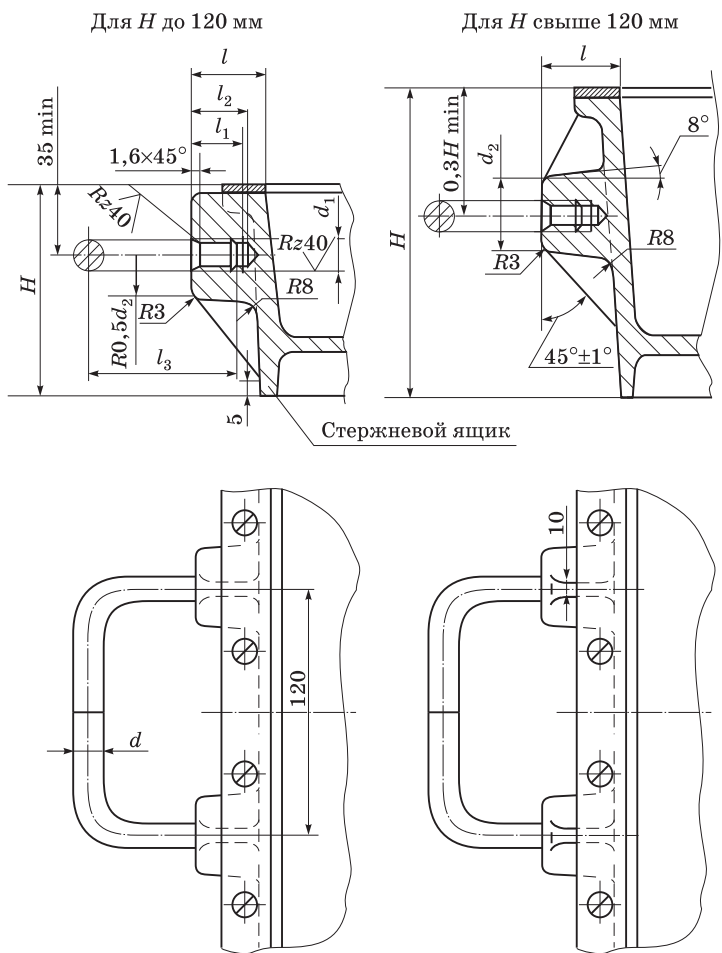


Рис. 4.44. Способы крепления сварных ручек

Таблица 4.29

Размеры приливов для установки штыревых ручек

d	d_1 (пред. откл. по $7H$)	d_2	l , не менее	l_1	l_2	l_3	Ручка по ГОСТ 19387-74
							Обозначение детали
8	M8	25	32	22	26	65	0292-0601
12	M12	35	38	28	33	80	0292-0602
16	M16	40					0292-0603

Таблица 4.30

Размеры приливов для установки сварных ручек, мм

d	d_1	l	l_1 , не менее	l_2	Скоба по ГОСТ 19386–74
					Обозначение детали
8	30	20	30	65	0292-0551
12	38	25	35	80	0292-0552
16	45	32	45		0292-0553

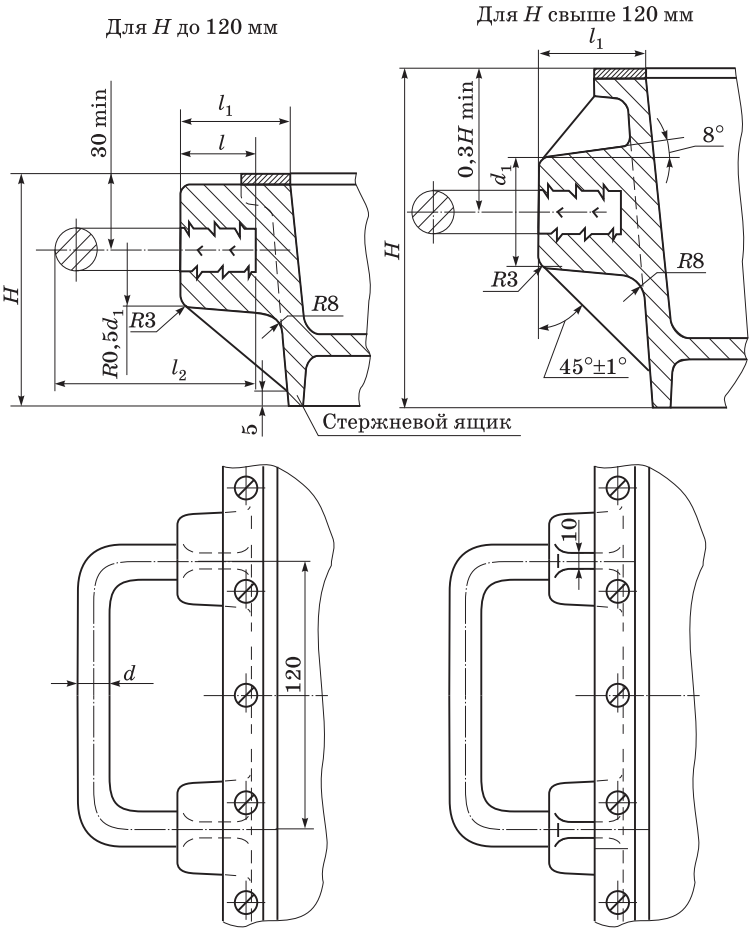


Рис. 4.45. Способы крепления залитых скоб

Крупные стержневые ящики имеют специальные приливы, в которых располагаются цапфы, предназначенные для транспортировки и кантовки ящиков. Количество цапф и их расположение определяются конструктивно (по оси центра тяжести стержневого ящика с учетом массы стержневой смеси и сушильной плиты). Размеры ребер жесткости приливов под цапфы должны соответствовать размерам ребер, принятым в стержневом ящике. На рис. 4.46 показаны конструкции приливов для цапф стержневых ящиков высотой до 100 мм (рис. 4.46, а) и свыше 100 мм (рис. 4.46, б), а их размеры должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 4.31.

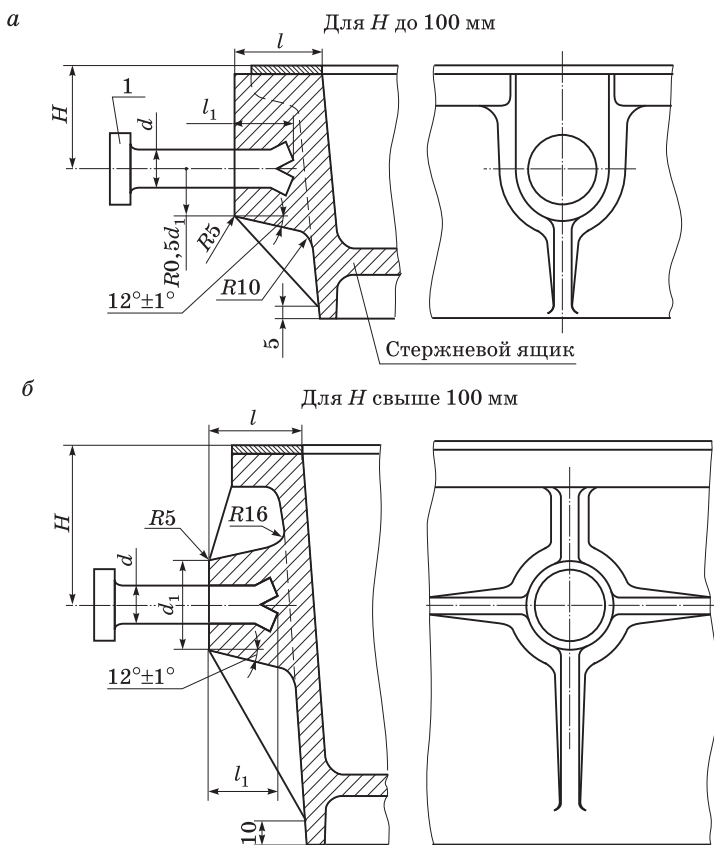


Рис. 4.46. Приливы для цапф

Таблица 4.31

Размеры приливов для цапф

d , мм	d_1 , мм	l , мм	l_1 , мм (пред. откл. $^{+5}_{-3}$)	Допускается нагрузка на цапфу, кг	Поз. 1. Цапфа по ГОСТ 15020–69
					Обозначение детали
20	44	50	35	200	0298-0251
25	52	55	40	300	0298-0252
32	70	65	50	450	0298-0253
40	90	75	60	1000	0298-0254

При изготовлении стержней на машинах в стержневых ящиках предусматриваются специальные элементы, позволяющие крепить стержневой ящик к столу стержневой машины.

Крепление стержневых ящиков к столу стержневой машины может осуществляться двумя способами: непосредственным кре-

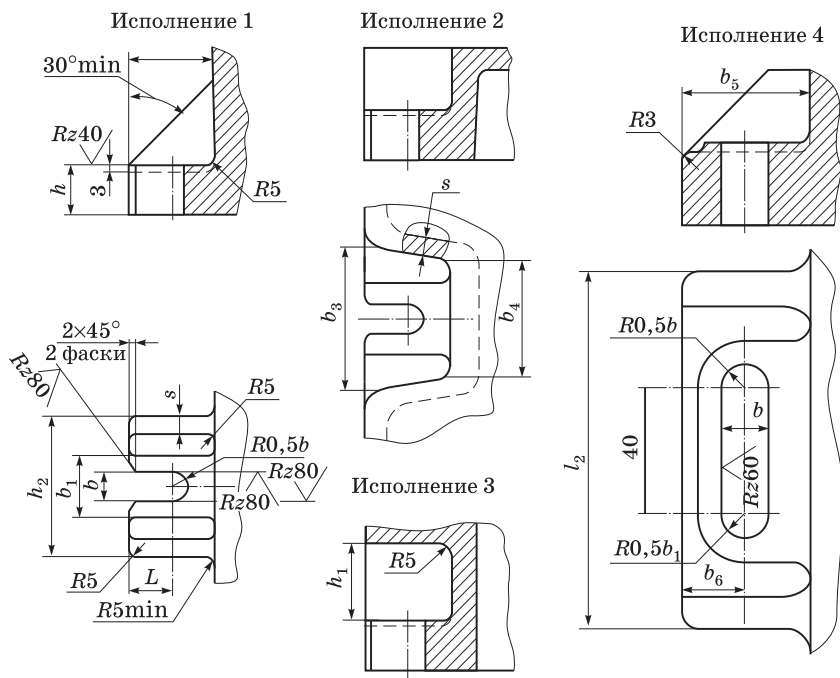


Рис. 4.47. Ушки крепления стержневых ящиков

плением и с помощью стержневой плиты. При непосредственном креплении в корпусе стержневого ящика выполняются специальные элементы — ушки, позволяющие крепить ящик к столу стержневой машины. Ушки могут быть выполнены в специальных боковых приливах (рис. 4.47, исполнение 1, 4) или непосредственно в корпусе стержневого ящика (рис. 4.47, исполнение 2 и 3). Исполнение 4 применяется преимущественно для стержневых ящиков при пескодувном способе изготовления стержней. Размеры ушек должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 4.32.

Таблица 4.32

Размеры ушек крепления стержневых ящиков, мм

Средний габаритный размер стержневого ящика, $\frac{L+B^*}{2}$ или D	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5 , не менее	b_6
До 400	14	34	90	70	60	40	20
Свыше 400 до 630	18	40	110	90	70	48	24
» 630 » 1000	22	45	130	110	80	—	—

Продолжение табл. 4.32

Средний габаритный размер стержневого ящика, $\frac{L+B^*}{2}$ или D	l	l_1 , не менее	l_2	h	h_1 , не менее	s
До 400	25	50	120	25	35	10
Свыше 400 до 630	30	60	140	30	40	12
» 630 » 1000	35	70	—	35	50	15

* L , B — соответственно длина и ширина стержневого ящика.

При креплении стержневого ящика к столу машины с использованием промежуточной стержневой плиты в нижней части ящика предусматриваются специальные приливы (рис. 4.48), в которых изготавливаются резьбовые отверстия для крепления ящика к промежуточной плите. Размеры приливов должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 4.33.

Продолжение табл. 4.34

<i>b</i>	Поз. 4. Шайба по ГОСТ 11371-70	Поз. 5. Болт по ГОСТ 7798-79	Поз. 6. Шайба по ГОСТ 6402-70
	Обозначение деталей		
14	M12.8.05	M16 × L.58.05	16.65Г.05
18	M16.8.05	M20 × L.58.05	20.65Г.05
22	M20.8.05	M24 × L.58.05	24.65Г.05

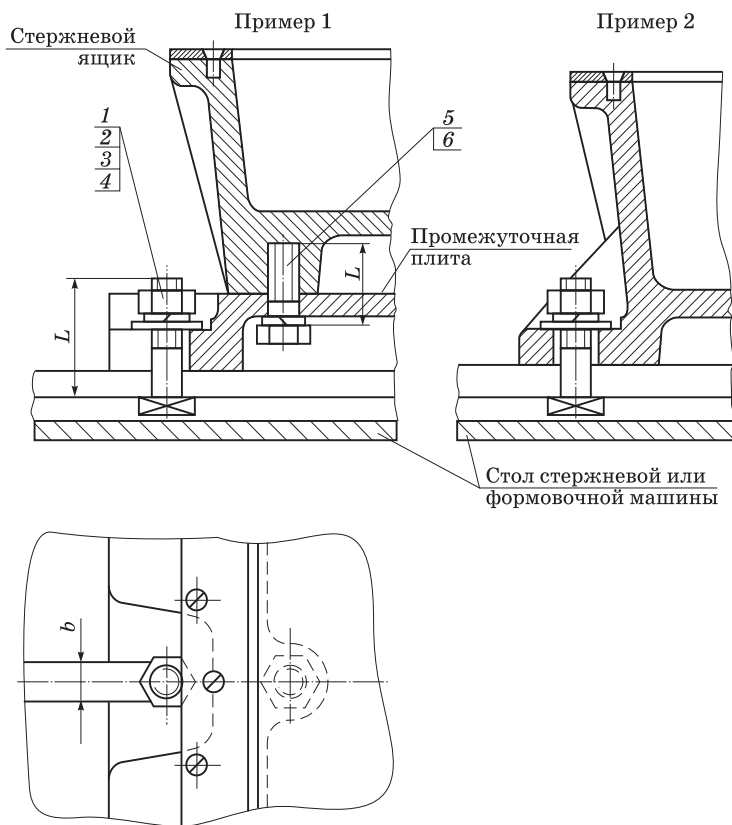


Рис. 4.49. Примеры крепления стержневых ящиков:
 1 — болт по ГОСТ 13152-67; 2 — гайка по ГОСТ 5915-79; 3, 6 — шайбы по ГОСТ 6402-70; 4 — шайба по ГОСТ 11371-70; 5 — болт по ГОСТ 7798-79

4.5.3. Разъемные стержневые ящики для пескоудувного процесса

Разъемные стержневые ящики применяются, как правило, при изготовлении стержней, отверждаемых в оснастке. Классификация существующих конструкций стержневых ящиков, заполняемых смесью пескоудувным способом, предусматривает деление их на типы, виды, группы и подгруппы.

В соответствии с классификацией в зависимости от плоскости разъема и направления надува стержневые ящики делятся на три типа:

- 1) надув параллелен плоскости разъема (рис. 4.50);
- 2) надув перпендикулярен к плоскости разъема (рис. 4.51);
- 3) стержневые ящики со сложным разъемом (рис. 4.52).

Каждый тип делится на виды. К первому виду относятся стержневые ящики, состоящие из двух частей, ко второму — из трех, к третьему — из двух основных частей и отъемных вставок. К четвертому виду отнесена оснастка, состоящая из одной основной и отъемных частей. Пятый и шестой виды включают оснастку из трех и более частей при расположении базовой части в вертикальной или горизонтальной плоскости.

В зависимости от характера перемещения частей стержневого ящика каждый вид делится на семь групп. Первая группа

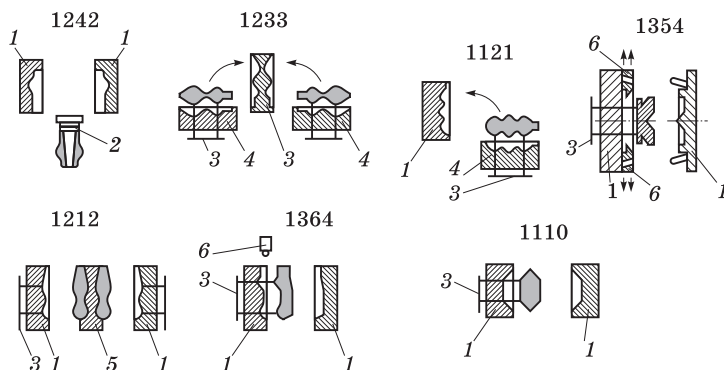


Рис. 4.50. Конструктивные схемы стержневых ящиков с надувом параллельно плоскости разъема:

1 — боковая полуформа; 2 — средняя полуформа поворотная; 3 — плита выталкивания; 4 — боковая полуформа поворотная; 5 — средняя полуформа; 6 — отъемная часть

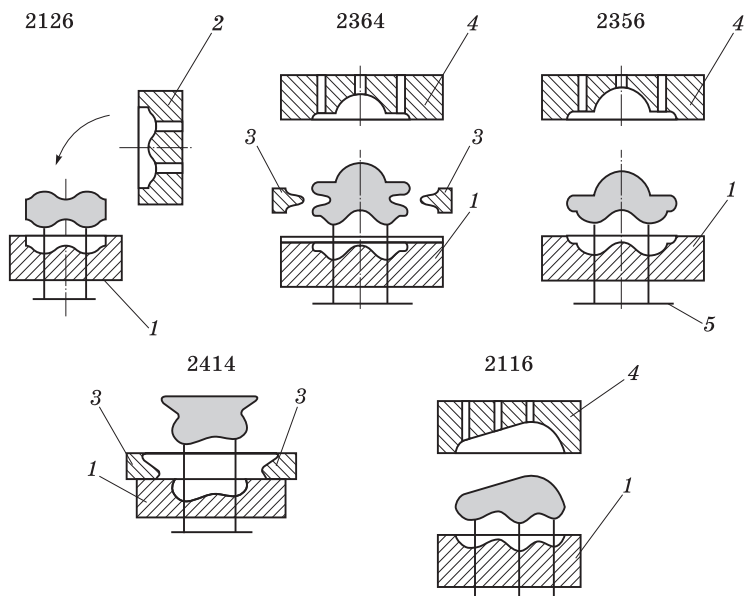


Рис. 4.51. Конструктивные схемы стержневых ящиков с наддувом перпендикулярно к плоскости разреза:

1 — нижняя полуформа; 2 — верхняя полуформа поворотная; 3 — отъемные части; 4 — верхняя полуформа; 5 — плита выталкивания

включает ящики с прямолинейным перемещением обеих частей, вторая — с прямолинейным перемещением одной части и поворотом другой, третья — с поворотным движением наружных частей, четвертая — с поворотным движением средней части. К пятой группе отнесена оснастка с прямолинейным движением основных частей, кинематически связанных с прочими частями. В шестую группу вошли стержневые ящики с прямолинейным движением всех частей отдельными приводами. Седьмая группа — оснастка с поворотным движением одной части и прямолинейным остальных.

Каждая группа подразделяется на подгруппы, различающиеся по способу протяжки готового стержня.

Протяжка стержня может осуществляться: из неподвижной части — нулевая подгруппа; из поворотной — первая; из средней — вторая; из наружной — третья; из основной — четвертая;

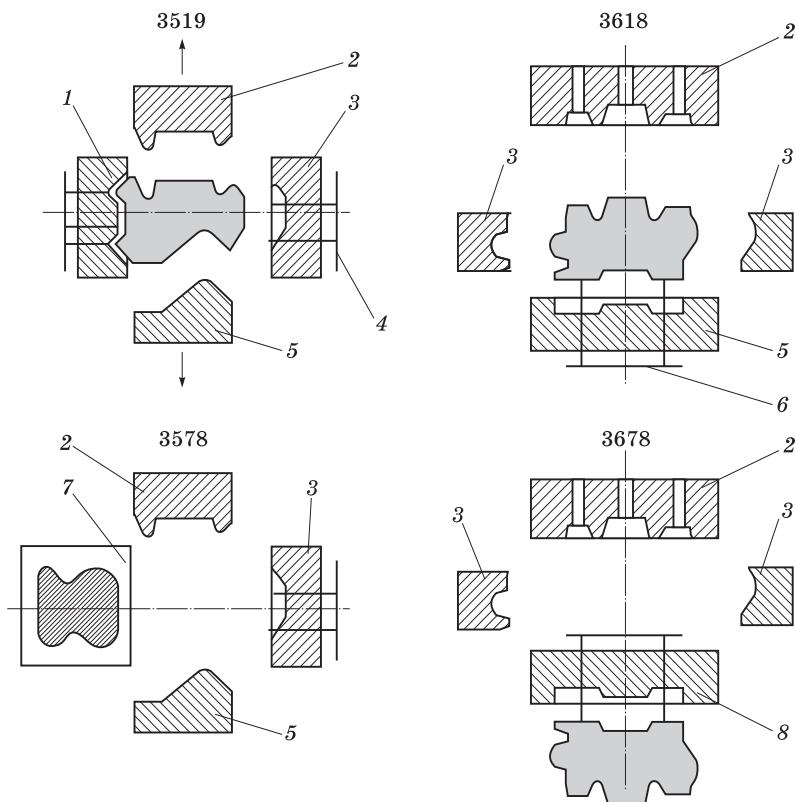


Рис. 4.52. Конструктивные схемы стержневых ящиков со сложным разъемом:

1 — боковая полуформа неподвижная; 2 — верхняя полуформа; 3 — боковая полуформа подвижная; 4 — боковая плита выталкивания; 5 — нижняя полуформа; 6 — нижняя плита выталкивания; 7 — боковая полуформа поворотная; 8 — нижняя полуформа поворотная

с отъемных частей — пятая; из нижней — шестая; из верхней — седьмая; с базовой подвижной — восьмая; с базовой неподвижной — девятая.

Для обозначения классификационного деления конструктивных схем стержневых ящиков принят следующий шифр: первая цифра — тип; вторая — вид; третья — группа; четвертая — подгруппа. Например, шифр 1233 обозначает конструктивную схему стержневого ящика с надувом параллельно плоскости разъема,

состоящего из трех частей. Части ящика перемещаются прямолинейно и в конце хода поворачиваются на заданный угол, протяжка готовых стержней осуществляется из наружных частей ящика.

Классификация позволяет разрабатывать варианты приводов для подвижных частей ящиков и выбирать оптимальный механизм съема готового стержня.

Стержни компактные, простой геометрической формы, относящиеся к I группе сложности, следует изготавливать в стержневых ящиках конструктивной схемы 2414. При изготовлении крупных стержней и работе в автоматическом цикле необходимо иметь механизм съема.

Изготовление мелких стержней простой формы I и II групп сложности рекомендуется осуществлять в стержневых ящиках конструктивных схем 1110 и 1121. Эти схемы обеспечивают автоматический съем стержней на приемные устройства. Из указанных конструктивных схем предпочтение следует отдать схеме 1121: она гарантирует протяжку стержней без поломок и повреждений и обеспечивает их подачу на приемное устройство наиболее развитой стороной.

Стержни формы тел вращения, коробчатой формы (I, II и IV групп сложности) целесообразно изготавливать в стержневых ящиках конструктивных схем 1212 и 1242, причем схема 1212 при условии автоматического съема стержней требует специального механизма съема. Схема 1242 своей кинематикой обеспечивает автоматический съем готового стержня.

Плоские развитые стержни сложной конфигурации II группы сложности, коллекторные стержни III группы сложности, картерные стержни с ребрами жесткости IV группы сложности следует изготавливать в стержневых ящиках по конструктивным схемам 2116, 2216, 2217.

Схема 2116 создает наиболее благоприятные условия для работы механизма съема, так как стержень, оставаясь при протяжке в нижней части ящика, после протяжки оказывается на приемном механизме.

Стержни ажурной конфигурации III группы сложности следует изготавливать в ящиках по схеме 1121.

Для изготовления целого ряда стержней I–III групп сложности возможно применение конструктивных схем 1213, 1233, 1243.

Для решения задачи выбора оптимальных конструктивных схем стержневых ящиков для литейного цеха вся номенклатура стержней подразделяется на следующие категории:

- сплошные стержни, изготавливаемые в стержневых ящиках с надувом смеси параллельно плоскости разъема;
- оболочковые стержни, изготавливаемые в стержневых ящиках с надувом смеси параллельно плоскости разъема;
- сплошные стержни, изготавливаемые в стержневых ящиках с надувом смеси перпендикулярно к плоскости разъема;
- оболочковые стержни, изготавливаемые в стержневых ящиках с надувом смеси перпендикулярно к плоскости разъема.

Для изготовления сплошных и оболочковых стержней наиболее удобными и перспективными оказываются конструктивные схемы 1121 и 1233 (см. рис. 4.50) как обеспечивающие протяжку готового стержня из повернутого в горизонтальное положение рабочего гнезда ящика.

При изготовлении сплошных и оболочковых стержней в ящиках второго типа с надувом перпендикулярно к плоскости разъема оптимальные условия для съема готового стержня могут быть получены только в случае прямолинейного перемещения частей ящика и протяжки стержня из нижней его части. Этим условиям удовлетворяют конструктивные схемы 2126 и 2356 (см. рис. 4.51).

Для изготовления 95% стержней, производимых в автомобильной промышленности, достаточно применять лишь четыре схемы стержневых ящиков: 1110, 1121, 2126, 2366. Это создает благоприятные условия для унификации конструкций оснастки и ее элементов. Осуществление по этим схемам протяжки готовых стержней в одной плоскости предопределило создание одинаковых по конструкции механизмов съема готовых стержней.

Специальную группу представляют стержни, изготовление которых требует наличия в стержневых ящиках отъемных частей. Количество таких стержней по отношению ко всей номенклатуре составляет не более 5 %. При создании конструктивных схем для этих стержней рекомендуется использовать основные схемы 3618 и 3678 с вводом в них отъемных частей (см. рис. 4.52).

4.5.4. Рекомендации по выбору основных технологических параметров оснастки

Вдувные отверстия следует располагать по возможности так, чтобы их размещение соответствовало знаковым частям стержня. Поток стержневой смеси нельзя направлять на плоскости, расположенные на расстоянии менее 20...50 мм от вдувных отверстий, а также на выступающие участки и в места размещения воздухоотводящих вент. При расположении вдувных отверстий следует учитывать, что песчано-воздушная струя качественно уплотняет смесь в радиусе до 60 мм.

Диаметр проходного сечения вдувного отверстия выбирается в пределах 8...20 мм. Количество вдувных отверстий и их диаметр следует выбирать исходя из массы стержня, с учетом того, что за время заполнения полости ящика смесью через одно вдувное отверстие должно проходить 0,5...1,0 кг стержневой смеси.

Приведем общие принципы при определении мест расположения воздухоотводящих вент в гнезде стержневого ящика:

- воздушный поток в гнезде должен распределяться равномерно;

- с целью исключения прилипания смеси к поверхности венты и уменьшения плотности смеси не рекомендуется устанавливать венты под вдувными отверстиями;

- для низких закрытых стержневых ящиков целесообразнее располагать венты в нижней части ящика; при высоте стержня более 70 мм в открытых ящиках — в самой верхней части ящика;

- площадь вентиляционных каналов должна быть от 0,4 (для самых мелких стержней) до 1,8...2,0 (для самых крупных стержней) площади вдувных отверстий;

- при конструировании высоких и сложных стержневых ящиков приблизительно 75% воздухоотводящих вент следует располагать в верхней части ящика, чем достигается более равномерная плотность смеси;

- в закрытых стержневых ящиках венты необходимо устанавливать во всех углублениях.

4.5.5. Конструктивные элементы закрытых стержневых ящиков

Основными конструктивными элементами закрытых стержневых ящиков для пескоудовного процесса (рис. 4.53) являются: нижняя 1 и верхняя 2 полуформы; корпус 3; регулируемый упор 4;

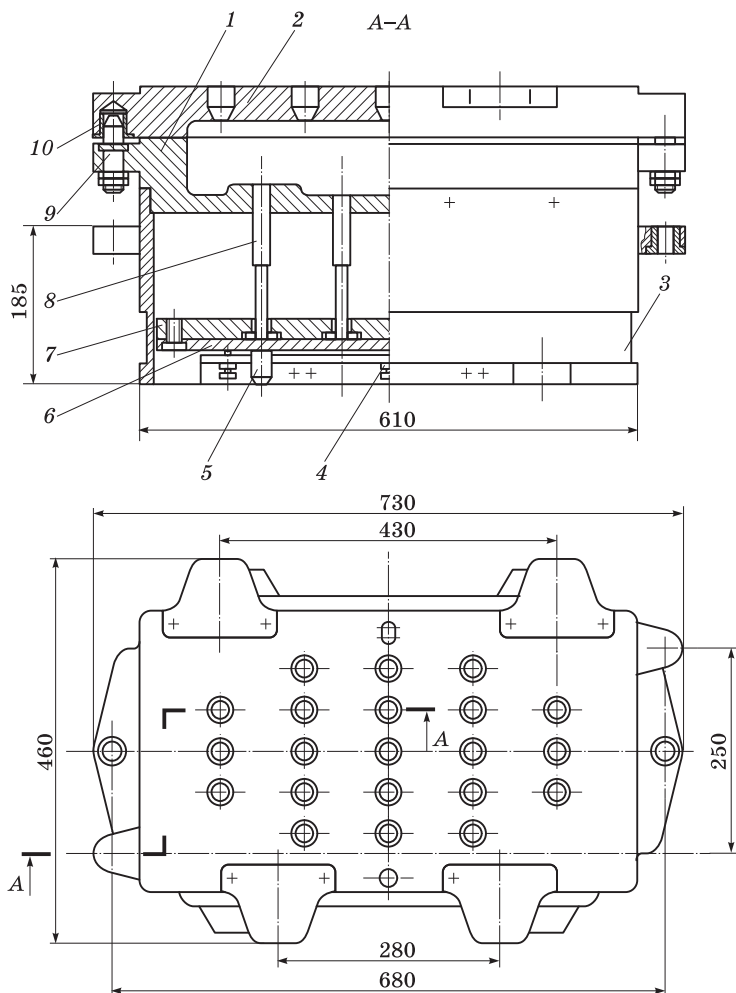


Рис. 4.53. Стержневая оснастка к машине модели 4509С с горизонтальной плоскостью разреза

упор 5; прижимная плита 6 выталкивателей; плита 7 выталкивателей; выталкиватели и контрвыталкиватели 8; центрирующие штыри 9 и втулки 10.

Полуформы стержневых ящиков в большинстве случаев выполняются в виде прямоугольных плит. Верхняя полуформа имеет сквозные вдувные отверстия. На ее нижней плоскости выполняется полость, оформляющая верхнюю часть стержня. На торцевых поверхностях полуформы предусматриваются специальные приливы, в которых выполняются отверстия для установки центрирующих втулок. Боковые поверхности имеют ушки, предназначенные для съема верхней полуформы перед извлечением стержня из ящика.

Нижняя часть стержня оформляется в нижней полуформе. В приливах нижней полуформы устанавливаются центрирующие штыри, а по всему нижнему периметру предусматривается паз для крепления полуформы к корпусу. Формообразующая поверхность имеет отверстия для прохождения выталкивателей, которые предназначены для извлечения стержня из полости ящика. Выталкиватели закрепляются в механизме выталкивания.

Конструкции систем выталкивания определяются конструктивными схемами машин и подразделяются на независимые, связанные и комбинированные.

При *независимой системе выталкивания* (рис. 4.54) возвращение выталкивателей в исходное положение выполняется за счет пружин.

Выталкиватели изготавливаются с грибовидной головкой или в виде штифта с буртиком для упора. Однако независимые системы, несмотря на простоту конструкции, мало используются в конструкциях оснастки из-за существенных недостатков, к которым относятся:

- необходимость частой замены пружин, выходящих из строя под воздействием высоких температур;
- коробление выталкивателей с большим ходом протяжки;
- возможность одновременного срабатывания выталкивателей, что приводит к поломке стержня.

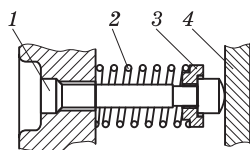


Рис. 4.54. Независимая система выталкивания:

- 1 — выталкиватель;
- 2 — пружина возврата;
- 3 — опорная шайба;
- 4 — плита толкания

Связанная система выталкивания (рис. 4.55), обеспечивает одновременный ход всех выталкивателей, которые жестко закреплены в плите выталкивателей прижимной плитой. Протяжка стержня происходит при движении механизма выталкивания по направляющим колонкам, установка которых является обязательной в ящиках с несимметричным размещением выталкивателей относительно периметра плиты выталкивателей. Возврат механизма выталкивания в исходное положение осуществляется с помощью контролкателей, которые, опираясь на противоположную поверхность полуформы стержневого ящика, не имеющей формообразующей полости в месте контакта, при сборке ящика возвращают механизм в первоначальное положение. В плите выталкивателей и прижимной плите устанавливаются направляющие втулки, предотвращающие износ плит при движении механизма выталкивания по направляющим колонкам.

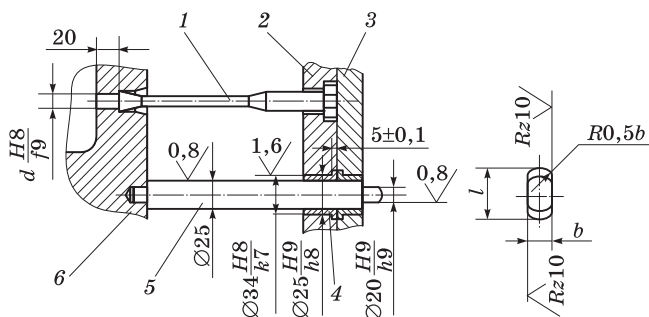


Рис. 4.55. Связанная система выталкивания:

1 — выталкиватель; 2 — плита выталкивателей; 3 — прижимная плита;
4 — направляющие втулки; 5 — направляющие колонки; 6 — полуформа стержневого ящика

В *комбинированной системе выталкивания* протяжку стержня осуществляет группа независимых выталкивателей, а возврат их в исходное положение выполняется с помощью плиты, охватывающей всю группу толкателей через контролкатели или захваты на плите. Такая система позволяет производить настройку каждого выталкивателя относительно опорной плоскости и осуществлять протяжку сложных ажурных стержней без поломок и повреждений. Комбинированные системы выталкивания применяются в основном в ящиках с горизонтальным разъемом.

Конструкция выталкивателей может быть разнообразной и зависит от конструкции механизма выталкивания. Основными элементами являются: оформляющая и направляющая поверхности, крепежная часть и тело выталкивателя, которые присутствуют в выталкивателях практически всех видов.

На рис. 4.56 приведены выталкиватели двух основных видов: стационарные (рис. 4.56, а) и регулируемые (рис. 4.56, б). Стационарные выталкиватели крепятся в механизме выталкивания с помощью отбуртовки, которая вставляется в отверстие плиты выталкивания и прижимается плитой 3 (рис. 4.57, а). Посадка осуществляется по толщине отбуртовки $\left(6,3 \frac{H6}{h6}\right)$, а по диаметрам D и d_2 предусматривается установочный зазор не менее 0,5 мм на сторону. Длина направляющей поверхности должна быть не менее 10 мм, а общая длина l тела выталкивателя зависит от длины протяжки стержня. Тонкие выталкиватели рекомендуется изготавливать ступенчатыми, постепенно увеличивая диаметр от направляющей части к отбуртовке. Фиксация выталкивателя в требуемом положении осуществляется сопряжением эллиптических отверстий плиты выталкивателей и срезом на отбуртовке выталкивателей (рис. 4.57, а).

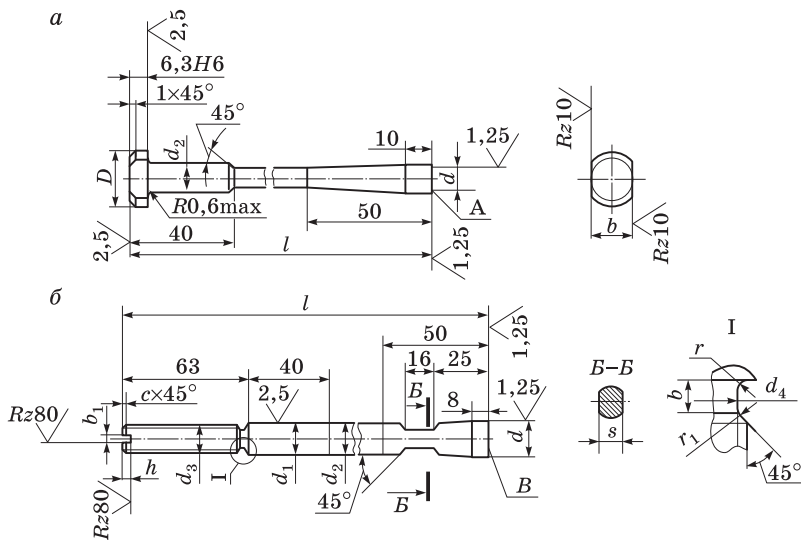


Рис. 4.56. Конструкции выталкивателей

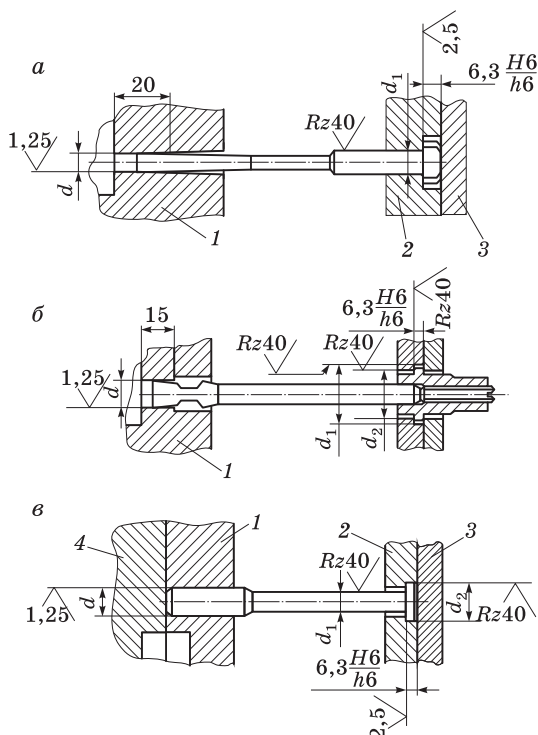


Рис. 4.57. Примеры установки выталкивателей и контролокателей:
 а — стационарные выталкиватели; б — регулируемые выталкиватели;
 в — контролокатели; 1, 4 — полуформы стержневого ящика; 2 — плита
 выталкивателей; 3 — прижимная плита

Регулируемые выталкиватели (см. рис. 4.56, б) имеют резьбовой хвостовик, с помощью которого осуществляется регулировка точного совмещения оформляющих поверхностей стержневого ящика и выталкивателя. Пример установки регулируемых выталкивателей показан на рис. 4.57, б, контролокателей — на рис. 4.57, в.

Механизм выталкивания располагается в корпусе стержневого ящика (см. рис. 4.53), который может быть цельнолитым или сборным. В верхней части корпуса крепится нижняя полуформа стержневого ящика, а нижней частью корпус устанавливается на стол стержневой машины и крепится к нему с помощью специальных приливов или опорных площадок. Корпус воспри-

нимает нагрузку при транспортировке оснастки, надуве и съеме готового стержня, поэтому он должен быть достаточно прочным и жестким.

Система фиксации полуформ стержневых ящиков состоит из двух штырей и двух втулок, одна из которых — центрирующая, а другая — направляющая. Такая система применима как для нагреваемой оснастки, так и для ненагреваемой. Если в нагреваемой оснастке направляющая втулка компенсирует погрешности, возникающие в процессе работы за счет некоторой разницы в температурах полуформ, то в ненагреваемой оснастке она компенсирует прежде всего погрешности изготовления.

Центрирующие и направляющие втулки изготавливают двух основных видов: с резьбовым отверстием (рис. 4.58, а, б) и с фиксирующим зажимом (рис. 4.59, а, б). Конструкция штырей показана на рис. 4.60. Примеры центрирующих соединений полуформ стержневых ящиков представлены на рис. 4.61.

Стержневые ящики для изготовления стержней на пескодувных или пескострельных машинах снабжаются специальной системой вентиляции, предназначенной для отвода воздуха из полости ящика при заполнении его смесью.

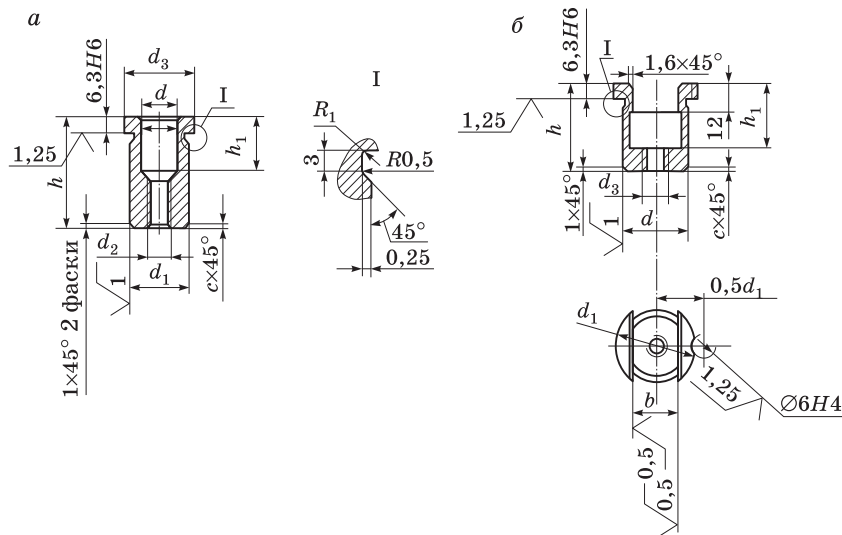


Рис. 4.58. Конструкции центрирующей (а) и направляющей (б) втулок с резьбовым отверстием

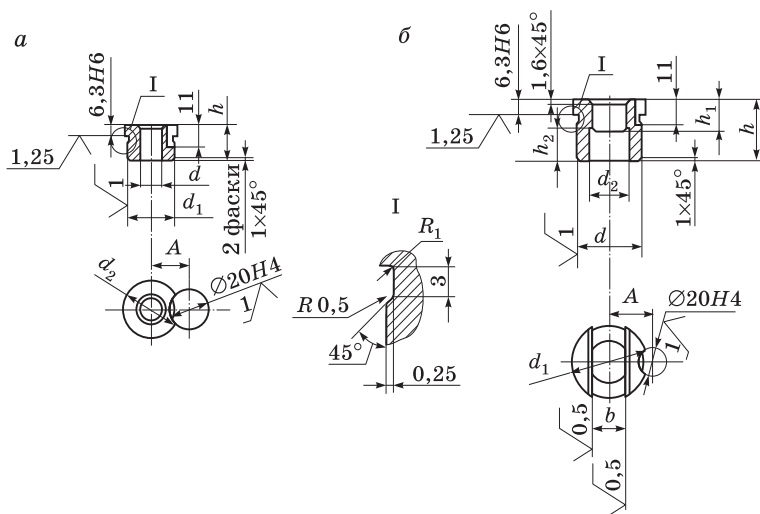


Рис. 4.59. Конструкции центрирующей (а) и направляющей (б) втулок с фиксирующим зажимом

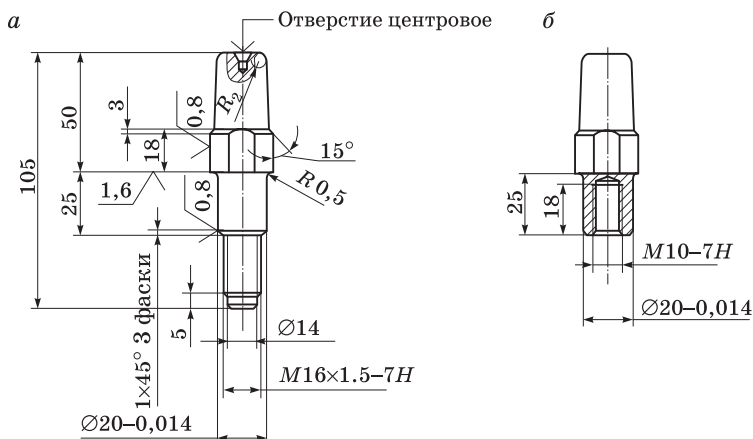


Рис. 4.60. Конструкции центрирующих штырей:
а — с резьбовым хвостовиком; б — с резьбовым отверстием

Вентиляция открытых стержневых ящиков (ящики вытряхного типа) может обеспечиваться за счет специальных каналов, расположенных в плоскости прижима ящика к надувной плите.

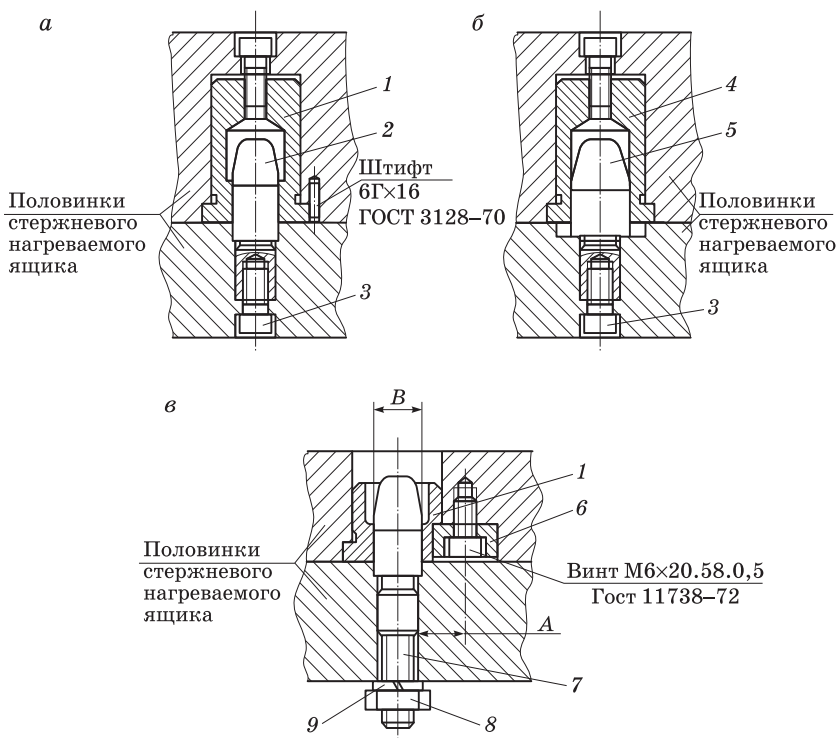


Рис. 4.61. Примеры центрирующих соединений полуформ нагреваемых стержневых ящиков:

а — соединения направляющие с винтовым креплением; *б* — соединения центрирующие с винтовым креплением; *в* — соединения направляющие с фиксирующим зажимом; 1 — центрирующая втулка; 2 — центрирующий штырь; 3 — винт; 4 — направляющая втулка; 5 — направляющий штырь; 6 — фиксирующий зажим; 7 — центрирующий штырь с резьбовым хвостовиком; 8 — гайка; 9 — шайба

Каналы могут быть треугольной (рис. 4.62) или продолговатой (рис. 4.63) формы (в зависимости от требуемой площади их сечения) и соединяться с атмосферой напрямую (рис. 4.62, *а*; рис. 4.63, *а*) или с помощью общего канала шириной 3...4 мм (рис. 4.62, *б*; рис. 4.63, *б*), который соединяется с атмосферой отверстиями диаметром 3...4 мм.

Вентиляционная система такого вида может быть использована в закрытых стержневых ящиках по плоскости их разреза.

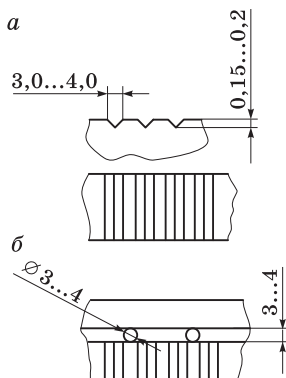


Рис. 4.62. Вентиляционные каналы треугольной формы:
а — сквозные; б — с общим каналом

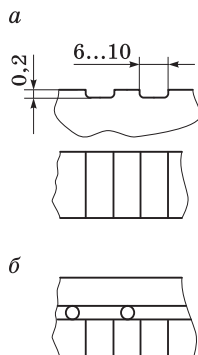


Рис. 4.63. Вентиляционные каналы продолговатой формы:
а — сквозные; б — с общим каналом

Примером является конструкция стержневой оснастки к машине модели 4544А (рис. 4.64).

При изготовлении простых по форме стержней в открытых с двух сторон стержневых ящиках вентиляция их может осуществляться со стороны опорной (нижней) плоскости ящика с помощью специальной вентиляционной плиты. Опорная поверхность вентиляционной плиты имеет треугольные канавки под углом 90° , глубиной до 0,25 мм и с шагом 1 мм, через которые удаляется воздух из полости стержневого ящика.

Во всех остальных конструкциях стержневых ящиков для удаления воздуха из полости используются венты, которые могут быть *прорезными*, *литыми* и *сетчатыми*. Прорезные и литые венты могут иметь конические (рис. 4.65) или прямые пазы для отвода воздуха. Такие венты устанавливаются на прямолинейных либо криволинейных поверхностях стержневого ящика в специальные гнезда, расположенные в оформляющей полости ящика. В качестве материала для вент используются пластмасса, цинковые и латунные сплавы, сталь. Сетчатые венты бывают однослойными и двухслойными. Они меньше засоряются, но применяются только для прямолинейных поверхностей.

Венты устанавливаются во всех углублениях стержневых ящиков. Рекомендации по выбору мест их расположения в оформляющей полости ящиков даны ранее.

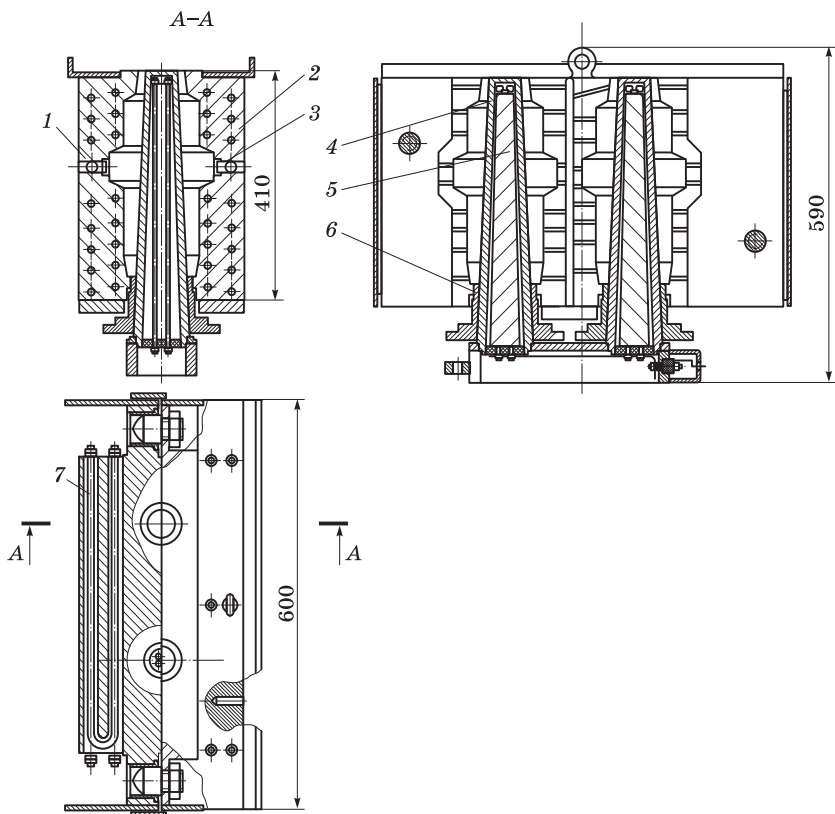


Рис. 4.64. Оснастка к машине модели 4544А:

1, 2 — полуформы; 3 — вента; 4 — опустошитель; 5 — нагреватель опустошителя; 6 — втулка опорная; 7 — нагреватель

Стержневые ящики, применяемые в технологических процессах изготовления стержней с продувкой газообразным катализатором, должны иметь систему герметизации. При использовании в качестве катализатора токсичных веществ система выталкивания покрывается герметичным кожухом (рис. 4.66), а между полуформами предусматривается резиновое уплотнение, герметизирующее рабочую полость при продувке. Уплотнение располагается по всему периметру рабочей конфигурации стержня в плоскости контакта обеих полуформ и представляет собой резиновый шнур или трубку, установленную в специальный паз, имеющий

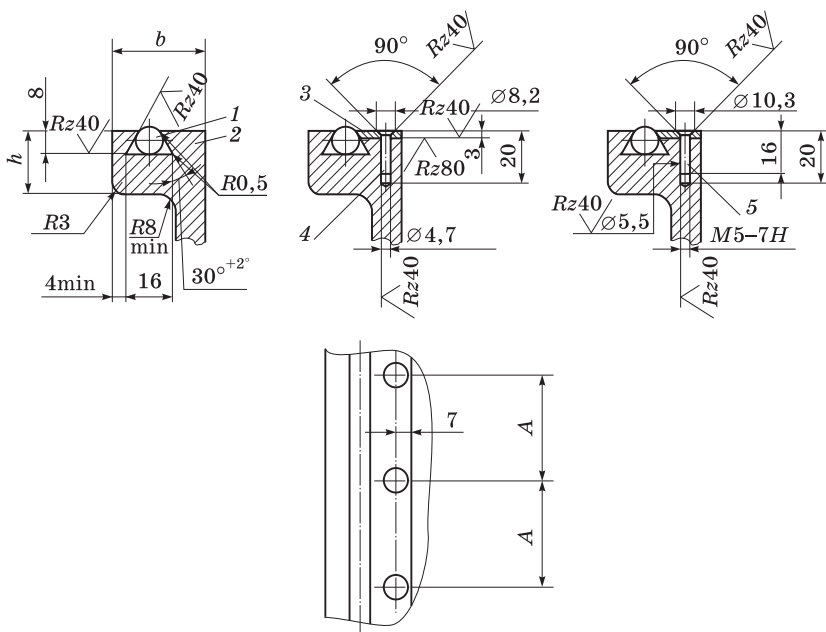


Рис. 4.67. Конструкции паза под резиновый уплотнитель:
 1 — резиновый уплотнитель; 2 — полуформа стержневого ящика; 3 — броневое покрытие; 4 — заклепка; 5 — винт

Продувка катализатором производится через надувные отверстия, затем осуществляется продувка чистым воздухом для более равномерного распределения катализатора по объему стержня. Излишки катализатора, не прореагировавшие со связующим, транспортируются с воздухом по трубопроводу от защитных кожухов к нейтрализатору.

При использовании нетоксичных газовых отвердителей, например CO_2 , герметичность стержневых ящиков можно обеспечить с помощью планок-замков, конструкция которых представлена на рис. 4.68. Планки устанавливаются по бокам отбуртовки полуформы (рис. 4.68, а) или по центру в специальные пазы (рис. 4.68, б, в). Крепление планок к полуформе осуществляется с помощью заклепок (рис. 4.68, поз. 7). Во второй полуформе делается паз, в который входит верхняя часть планки, что обеспечивает герметичность стержневого ящика при его сборке.

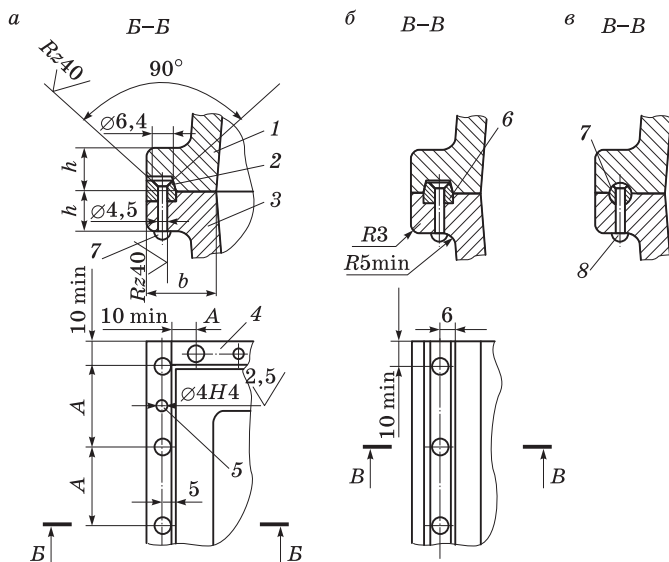


Рис. 4.68. Конструкция планок-замков:

1, 3 — полуформы; 2 — планка торцевая; 4 — планка боковая; 5 — штифт;
6 — планка средняя; 7 — планка круглая; 8 — заклепка

Для изготовления стержней в нагреваемых ящиках применяют электрическую, газовую или смешанную (электрогазовую) систему нагрева. На практике используются независимая (печная) и встроенная (электрическая) системы нагрева. Конструкция оснастки, нагреваемой независимыми источниками, относительно проста, но трудно обеспечить постоянную температуру формообразующих частей стержневого ящика, так как они периодически нагреваются. Кроме того, значительное количество теплоты расходуется на нагрев других деталей ящика. Вследствие этих причин печной нагрев в практике имеет ограниченное применение.

Стержневые ящики со встроенным электрическим нагревом по конструкции сложнее ящиков, нагреваемых независимыми тепловыми источниками, так как содержат системы индивидуального нагрева и датчики теплового нагрева. Система индивидуального нагрева обеспечивает стабильный температурный режим в ящиках и возможность прямого регулирования температуры, что позволяет уменьшать затраты энергии на нагрев за счет

уменьшения тепловых потерь. Примером оснастки с индивидуальным электрическим нагревом является стержневой ящик однопозиционной машины модели 4544А (см. рис. 4.64). В полуформах 1 и 2 ящика имеются отверстия, в которых монтируются электронагреватели. Отверстия могут располагаться в один или несколько рядов. При многорядном размещении нагревателей отверстия для них следует располагать в шахматном порядке. Расстояние между отверстиями в одном ряду должно быть не менее 12 мм.

Электронагреватели могут быть трубчатыми (рис. 4.69) и U-образной формы (см. рис. 4.64).

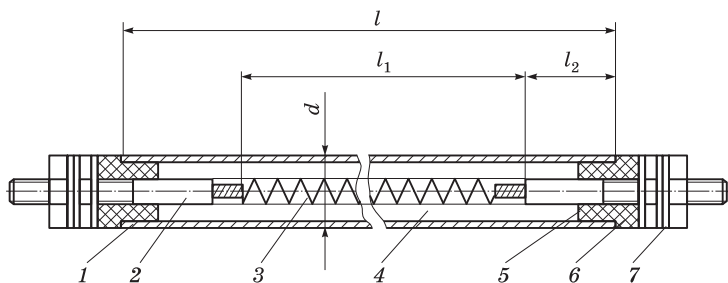


Рис. 4.69. Электронагреватель трубчатый:

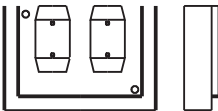
1 — корпус; 2 — контактный стержень; 3 — нагревательный элемент; 4 — наполнитель; 5 — влагозащитный слой; 6 — изолятор; 7 — контактное устройство

Зазор между корпусом 1 нагревателя (см. рис. 4.69) и плитой стержневого ящика должен быть минимальным (не более 0,2 мм на сторону). Это позволяет снижать потери при теплопередаче от нагревателя к плите. Для создания направленного теплового потока в сторону формообразующей поверхности полуформы нагреватели максимально приближают к рабочей поверхности плиты, а с противоположной стороны защищают теплоизоляцией. Размещение и установка нагревателей в полуформах должны согласовываться с расположением выталкивателей и вентиляционных каналов. Электронагреватели подбираются таким образом, чтобы длина l его корпуса (см. рис. 4.69) была больше длины или ширины полуформы, а нагревательный элемент длиной l_1 располагался по всей длине полуформы стержневого ящика. При установке нагревателей в плиту необходимо следить, чтобы

концы их металлической оболочки длиной l_2 со стороны выводов выступали за пределы полуформы на 30 мм. Контактные устройства нагревателей должны быть защищены от механических повреждений индивидуальными колпаками или общим кожухом.

Таблица 4.35

**Числовые значения параметров шероховатости
поверхностей нагреваемых стержневых ящиков**

Наименование поверхностей	Числовые значения параметра шероховатости Ra , мкм	Пример поверхности (показана утолщенными линиями)
Рабочие поверхности	0,32...1,25	
Плоскости разъема	1,0...2,5	
Плоскости надува и поджима		
Установочные плоскости		
Отверстия под выталкиватели и колонки возврата	1,0...2,5	
Остальные поверхности	80...40	

Непосредственно в полуформы электронагреватели встраиваются, как правило, при крупносерийном выпуске стержней, когда оснастка практически не заменяется на машине (например, на машине модели 4544А, см. рис. 4.64). Когда же требуется частая замена оснастки, то применяют универсальные нагревательные плиты, к которым крепятся полуформы стержневого ящика.

Шероховатость поверхностей нагреваемых стержневых ящиков должна соответствовать числовым значениям, указанным в табл. 4.35.

Материалы для изготовления

4.6. металлических модельных комплектов

В массовом и крупносерийном производстве наибольшее распространение получили металлические и пластмассовые модельные комплекты. Это обусловлено тем, что металлическая и пластмассовая оснастка имеет по сравнению с деревянной большую начальную размерную точность, которую она сохраняет в течение длительной эксплуатации. Так, при машинной формовке по деревянным моделям можно получить около 1 тыс. отливок, по алюминиевым — до 50 тыс., по чугунным — до 100 тыс., по пластмассовым — от 35 до 100 тыс. отливок. Кроме того, повышенная чистота рабочих поверхностей оснастки из этих материалов способствует получению отчетливого отпечатка модели в форме и стержней с четким контуром.

Для производства металломодельной оснастки применяют алюминиевые сплавы, чугуны, сталь, бронзу, латунь.

Алюминиевые сплавы обладают достаточной прочностью, высокой коррозионной стойкостью, хорошей обрабатываемостью, малой плотностью. Наибольшее распространение в модельных цехах получили сплавы марок АК12, АК9, АК7ч, АК7Ц9, АМг5К (ГОСТ 1583–93), из которых изготавливают модели и цельнолитые модельные плиты для мелких и средних отливок, корпуса и вкладыши стержневых ящиков, сушильные плиты, драйеры, цельнолитые опоки. Перед механической обработкой отливки из этих сплавов подвергают искусственному старению.

Чугуны марок СЧ15, СЧ20 (ГОСТ 1412–85) применяются для моделей крупных, средних и мелких отливок, нагреваемых

стержневых ящиков, модельных плит для оболочкового литья, а также моделей и стержневых ящиков для пескодувного, пескострельного и пескометного способов формовки, опок, сушильных плит, кондукторов. Широкому применению чугуна для литейной оснастки способствует его высокая прочность и износостойкость, хорошая обрабатываемость и гладкая поверхность после обработки, сравнительно невысокая стоимость.

Сталь марок 15Л-45Л и Ст3 (ГОСТ 380–94) используют для изготовления моделей средних и мелких сложных отливок, модельных плит, цельнолитых опок. Применение стальной оснастки экономически оправдывается благодаря высокой прочности и стойкости (до 500 тыс. отливок), возможности ремонта и исправления повреждений (заварка изношенных частей моделей).

Бронза (ГОСТ 613–79) и *латунь* (ГОСТ 15527–70) имеют высокую износостойкость и стойкость против коррозии, гладкую поверхность после обработки. Формовочная смесь практически не прилипает к поверхности бронзовой и латунной моделей. Эти материалы применяют для изготовления мелких сложных моделей для автоматических формовочных линий, вкладышей и вставок.

Металлические модели и стержневые ящики изготавливают из литых заготовок путем их механической обработки. Процесс получения литых заготовок состоит из двух самостоятельных технологических процессов:

1) изготовление деревянных моделей (*промоделей*) для литья заготовок;

2) литье заготовок по изготовленным деревянным промоделям.

Деревянные промодели имеют специфические особенности. Во-первых, при их изготовлении учитывается суммарная усадка сплава модели и сплава отливки. Например, если материалом металлической модели является алюминиевый сплав, имеющий усадку 2%, а отливки — сталь с усадкой 1,8%, то промодель изготавливают с учетом суммарной усадки 3,8%. Во-вторых, промодель должна иметь припуски на механическую обработку модели и получаемой по ней отливки. Припуски на механическую обработку назначаются на все формообразующие поверхности, а также на плоскости разъема. В-третьих, промодели изготавливают с таким расчетом, чтобы отлитые по ним заготовки имели

минимальную массу, т.е. были пустотелыми с ребрами жесткости и необходимыми для крепления приливами. Для изготовления промоделей применяют древесину только первого и второго сорта.

Технологические процессы изготовления

4.7. деревянных моделей

Древесина является одним из основных материалов, применяемых для изготовления модельных комплектов в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. Она обладает рядом положительных качеств: малая плотность, легкость обработки режущим инструментом, хорошая склеиваемость. Однако имеются и недостатки: неоднородность строения; способность поглощать и испарять влагу, в результате чего могут изменяться геометрические размеры и механические свойства модели; склонность к короблению. Эти недостатки частично устраняются правильным выбором требуемой породы и сорта дерева, соблюдением режимов сушки, тщательной грунтовкой и покраской готовых моделей.

Для производства модельных комплектов применяются как лиственные, так и хвойные породы. К лиственным породам относятся липа, ольха, береза, клен, дуб, бук, граб и др., к хвойным — сосна, ель, пихта, лиственница и т.д.

В зависимости от типа производства, размеров моделей, их сложности и точности применяются различные сорта древесины.

Л и п а — мягкая древесина, легко обрабатывается, незначительно деформируется, обладает низкой прочностью и большой гигроскопичностью. Применяется для изготовления мелких и средних моделей, а также моделей опытных и художественных отливок.

О л ь х а — мягкая древесина, хорошо обрабатывается как вдоль, так и поперек волокон, восприимчива к влаге, имеет небольшую усушку и коробление. Применяется для изготовления мелких и средних модельных комплектов повышенной точности.

Б е р е з а — сравнительно твердая древесина, хорошо обрабатывается на токарном станке, имеет большую усушку, гигроскопична, сильно коробится, во влажной среде быстро загнивает. Используется для изготовления мелких моделей, облицовки сред-

них и крупных моделей, а также частей моделей (стержневых знаков, бобышек и т.п.), имеющих форму тел вращения.

К л е н обладает высокой твердостью, трудно, но чисто обрабатывается, имеет небольшую усушку и незначительное коробление. Применяется для изготовления ответственных малогабаритных моделей, а также для облицовки средних и крупных моделей.

Д у б — твердая, труднообрабатываемая древесина. Применяется для изготовления ответственных частей моделей, модельного и формовочного инструмента.

Б у к — твердая древесина, трудно, но чисто обрабатывается, значительно деформируется. Из бука изготавливают мелкие модели несложной конфигурации, а также облицовывают средние и крупные модели и стержневые ящики.

Г р а б по твердости занимает промежуточное положение между дубом и буком, обрабатывается трудно, но чисто. Используется для небольших моделей, машинной формовки при серийном производстве.

С о с н а хорошо обрабатывается, обладает небольшой усушкой и незначительным короблением, устойчива к загниванию. Используется для изготовления крупных, средних и мелких моделей и стержневых ящиков, а также шаблонов.

Е л ь плохо обрабатывается из-за наличия большого количества сучков, сильно деформируется. Применяется для простых модельных комплектов единичного производства и вспомогательных заготовок для средних и крупных модельных комплектов.

П и х т а обрабатывается плохо. Используется, как и ель, на вспомогательные части модельных комплектов.

Л и с т в е н н и ц а — древесина, по внешнему виду похожая на сосну, но более твердая, обрабатывается чисто, деформируется незначительно, устойчива к загниванию. Применяется сравнительно редко, только для изготовления мелких моделей и ответственных частей крупных моделей и стержневых ящиков.

Деревянные модельные комплекты изготавливают из материала, содержащего 8...12% влаги, что позволяет снижать их коробление, повышать механические свойства и стабильность геометрических размеров в процессе эксплуатации. Такое содержание влаги достигается сушкой пиломатериалов, которые в исходном состоянии содержат ее до 50%. Различают естественную и искусственную сушку.

Естественная (воздушная) сушка происходит при выдерживании древесины на воздухе под навесом за счет движения окружающего воздуха. Процесс этот длительный и продолжается 2–3 года для мягких пород дерева и 4 и более для твердых. Преимущество естественной сушки заключается в том, что нет необходимости в специальном оборудовании, а недостаток — длительность процесса.

Наиболее распространена *искусственная сушка* подогретым воздухом в сушилках. Преимущества этого способа: значительно сокращается продолжительность сушки (для мягких пород дерева 3–8 дней, для твердых 8–16 дней); повышается качество древесины (исключается возможность появления гнили, грибков и других пороков); влажность доводится до необходимых пределов. К недостаткам можно отнести затраты на оборудование и значительный расход пара. Мягкие породы дерева сушат при температуре 40...75 °С, твердые — при 35...55 °С. Для устранения коробления пиломатериалы в сушиле периодически пропаривают.

Пиломатериалы можно сушить скоростным способом в электросушилках токами высокой частоты. В этом случае сушка продолжается всего несколько часов, причем материал высушивается равномерно, без трещин и коробления. Особенности нагрева древесины в высокочастотном электрическом поле заключаются в том, что теплота выделяется непосредственно в нагреваемом материале (как в полупроводниках и диэлектриках, к которым относится дерево) и температура материала может повышаться в течение короткого промежутка времени (3...5 мин). Древесина прогревается одновременно по всей толщине. Продолжительность сушки — 3...10 ч.

Применяется скоростной метод промышленной сушки пиломатериалов в горячих жидкостях, например в петролатуме, креозотовом масле, сере. Для этого пиломатериалы погружаются в ванну с жидкостью, нагретой до температуры 100...130 °С, и выдерживаются в течение 4...6 ч. За этот период, например, сосновые доски толщиной 30 мм и начальной влажностью 50% высыхают до влажности 10...11%. Однако такая древесина по своим механическим свойствам уступает древесине, высушенной в паровоздушных камерах и электросушилках. Кроме того, наружные слои пиломатериалов пропитываются жидкостью, что увеличивает отходы при производстве модельных комплектов.

Изготовление деревянного модельного комплекта ведется по чертежу детали, на который технолог нанес необходимые указания (плоскость разъема, припуски на механическую обработку, литейные уклоны и галтели и др.). Учитывая сложность конструкции, в технологическом бюро модельного (литейного) цеха разрабатывают технологическую карту на изготовление модельного комплекта, в которой делают эскизы моделей и стержневых ящиков, устанавливают классы точности и прочности, определяют материал модельного комплекта, нормы времени на изготовление, разряды рабочих, выполняющих отдельные операции, и т.д.

Чертеж детали и технологическая карта передаются модельщику для изготовления модельного комплекта. Модельщик начинает работу с вычерчивания чертежа на модельном щитке (простые модели изготавливаются непосредственно по чертежу детали) в натуральную величину по усадочному метру без указания размеров и штриховых линий. По этому чертежу определяются размеры и количество заготовок модели, размечаются и изготавливаются шаблоны для контроля размеров и формы криволинейных поверхностей.

В качестве примера изготовления оснастки можно рассмотреть технологический процесс изготовления модельного комплекта для отливки «корпус вентиля» из серого чугуна СЧ20. Модельный комплект состоит из разъемной модели и стержневого ящика. На первой (подготовительной) стадии по чертежу на модельном щитке (рис. 4.70, а) определяют количество и размеры заготовок, необходимых для изготовления модели. Далее из древесины, предварительно склеенной в несколько слоев, делают две заготовки 1 для основной части модели (рис. 4.70, б). Затем на обеих заготовках определяют места шипов и намечают центры с помощью маленьких гвоздиков 2, после чего устанавливают металлические шипы 4 (рис. 4.70, в). Для этого в нижней заготовке центром 5 сверлят углубления на толщину шайбы шипа. Сверлом 3 выполняют отверстия глубиной, на 5...8 мм превышающей высоту шипа. В полученных отверстиях шурупами закрепляют шайбы шипов. В заготовке для верхней части модели в просверленное центром углубление аналогичным образом устанавливают и закрепляют шипы. Для удобства обработки на токарном станке половинки моделей склеивают (рис. 4.70, г), а для разъединения их после обработки между ними прокладывают слой

плотной бумаги, оставляя склеенными лишь концы, которые впоследствии удаляются. Кроме того, на торцы спаренной заготовки привертывают специальные планшайбы (рис. 4.70, *д*),

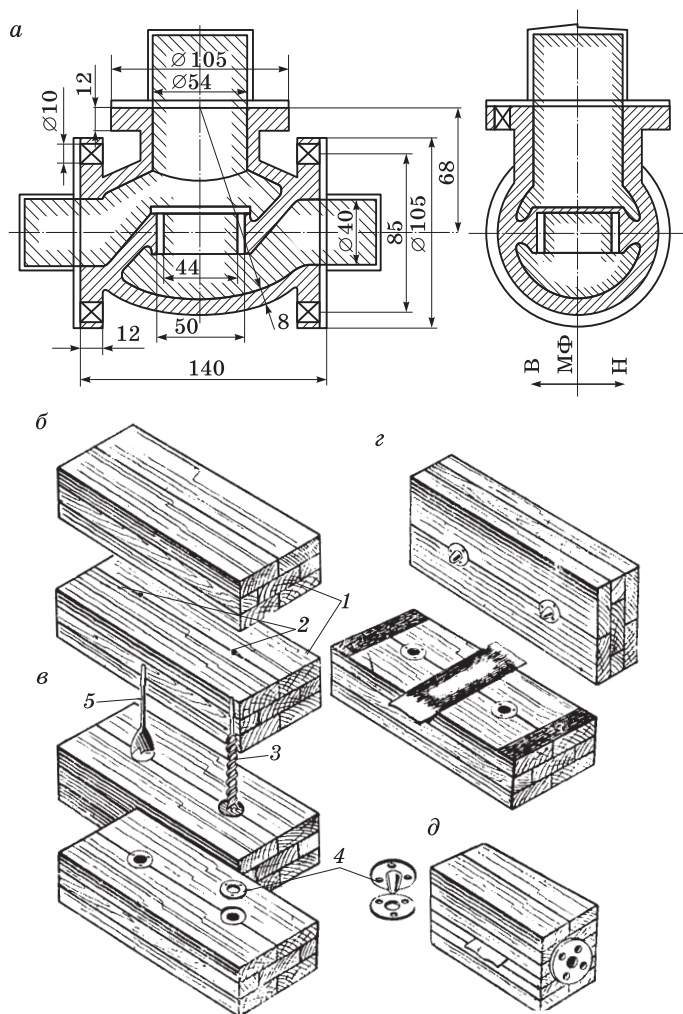


Рис. 4.70. Изготовление модельного комплекта корпуса вентиля:
a — чертеж отливки; *б* — разметка заготовок под шипы; *в* — изготовление углублений и закрепление шипов; *з* — подготовка заготовки к склеиванию;
д — заготовка для модели патрубка

позволяющие получать обе половинки модели по разъему с точностью $\pm 0,1$ мм. Перед установкой на токарный станок спаренных заготовок острые углы древесины срубают (рис. 4.71, *a*).

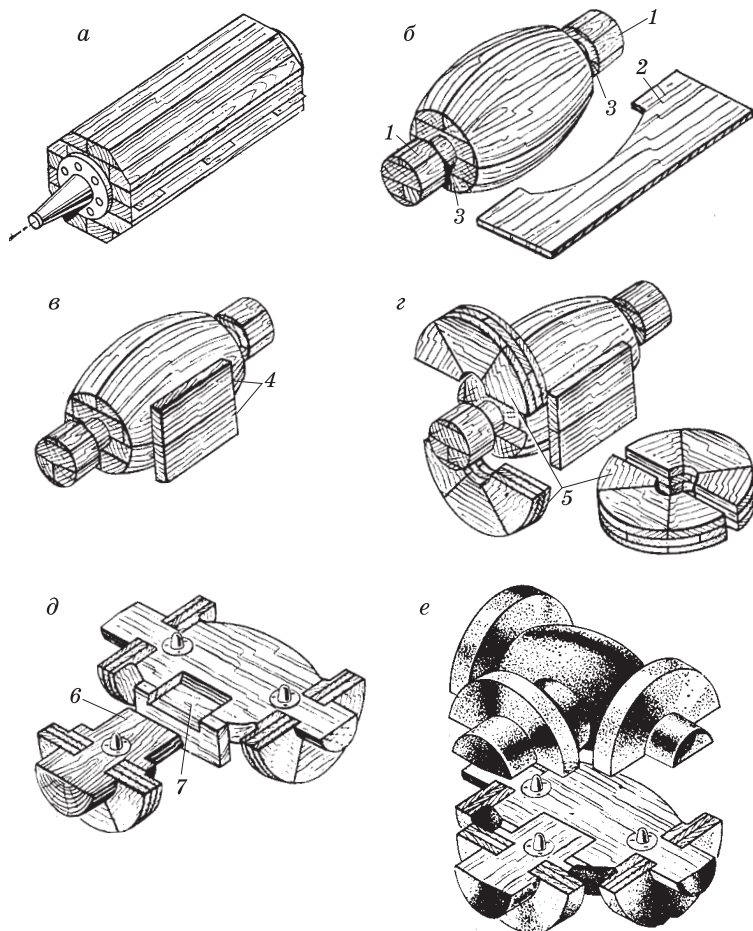


Рис. 4.71. Обтачивание и сборка частей модели корпуса вентиля:
a — заготовка, подготовленная к обработке в центрах на токарном станке;
б — заготовка, обточенная по шаблону; *в* — крепление планок для изготовления галтелей; *г* — выточенные фланцы из заготовки с круговыми секторами; *д* — соединение частей патрубков на половинке модели; *е* — готовая модель

При обработке на токарном станке сначала вытачивают знак 1 (рис. 4.71, б), а затем обрабатывают наружную поверхность модели. Правильность овальной формы проверяют шаблоном 2. После окончательной обработки шаблон должен плотно прилегать к поверхности, а прямые кромки — касаться цилиндрических поверхностей знаков. Затем вытачивают углубления 3 для фланцев.

Обточенную заготовку снимают с центров, освобождают от планшайб и разъединяют на две части. После этого у обеих частей заготовки с одной стороны на соответствующем расстоянии от оси вращения выстругивают плоские поверхности под прямым углом к плоскости разъема. К этим поверхностям приклеивают две предварительно подготовленные планки 4 для изготовления галтели по линии пересечения поверхностей двух тел (рис. 4.71, в). Фланцы 5 (рис. 4.71, г) для модели вытачивают на токарном станке из заготовок, выполненных из косяков.

Цилиндрическую часть модели — патрубок — изготавливают тем же способом, что и основную. При этом необходимо учесть, что цилиндрическую часть вытачивают больше основной длины на размер шипа 6. С помощью этого шипа половинки патрубка прикрепляют к основным частям модели, в которых делают пазы 7 (рис. 4.71, д).

После соединения патрубка с основной частью модели из приклеенных ранее планок вручную вырезают галтель. Затем к модели приклеивают фланцы и окончательно отделывают модель (рис. 4.71, е).

Технология изготовления деревянного стержневого ящика для отливки «корпус вентиля» показана на рис. 4.72. Стержневой ящик состоит из двух симметричных половинок. Приемы подготовки частей ящика, их соединение аналогичны изготовлению и соединению половинок моделей. Затем на плоскости разъема намечают контур отверстия для стержня (рис. 4.72, а). Базой для разметки половинок служат плоскость разъема и обработанные вначале под прямым углом кромки. В половинках ящика (рис. 4.72, б) сначала вырезают полукруглой фрезой или специальным рубанком-галтельником сквозное полукруглое отверстие диаметром, равным диаметру входного и выходного отверстий вентиля. Затем стамеской вырезают полость овальной формы по шаблону 1 (рис. 4.72, в), контрольная кромка которого натирается

цветным карандашом. Далее вырезают полукруглое отверстие, расположенное перпендикулярно к продольной оси ящика.

Из заготовки, состоящей из двух брусков, вытачивают вставку, размеры и форма которой повторяют размеры и форму овальной полости ящика (рис. 4.72, *з*). Приемы обработки аналогичны приемам, применяемым при изготовлении основной части модели. Правильность кривизны поверхности вставки при обтачивании проверяют шаблоном 2. После обработки вставку разъединяют по плоскости разъема на две части, каждую из них вставляют в полость одной из половинок ящика и наносят контур перегородки, ребра (рис. 4.72, *д*). Обработанные перегородки 3 (рис. 4.72, *е*) приклеивают в полости каждой половинки ящика (рис. 4.72, *ж*).

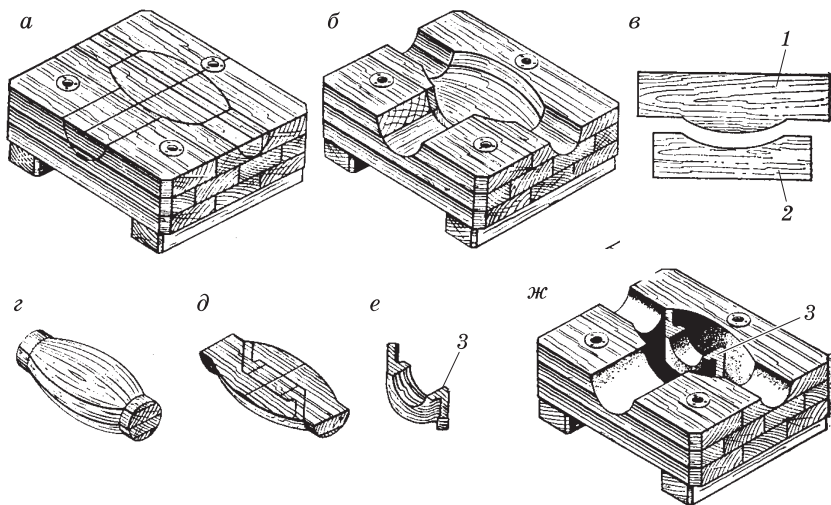


Рис. 4.72. Изготовление стержневого ящика корпуса вентиля:

а — разметка заготовки половинки ящика для обработки полости; *б* — половинка ящика с выполненной полостью; *в* — шаблоны для изготовления полости ящика и вставки; *г* — выточенная вставка; *д* — половинка вставки, на которую нанесены контуры перегородки; *е* — готовая перегородка; *ж* — изготовленная нижняя половинка стержневого ящика

Уклоны на вертикальных формообразующих поверхностях моделей и стержневых ящиков предусматривают в процессе их изготовления. Неизготовленные галтели выполняют специальной замазкой на олифе.

Для получения гладкой рабочей поверхности моделей и стержневых ящиков, а также для предохранения их от насыщения влагой, которая приводит к расклеиванию отдельных их частей и потере геометрических размеров, поверхности модели тщательно отделывают: сначала грунтуют, затем шпаклюют и покрывают модельным лаком. После каждой операции поверхность шлифуют наждачной шкуркой.

Изготовление моделей

4.8. из пластполимеров

Анализ развития современного массового и крупносерийного производства отливок показывает растущую популярность пластполимерной модельной оснастки. Сегодня в странах Европы, в США, Японии уже более 30% модельных комплектов и около 50% стержневой оснастки для ХТС изготавливается из высокостойких эпоксидных и полиуретановых материалов.

Известен целый ряд производителей современных пластполимеров, например CIBA (Швейцария), AXSON (Франция) и другие, которые выпускают широкую гамму материалов, используемых при изготовлении моделей для литейного производства. Наиболее рациональным является применение этих материалов для изготовления моделей в серийном и массовом производстве отливок в разовые литейные формы, особенно при многоместном монтаже на подмодельной плите, а также при изготовлении стержневых ящиков для ХТС. Кроме того, пластполимеры с успехом используются для изготовления копирмоделей, эталонов, плит стержнеукладчиков и т.д.

Технология изготовления моделей из двухкомпонентных пластполимерных материалов имеет ряд преимуществ перед традиционными, широко используемыми способами изготовления моделей из металла и дерева:

- минимальная усадка при полимеризации (не более 0,3 мм/м), позволяющая получать идеальную копию модели-эталона практически без последующей механической обработки и обеспечивающая возможность тиражирования по одной модели целого ряда модельных комплектов;

- изготовление модельного комплекта в сжатые сроки с минимальными затратами на механическую обработку, без использования дополнительного оборудования;

- более низкая по сравнению с металлической себестоимость модельной оснастки;

- возможность монтажа механическим креплением либо непосредственное изготовление моделей на модельной плите.

Преимущества технологии изготовления модельных комплектов из пластполимерных материалов дополняются преимуществами самих пластполимеров:

- абсолютная влагостойкость и высокая стойкость по отношению к агрессивным средам обеспечивает комплектам из пластполимеров практически неограниченный срок хранения;

- высокая износостойкость гарантирует пластполимерной оснастке долговечность, сравнимую с комплектами из стали и чугуна (до 100 тыс. съёмов);

- великолепные антифрикционные свойства и мизерная смазываемость поверхности обеспечивают минимальное усилие съёма при извлечении модели из формы или стержня из стержневого ящика, что во многих случаях позволяет свести к минимуму необходимость применения разделительных покрытий.

Изготовление пластполимерных моделей включает три основных этапа:

- 1) изготовление модели-эталона;
- 2) изготовление промодели (негатива);
- 3) изготовление промышленных моделей либо модельных комплектов.

Изготовление модели-эталона производится традиционным, применяемым в модельном цехе способом из дерева, металла либо других материалов, инертных к применяемым составам. При этом следует обратить внимание на покрытие деревянных моделей, качество их поверхности. Модель-эталон может быть изготовлена также из обрабатываемых блоков, производимых и поставляемых фирмой AXSON.

Промодели изготавливаются в несколько этапов. Вначале изготавливается обечайка (внутренний размер больше габаритов модели-эталона на 5...15 мм), в которую устанавливается модель-эталон.

На поверхность модели-эталона и модельную плиту наносят 2–3 слоя разделительного состава. В качестве разделителя используются различные восковые составы, в частности Demoulant 851 (Demoulant 841).

Для формирования промодели приготавливается специальный состав путем тщательного перемешивания смолы (часть В) с катализатором-отвердителем (часть А). Для изготовления промоделей используются, как правило, различные типы уретанов (в частности используются фасткасты F1, F15, F23 и т.п.). Поставка смол производится совместно с катализатором. Отношение катализатор — смола у различных смол разное и указано в инструкции по использованию. Приготовленным составом заполняют обечайку. После отверждения состава модель-эталон извлекают.

Для изготовления рабочих моделей используется широкая гамма смол (F40, EPO5019, EPO5030, UR3569 и др.). При изготовлении моделей, используемых для малых серий отливок, могут использоваться материалы, применяемые для изготовления промоделей.

Можно изготавливать отдельно модели с последующим механическим креплением к подмодельной плите либо непосредственно вливать модель в подмодельную плиту.

Изготовление (тиражирование) моделей по промодели производится в следующем порядке:

1) промодель устанавливается на ровную горизонтальную поверхность;

2) рабочая поверхность промодели покрывается разделительным составом;

3) промодель накрывается заливочной плитой, в которой предварительно сверлятся отверстия для заливки состава, а также для удаления воздуха и равномерного заполнения промодели составом;

4) приготавливается модельный состав;

5) промодель (негатив) заполняется модельным составом; после полного его отверждения извлекаются готовые модели.

Изготовление моделей непосредственно на модельной плите осуществляется в такой последовательности:

1) производится разметка подмодельной плиты в соответствии с направляющими втулками на промодели;

2) с помощью шаблона наносится контур планируемых к монтажу моделей;

3) по контуру на фрезерном станке производится выборка крепежного гнезда под модель. В модельной плите сверлятся отверстия для заливки состава и отверстия для выхода воздуха и равномерного заполнения промодели;

4) наносится разделительный состав;

5) промодель устанавливается на модельную плиту с помощью спаривающих штырей;

6) модельная плита с промоделью поворачивается на 180° ;

7) приготавливается модельный состав, которым заполняется промодель;

8) после отверждения модельного состава промодель снимается с модельной плиты.

Литниковая система может изготавливаться с применением как составов, используемых при изготовлении моделей, так и других материалов (дерево, алюминиевые сплавы и т.д.).

С целью экономии материалов фирмой AXSON разработаны продукты, позволяющие получать модели путем изготовления ламинированного облицовочного слоя, армированного стекловолокном, с заполнением остального объема наполнителем либо путем изготовления рабочего слоя с использованием литевой смолы (например, EPO5030) и последующим заполнением остающегося пространства наполнителем.

В случае выполнения ламинированного слоя процесс изготовления модели (стержневого ящика) следующий:

1) на поверхность промодели наносится разделительный состав;

2) приготавливается модельный облицовочный состав. Для этих целей может использоваться, например, гель-коут GC1050/GC10;

3) изготавливается и устанавливается обечайка (в случае изготовления стержневого ящика);

4) на промодель с помощью кисточки наносится облицовочный состав. Толщина наносимого слоя составляет 0,1...0,5 мм (при необходимости наносится несколько слоев);

5) на не полностью полимеризовавшийся слой гель-коута вручную выкладывается подготовленная паста EPOAST200 (EPOAST206, EPOAST400). Необходимо обращать внимание

на места с острыми углами, где при выкладке следует приложить усилие для создания плотного, без пустот слоя. Конструкционный слой можно усилить ребрами жесткости из стекловолокна, фанеры или модельного материала. Усиление моделей (стержневого ящика) производится либо заполнением оставшегося объема наполнительным составом, либо установкой каркаса. При использовании вытряхных ящиков, в которых смесь уплотняется на вибростолах или с помощью пневмотрамбовок, допускается не выполнять усиление и оставлять стержневой ящик пустотелым, что позволяет существенно снижать его массу.

В случае использования литевой смолы и наполнительного состава процесс изготовления стержневого ящика следующий:

1) наносится разделительный состав. При изготовлении стержневого ящика делается калибр, соответствующий стержню;

2) изготавливается и устанавливается обечайка (в случае изготовления стержневого ящика);

3) промодель (калибр) по всей плоскости прокладывается технологическими пластинами, толщина которых зависит от требуемой толщины рабочего слоя литевой смолы. При изготовлении стержневого ящика с целью получения износостойкого слоя по плоскости разъема кроме калибра прокладка производится и по плите;

4) осуществляется усиление плоскости разъема стекловолокном либо наполнителем;

5) разбираются и удаляются технологические пластины;

6) наносится разделительный состав;

7) осуществляется сборка промодели и усиленной стекловолокном оболочки (оболочки с наполнителем). Предварительно в оболочке либо в наполнительном слое выполняются отверстия для заливки рабочего состава и удаления газов;

8) приготавливается модельный состав;

9) заполняется модельным составом пустота между промоделью и оболочкой;

10) осуществляется отверждение модельного состава;

11) выполняется разборка модели либо стержневого ящика.

В результате анализа номенклатуры и производственной программы выпускаемых отливок, сопоставления технологических и физико-механических характеристик различных пластполимерных материалов, предназначенных для изготовления литей-

ной оснастки, предлагаются к применению следующие марки смол:

- для изготовления промодели — F1, F15, F16, F23, F40, F50;
- для изготовления рабочих моделей для небольших серий отливок — F16, F23, F50 (до 1 тыс. съемов); F1, F15 (до 5 тыс. съемов); F40, ЕРО5019, ЕРО5030 (до 40 тыс. съемов);
- для изготовления рабочих моделей для больших серий — ЕРО5030 (свыше 40 тыс. съемов); UR 3569 (до 100 тыс. съемов);
- для изготовления стержневых ящиков — ЕРО5019, ЕРО5030, UR3569 или гель-коуты и пасты (S1, S69, ЕРОРАST 200, 201, 206, 400 либо их аналоги) с усилением (наполнение либо каркас) или без него (для ручных вытряхных ящиков).

Следует иметь в виду, что литьевые эпоксидные материалы ЕРО имеют относительно высокий коэффициент температурного расширения: $60 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, что примерно в 5 раз выше, чем у стали. В связи с этим у модельных комплектов с большими (более 600...800 мм) литейными размерами при эксплуатации (хранении) в условиях значительных колебаний температур (более 40...50 °С, и особенно при отрицательных температурах) при затрудненных линейных расширениях (сжатиях) возможно образование трещин и нарушение целостности, если эти расширения или сжатия превысят предельное относительное удлинение материала.

При необходимости изготовления модельных комплектов (стержневых ящиков) с большими линейными размерами можно использовать гель-коуты и пасты.

4.9. Проектирование опок

Номинальные размеры опок определяются расположением литниковой системы, габаритами моделей, необходимыми минимальными толщинами слоя формовочной смеси между моделями и стенками опок, а также между моделями и верхними и нижними кромками опок. Эти толщины должны быть достаточными, чтобы обеспечить сопротивление формы продавливанию или прорыву ее металлом в плоскости разъема. Рекомендации по выбору вышеуказанных минимальных толщин слоев формо-

вочной смеси (табл. 4.36) разработаны на основании многолетнего опыта работы литейных цехов. Площадь опок должна быть максимально занята моделями.

Таблица 4.36

**Минимальная толщина слоев формовочной смеси
на различных участках опоки, мм**

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от стенки опоки до модели	между моделями	между моделью и шлакоуловителем	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки
До 5	20	30	30	4	50
6...10	30	40	30	50	60
11...25	40	50	30	60	70
26...50	50	60	40	70	90
51...100	60	70	50	90	100
101...250	70	100	60	100	120
251...500	80	—	70	120	150
501...1000	90	—	120	150	200
1001...2000	100	—	150	200	250
2001...3000	125	—	200	250	300
3001...4000	150	—	225	275	350
4001...5000	175	—	250	300	370
5001...10 000	200	—	250	350	400
Более 10 000	250	—	250	400	450

Полученные данные позволяют определять минимальные размеры опок, которые окончательно уточняются по ГОСТ 2133–75 (табл. 4.37, 4.38); при этом расчетные значения увеличивают до ближайшего регламентированного размера.

Таблица 4.37

Основные размеры опок, мм

Средний размер опоки в свету	Длина или диаметр опоки в свету	Ширина опоки в свету																																	
		250	300	360 (350)	400	450	500	560 (550)	600	630 (650)	710 (700)	750	800	900	1000	1100	1200	1400	1500	1600	1800	2000	2200	2500 (2400)	2600	2800	3000	3200 (3250)	3600 (3500)	3800 (3750)	4000	4200 (4250)	4500		
До 500	300	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	360 (350)	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	400	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	450	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	500	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	560 (550)	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	600	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	630 (650)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
500... 750	710 (700)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	750	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	800	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	900	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
756... 1050	1100	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1200	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1400	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1051... 1500	1500	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1800	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2000	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1501... 2500	2200	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2500 (2400)	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2600	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2800	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3200 (3250)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3600 (3500)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3800 (3750)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	
2501... 3500	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	
	4200 (4250)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	
	4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	
	4800 (4750)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
3501... 5000	5600 (5500)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
	6300 (6500)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
	7100 (7000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	

Примечание. Размеры опок, указанные в скобках, при новом проектировании не применять.

Таблица 4.38

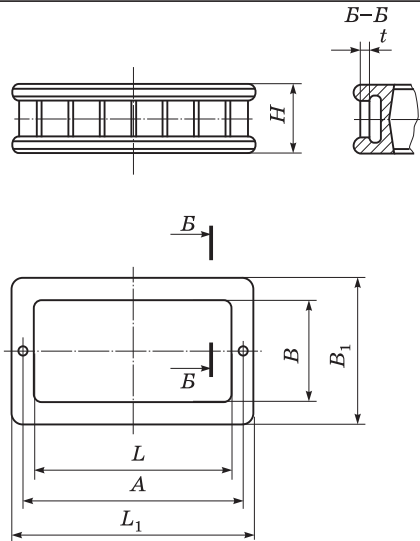
Высота опок, мм

Длина или диа- метр опо- ки в свету	Высота опоки																		
	50	75	100	120	150	175	200	250	300	360	400	450	500	560	600	710	800	900	1000
300	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
360	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450	—	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
560	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
630	—	—	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
710	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
750	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—
900	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—
1000	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—
1100	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—
1200	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
1400	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
1500	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
1600	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
1800	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
2000	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
2200	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
2500	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—
2600	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—
2800	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—
3000	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3200	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3600	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3800	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4000	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4200	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4500	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
4800	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

Основные размеры опок для автоматических линий изготовления песчаных форм регламентированы ГОСТ 14928–80 (табл. 4.39). Представленный чертеж не определяет конструкции опок.

Таблица 4.39

Основные размеры опок для автоматических линий, мм



L (пред. откл. $H14$)	B (пред. откл. $H14$)	H (пред. откл. $h14$)	A (пред. откл. $\pm \frac{H9}{2}$)	B_1 (пред. откл. $h11$)	L_1 (пред. откл. $h11$)	L (пред. откл. $H14$)
Основной ряд						
500	400	150	560	560	670	30
		200				
630	500	250	690	670	800	35
800	630	300	925	875	1000	
1000	800	350	1220	1060	1450	
1250	1000	400	1320	1320	1550	
1600	1250	450	1700	1500	2000	50

Окончание табл. 4.39

L (пред. откл. $H14$)	B (пред. откл. $H14$)	H (пред. откл. $h14$)	A (пред. откл. $\pm \frac{H9}{2}$)	B_1 (пред. откл. $h11$)	L_1 (пред. откл. $h11$)	L (пред. откл. $H14$)
<i>Дополнительный ряд</i>						
500	400	150	600	480	680	20
600		120	720	470	950	30
700	500	160	780	570		
	650	180	740	850	900	35
		200				
800	700	250	900	745	1098	30
		300	920	870	930	35
					900	1000
850	600	200	910	755	1035	30
900	600	175	985	798	1118	35
		200				
		250				
		350				
950	700	260	1060	870	1200	35
1100	750	250	1220	1060	1430	
		300				
		350				
1200	1000	250	1320	1340	1540	
		400	1400	1530	1700	75
1500	1100	350	1710	1500	1990	50
		400				
		450				
1600	1200	500	1840	1800	2200	75

Примечание. Опоки с размерами по дополнительному ряду должны изготавливаться по заказу потребителя и не должны применяться при новом проектировании.

По конструкции опоки могут быть *цельнолитыми* (сталь, чугун, легкие цветные сплавы) и *сварными* (стандартный прокат, прокат специальных профилей, стальные литые элементы). По конфигурации опоки бывают *прямоугольными* (квадратными), *круглыми* и *фасонными*. По массе опоки подразделяются на *ручные* (до 30 кг), *комбинированные* (30...60 кг) и *крановые* (> 60 кг). Кроме того, в зависимости от типа формовки опоки предназначаются для машинной, пескометной и ручной формовки.

За основную расчетную величину для опок всех типов принимается средний габаритный размер опоки S , который определяется по формуле

$$S = \frac{L+B}{2} \text{ [мм]},$$

где L, B — соответственно длина и ширина опоки в свету, мм.

Для круглых опок средним габаритным размером является их диаметр в свету:

$$S = D \text{ [мм]}.$$

К основным элементам опоки относятся:

- корпус;
- ребра жесткости, предотвращающие деформацию стенок опок при формовке;
- центрирующие и направляющие штыри и втулки для центрирования опок с модельными плитами и между собой;
- установочная плоскость и плоскость набивки, которые позволяют плотно устанавливать опоки на модельную плиту и дополнительно придают жесткость всей конструкции благодаря наличию верхней и нижней отбуртовок;
- приливы для скрепления опок между собой;
- ребра-крестовины, необходимые для дополнительной жесткости и удержания формовочной смеси;
- скобы, цапфы, ручки для транспортировки опок.

Корпус опок может быть выполнен с упрощенным профилем стенок (рис. 4.73, а) и стандартными наклонными (рис. 4.73, б) или прямыми (рис. 4.73, в) стенками. Упрощенный профиль стенки имеет отбуртовку только на установочной плоскости, а стандартный — на установочной и плоскости набивки.

Основные конструктивные размеры цельнолитых чугунных опок с упрощенным профилем стенок должны соответствовать ГОСТ 14996–69 и ГОСТ 14997–69. Такие опоки предназначены для изготовления песчаных литейных форм при машинной и ручной формовке.

Конструкция цельнолитой чугунной опоки со стандартной наклонной стенкой показана на рис. 4.77. Конструкции опок, представленные на рис. 4.74 и рис. 4.77, различаются профилями стенок корпуса и элементами транспортировки. Стандартный профиль стенки корпуса опоки (рис. 4.77) имеет по периметру продолговатые конические вентиляционные отверстия (рис. 4.78), предназначенные для выхода из опоки в атмосферу газов, образующихся при заливке формы жидким металлом. Конусность

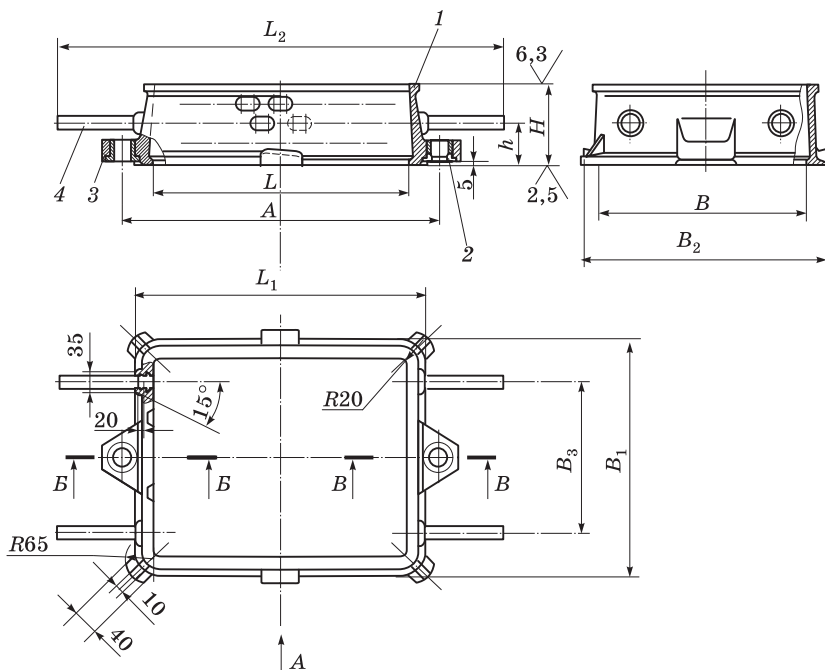


Рис. 4.77. Конструкция цельнолитой чугунной опоки с размерами в свету: длиной 400, 450 и 500 мм, шириной 300, 350 и 400 мм, высотой 100, 125, 150 и 200 мм:

- 1 — корпус; 2 — втулка направляющая; 3 — втулка центрирующая;
4 — ручки

вентиляционных отверстий указана на рис. 4.73, б. Для транспортировки данных опок предусматриваются четыре ручки (4 на рис. 4.77). Конструкции и размеры опок со стандартным профилем наклонной стенки должны соответствовать ГОСТ 14998–69 и ГОСТ 14999–69. Такие опоки используются для машинной и ручной формовки.

Конструкция цельнолитых чугуновых прямоугольных комбинированных опок с размерами в свету: длиной 500 мм, шириной 400 мм, высотой 150 и 200 мм — представлена на рис. 4.79. Опоки данной конструкции предназначены для изготовления песчаных литейных форм при машинной и ручной формовке.

Опоки могут транспортироваться как вручную, так и с помощью подъемно-транспортных механизмов. Конструкция цапф для опок высотой $H = 150$ мм показана на рис. 4.80, а опок высотой $H = 200$ мм — на рис. 4.81. Цапфы армируются стальными штырями. В комбинированных опоках высотой $H = 150$ мм приливы для установки центрирующих и направляющих втулок делаются в едином корпусе с приливами для транспортировочных цапф (см. рис. 4.80), а в опоках высотой $H = 200$ мм — отдельно, как показано на рис. 4.82.

Конструкция и размеры комбинированных опок должны соответствовать ГОСТ 15000–69 и ГОСТ 15001–69.

Конструкция цельнолитых чугуновых крановых опок размерами в свету: длиной 600...900 мм, шириной 500...700 мм и высотой 125...400 мм — представлена на рис. 4.83.

Увеличение размеров опок в свету длиной свыше 600 мм и шириной более 500 мм приводит к изменению конструкции опок: они выполняются с ребрами-крестовинами, расположенными у плоскости набивки; увеличивается количество приливов для скрепления скоб; изменяются конструктивные размеры отдельных элементов опоки (рис. 4.83–4.86). Толщина ребер-крестовин берется равной толщине стенки опоки и делается с уклоном $\angle 1 : 75$. Опоки данной конструкции предназначены для изготовления песчаных форм при машинной, пескометной и ручной формовке и должны соответствовать ГОСТ 15002–69 и ГОСТ 15007–69.

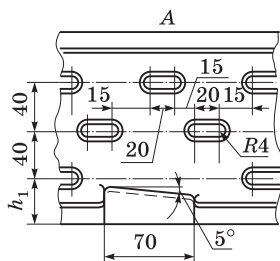


Рис. 4.78. Расположение и размеры газоотводящих отверстий

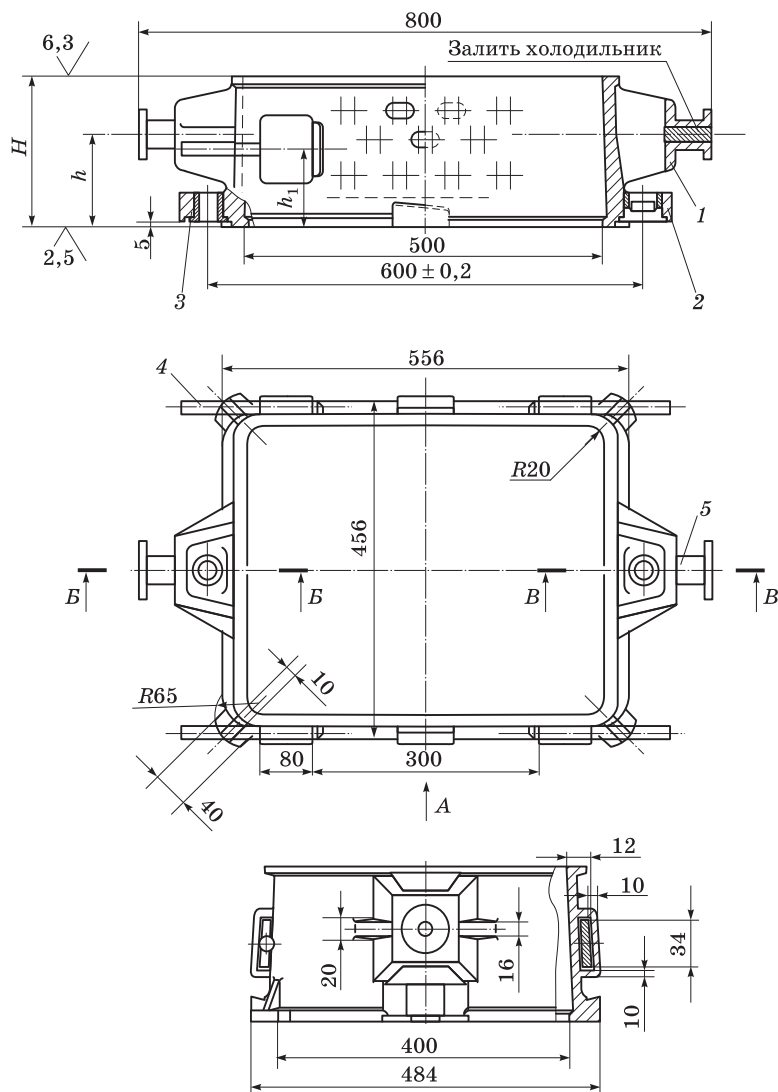


Рис. 4.79. Конструкция цельнолитых чугуновых комбинированных опок:

1 — корпус; 2 — втулка направляющая; 3 — втулка центрирующая;
4 — ручки; 5 — цапфы

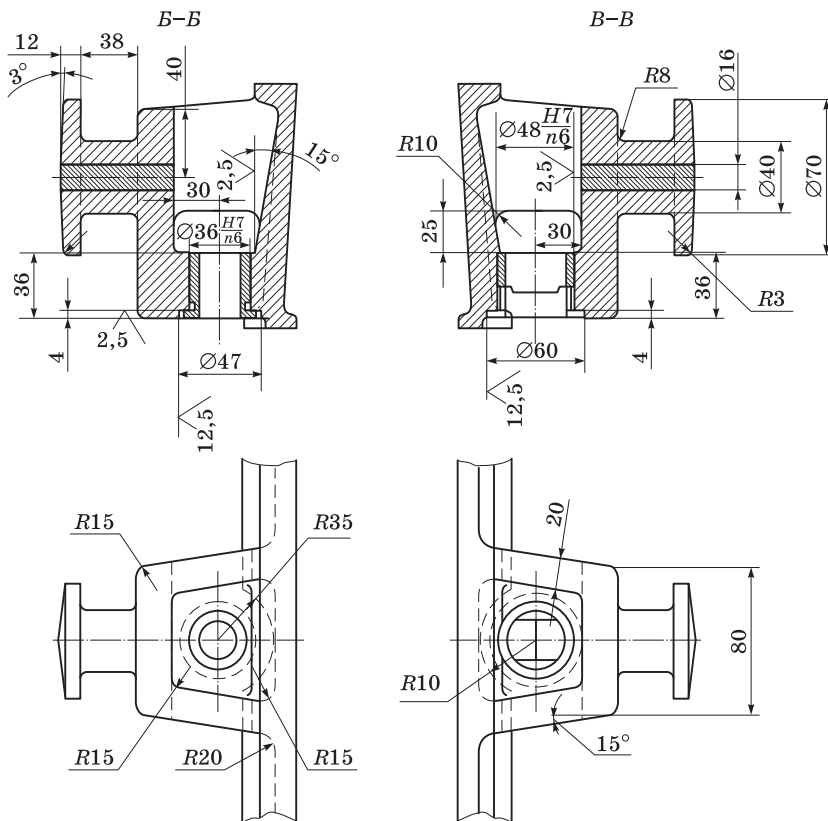


Рис. 4.80. Конструкция корпуса с цапфами для комбинированных опок высотой 150 мм

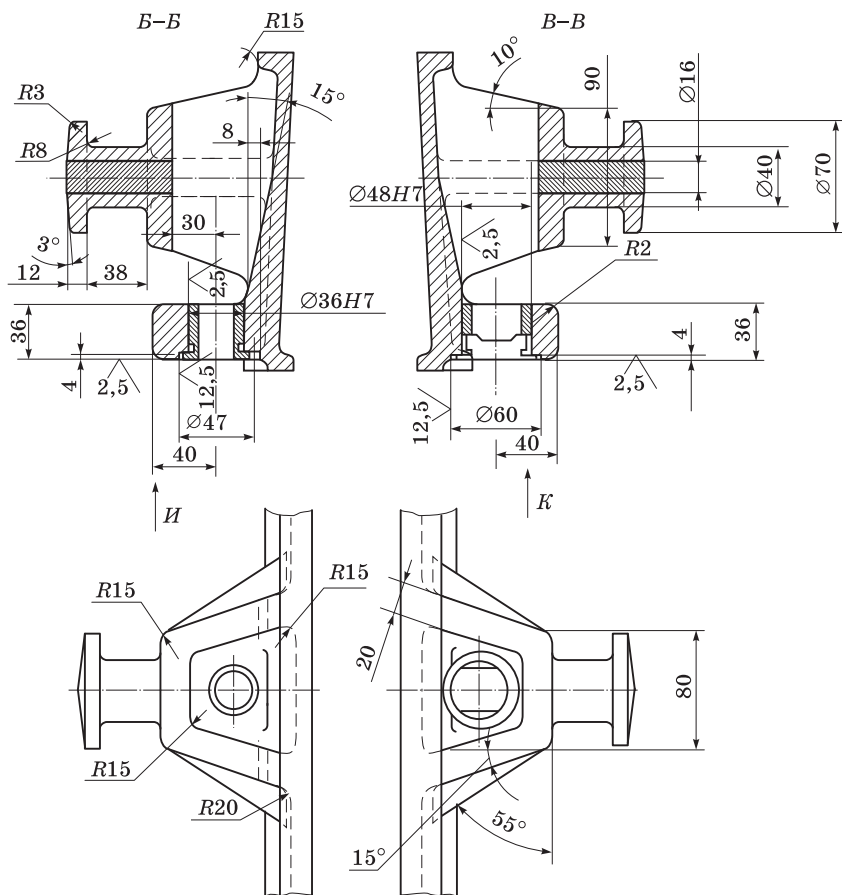


Рис. 4.81. Конструкция корпуса с цапфами для комбинированных опок высотой 200 мм

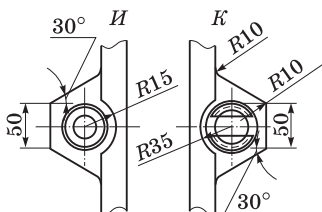


Рис. 4.82. Конструкция приливов для установки центрирующей и направляющей втулок в комбинированных опоках высотой 200 мм

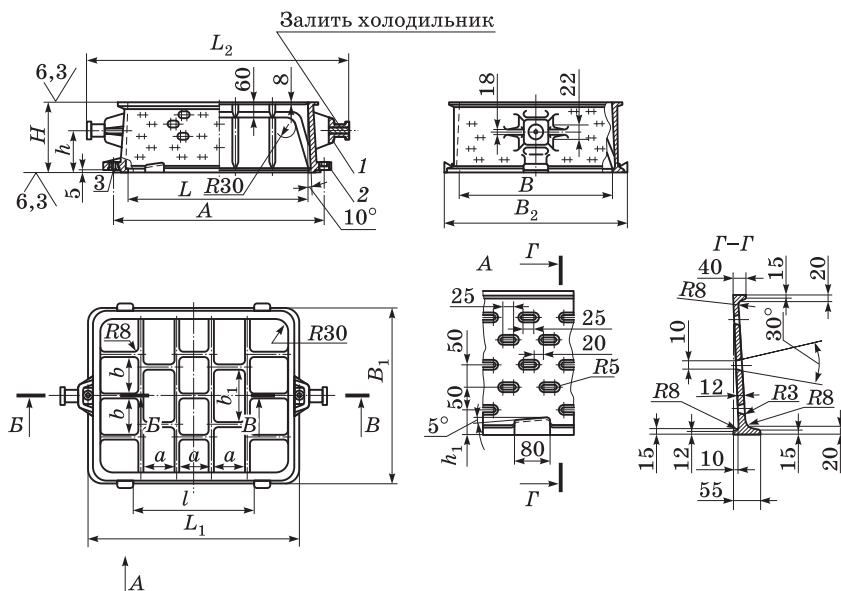


Рис. 4.83. Конструкция цельнолитых чугунных крановых опок:
1 — корпус; 2 — втулка направляющая; 3 — втулка центрирующая

С увеличением высоты опоки ($H > 400$ мм) по всему боковому периметру корпуса дополнительно предусматривается ребро жесткости, расположенное на высоте, равной $H/2$ (рис. 4.87, а).

В цельнолитых чугунных опоках с размерами в свету: длиной 1200, 1400 мм и шириной 900, 1000 мм — изменяется конструкция элементов крепления (рис. 4.87, б). Крепежные приливы делают под крепежные болты М30–7Н. Для опок с размерами в свету: длиной 1600...2200 мм и шириной 1000...1800 мм — увеличивается количество крепежных приливов до трех с каждой стороны (рис. 4.88). Опоки длиной 2000 мм и более, шириной 1200 мм и более имеют по две направляющие и две центрирующие втулки, а также стальные цапфы (2 на рис. 4.88), конструкция которых представлена на рис. 4.89.

Для опок с размерами в свету: длиной 2400 мм и более и шириной свыше 1600 мм — крепежные приливы делают под два болта каждый, а на боковых стенках корпуса опок предусматриваются четыре стальные скобы, предназначенные для более точного снятия готовой формы с модели (рис. 4.90).

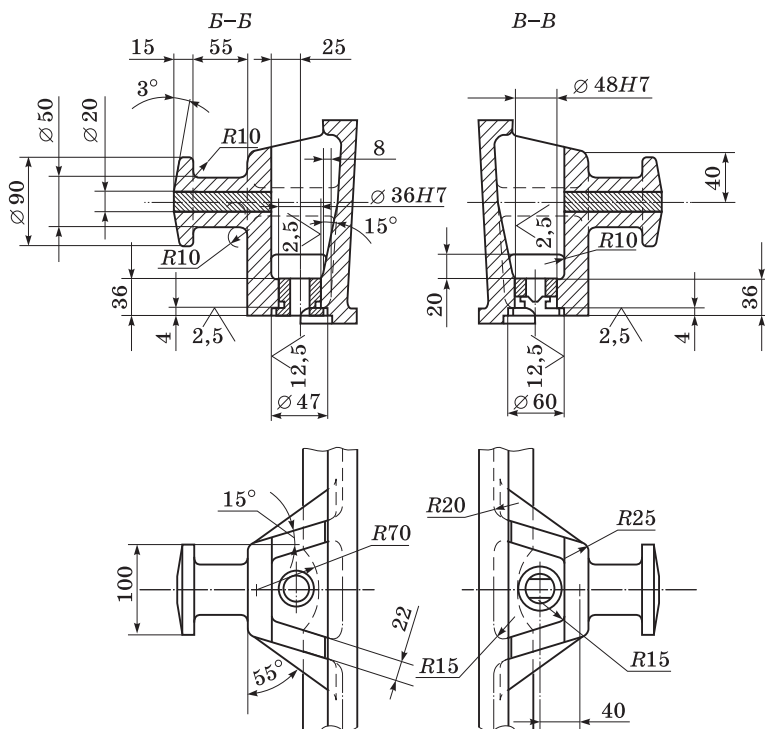


Рис. 4.84. Конструкция корпуса с цапфами для крановых опок высотой до 150 мм

Конструкция центрирующих и направляющих втулок представлена на рис. 4.91, 4.92.

Конструкция и размеры цельнолитых стальных опок, предназначенных для изготовления песчаных литейных форм при машинной и ручной формовке, должны соответствовать ГОСТ 14973–69—ГОСТ 14995–69.

Конструкция и размеры цельнолитых чугунных опок (то же, что и верхняя вставка) должны соответствовать ГОСТ 14996–69—ГОСТ 15022–69, однако данные стандарты не распространяются на опоки, применяемые при формовке прессованием под высоким удельным давлением.

Конструкция и размеры цельнолитых опок из алюминиевых и магниевых сплавов должны соответствовать ГОСТ 15491–70—ГОСТ 15506–70.

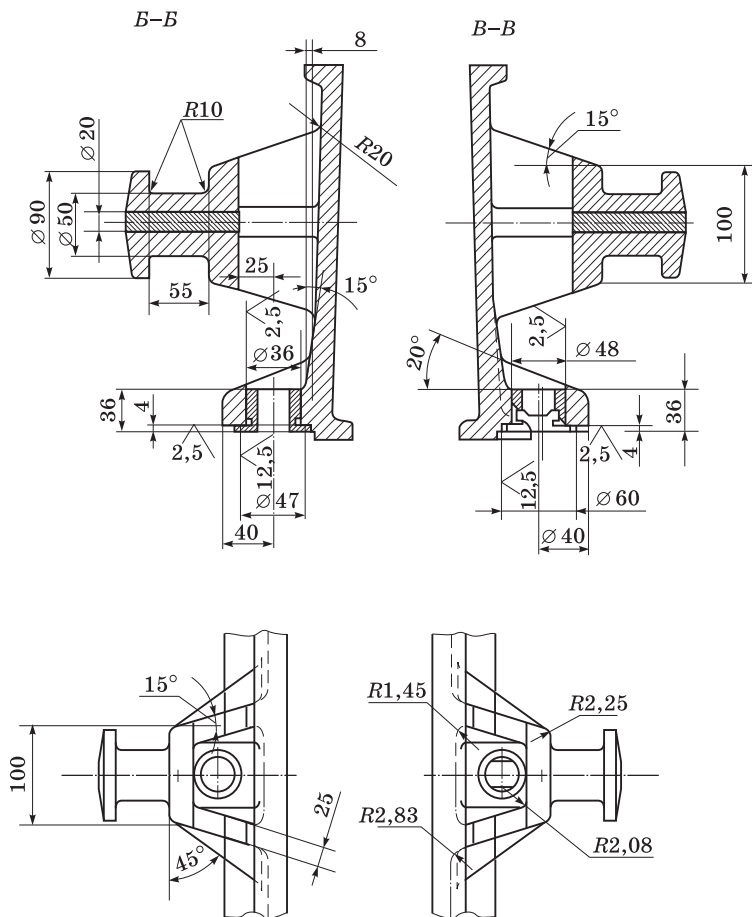


Рис. 4.85. Конструкция корпуса с цапфами для крановых опок высотой более 150 мм

Опоки из алюминиевых и магниевых сплавов предназначены для изготовления песчаных литейных форм при ручной формовке. Изготавливаются с размерами в свету: длиной 300...900 мм, шириной 250...700 мм и высотой 75...300 мм.

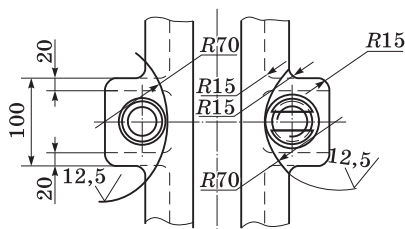


Рис. 4.86. Конструкция приливов для установки центрирующей и направляющей втулок в крановых опоках высотой более 150 мм

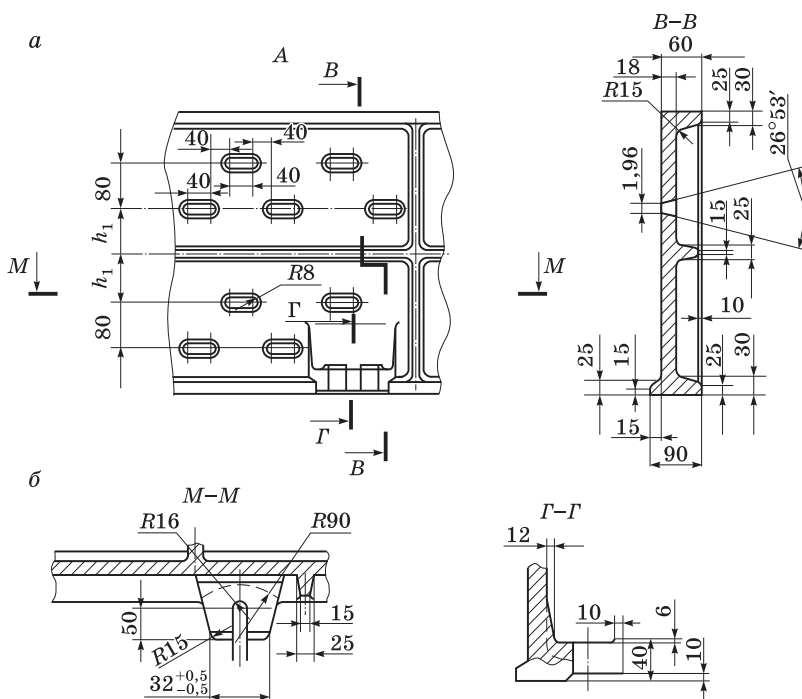


Рис. 4.87. Конструкция корпуса крановых опок высотой более 400 мм:
а — конструкция стенки опоки; б — конструкция элементов крепления опок

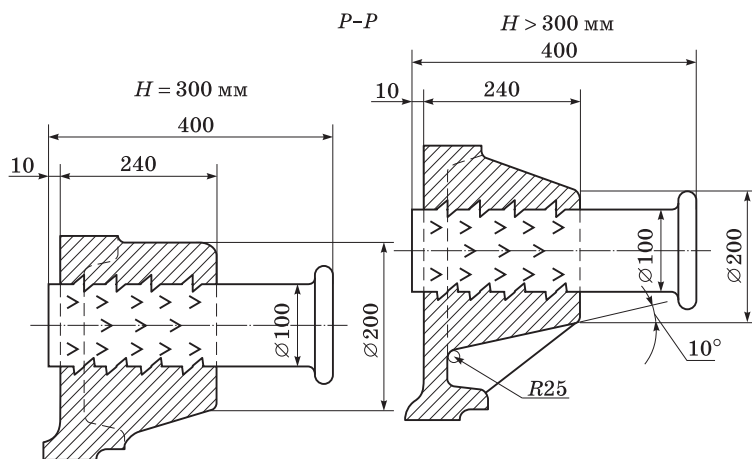


Рис. 4.89. Конструкция стальных цапф

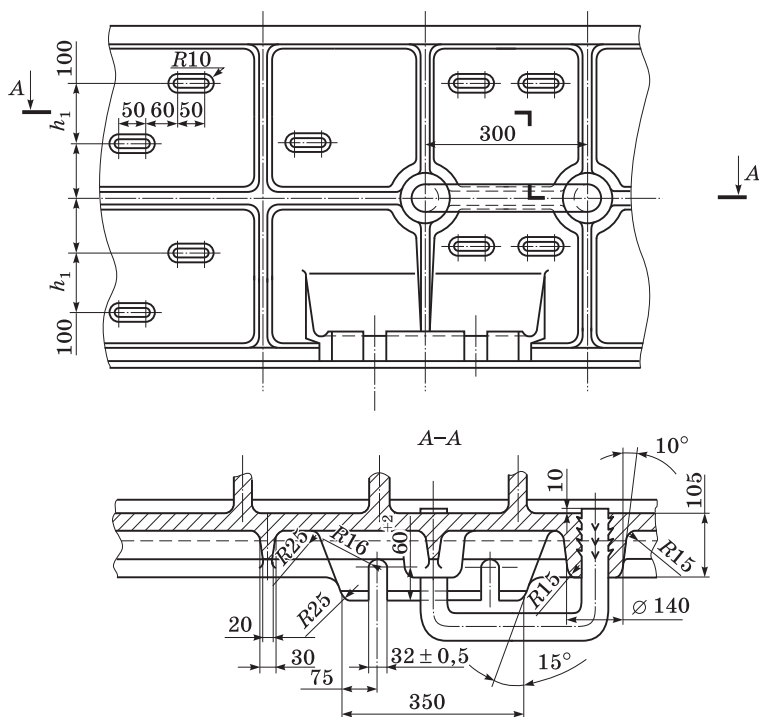


Рис. 4.90. Конструкция опок со стальными скобами

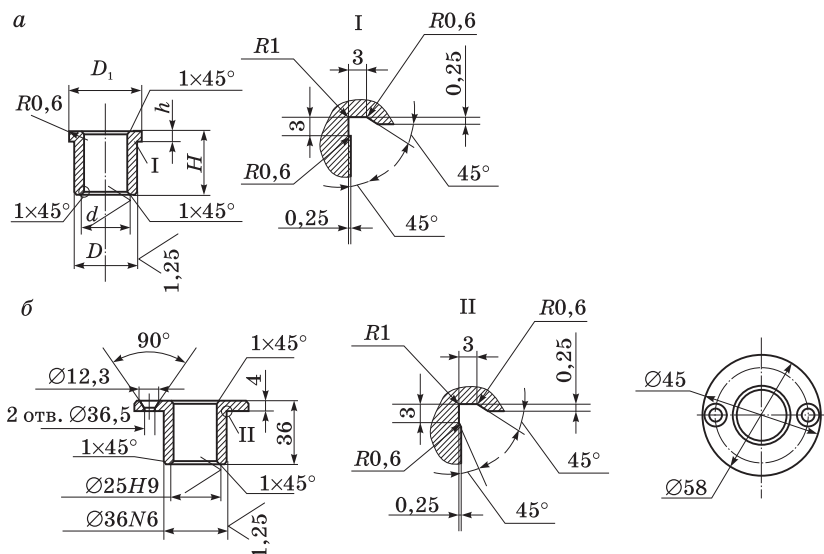


Рис. 4.91. Втулки центрирующие для литейных опок:

а — стальных и чугунных; б — алюминиевых

4.9.1. Технические требования к опокам

При проектировании и изготовлении опок необходимо соблюдать ряд технических требований.

1. Опоки должны изготавливаться в соответствии с требованиями действующих стандартов по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

2. Материалом для опок являются:

□ цельнолитых чугунных — чугун марок ВЧ45, ВЧ50;

□ цельнолитых стальных и сварных из литых элементов — сталь марок 35Л, 40Л и 45Л;

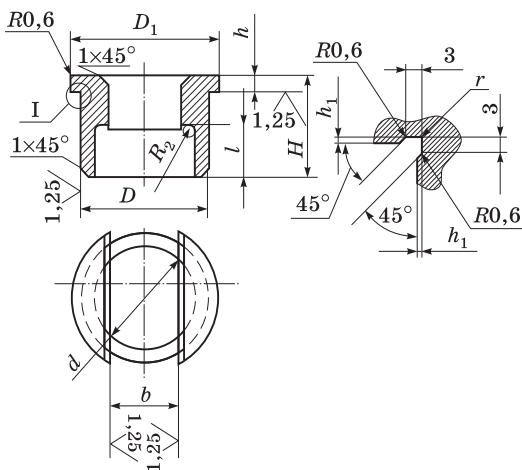
□ алюминиевых — алюминиевые сплавы марок АК9, АК7, АК7Ц9, АМр5К;

□ сварных из стандартного проката стальных опок — сталь 35.

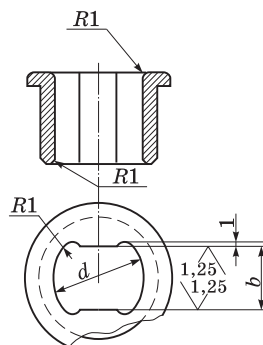
3. Поверхности отливок цельнолитых опок и литых деталей сварных опок должны быть очищены от формовочной смеси, пригара и окалина. Заливы, заусенцы, места подвода металла и другие неровности должны быть обрублены и зачищены. Не допускаются трещины, спаи, ужимы и раковины глубиной более

а

Исполнение 1

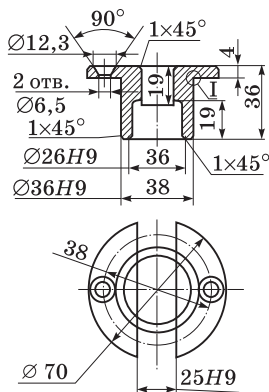


Исполнение 2



б

Исполнение 1



Исполнение 2

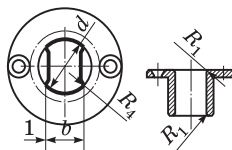


Рис. 4.92. Втулки направляющие для литейных опок:
а — стальных и чугунных; б — алюминиевых

1/4 толщины стенки и диаметром более 15 мм. Все дефекты должны быть заварены и зачищены.

4. Литые чугунные и стальные опоки, а также сварные опоки из литых элементов и стандартного проката перед механической обработкой должны быть подвергнуты отжигу.

5. Предельные отклонения от плоскостей разъема и набивки опок, беговых дорожек не должны превышать 0,16 мм, а предельные отклонения от параллельности этих плоскостей не должны превышать 0,25 мм на длине 1000 мм.

6. Предельные отклонения от перпендикулярности осей центрирующих отверстий к плоскости разъема опок не должны превышать 0,03 мм на длине 100 мм. Посадка втулки и штыря должна быть не более $H9/h8$, а посадка втулки и центрирующих отверстий — не более $N8/n8$ для всех опок.

7. Отклонения от параллельности боковых и торцевых поверхностей относительно друг друга не более 0,1 мм на длине 800 мм. Отклонение от перпендикулярности этих поверхностей — не более 0,1 мм на длине 1000 мм. Отклонение от симметричности осей отверстий для штырей и втулок — не более 0,1 мм на длине 800 мм.

8. Шероховатость рабочих поверхностей опок должна быть равна, мкм, не более:

- плоскости разъема — $Rz20$;
- плоскости набивки — $Rz20$;
- плоскости беговой дорожки — $Ra2,5$;
- отверстия под центрирующую и направляющую втулки — $Ra2,5$;
- посадочные поверхности центрирующих и направляющих втулок и штырей — $Ra1,25$.

5.1. Конструкции литниковых систем

Литниковой системой называют совокупность элементов литейной формы в виде каналов и полостей, предназначенных для ламинарного подвода расплава к полости литейной формы, ее полного заполнения и питания отливки в процессе затвердевания.

Литниковая система должна:

- обеспечивать заполнение формы в расчетный период времени с малой линейной скоростью (с целью предотвращения размыва формы и интенсивного перемешивания металла, вызывающих образование засора, оксидных пленок, газовых включений);
- препятствовать инжекции воздуха и газов из стенок формы потоком расплава;
- задерживать шлак и другие неметаллические частицы;
- способствовать созданию необходимого теплового режима сплава и формы с целью получения годных отливок (плотных, без трещин, с минимальными внутренними напряжениями) с чистой поверхностью (без пригара, ужи-мин, раковин);
- не затруднять усадку отливки;
- быть удобной при формовке, занимать мало места и обеспечивать высокий выход годного литья;
- легко отделяться от отливки и не вызывать больших затрат на обрубку и зачистку.

Типовая литниковая система (рис. 5.1) состоит из указанных ниже элементов.

1. *Литниковая воронка (или чаша)* предназначена для приема из ковша дозы расплавленного металла, даль-

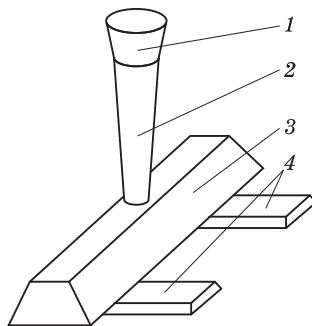


Рис. 5.1. Конструкция типовой литниковой системы:

1 — литниковая воронка (чаша); 2 — стояк; 3 — шлакоуловитель; 4 — питатель

нейшей подачи его в стояк и первичного задерживания шлака, попавшего вместе с расплавом из заливочного ковша. Литниковые воронки применяются при изготовлении мелких и средних отливок, когда расход металла в литниковой системе не превышает 5 кг/с. При бóльших расходах используют литниковые чаши, которые изготавливаются либо в верхней опоке литейной формы (рис. 5.2), либо отдельно от нее, в виде так называемых

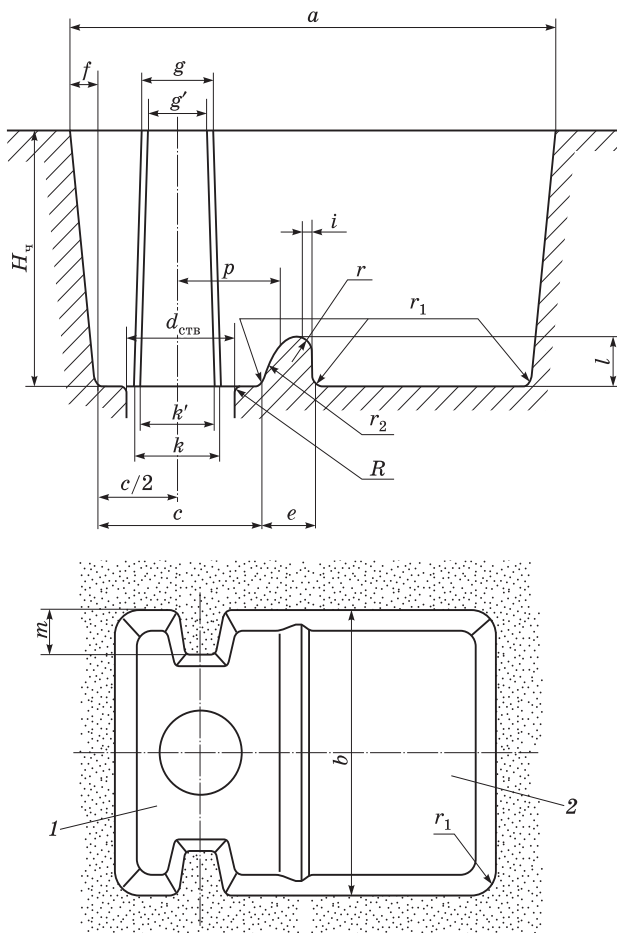


Рис. 5.2. Эскиз формируемой литниковой чаши с порогом, обеспечивающей расход металла до 10 кг/с:
1 — расходная секция; 2 — приемная секция

чаш-нарощалок (рис. 5.3). В литниковых чашах изготавливается специальный *выступ (порог)*, с помощью которого осуществляется турбулизация (завихрение) падающей из ковша струи расплава, что способствует всплытию шлака и удержанию его в верхних слоях находящегося в чаше жидкого металла. Кроме того, этот выступ в сочетании с двумя вертикальными ребрами препятствует образованию воронок в стояке и втягиванию верхних слоев расплава, содержащих шлаковые включения, из чаши в стояк.

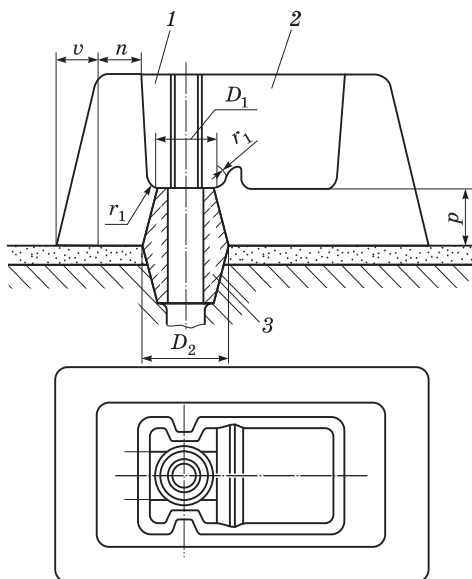


Рис. 5.3. Эскиз литниковой чаши-нарощалки с расходом металла до 10 кг/с:

1 — расходная секция; 2 — приемная секция; 3 — стакан

Крупные чаши-нарощалки (расход металла от 10 до 50 кг/с) выполняют с *перегородкой* (рис. 5.4), которая, как и в вариантах, представленных на рис. 5.2, 5.3, разделяет чашу на две равные секции — *приемную 2* и *расходную 1*. Расплав заливается в приемную секцию чаши, его нижние слои (без шлака) под перегородкой поступают в расходную секцию и далее в стояк 4. Наличие перегородки позволяет задерживать шлак и обеспечивает равномерное поступление расплава в стояк.

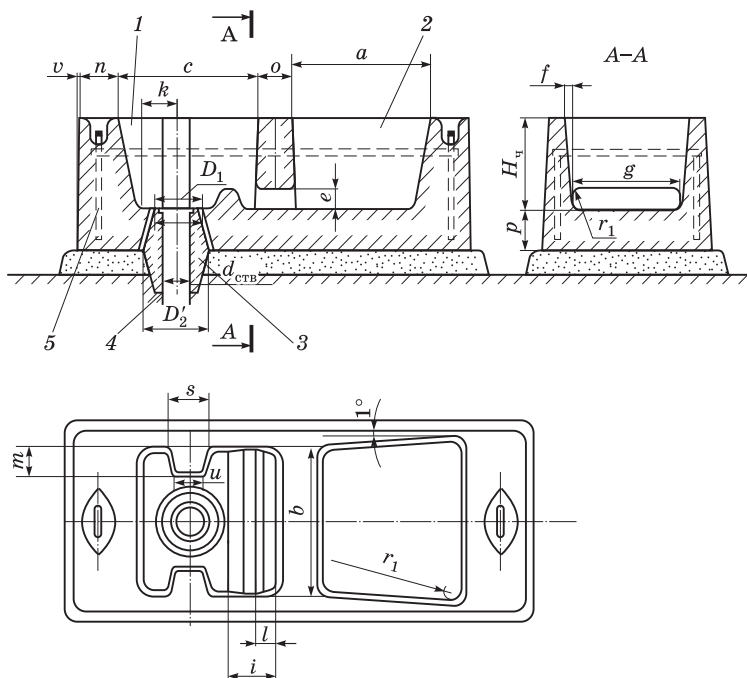


Рис. 5.4. Эскиз литниковой чаши-нарощалки с перегородкой, обеспечивающей расход металла до 50 кг/с

Для более эффективного соединения чаши-нарощалки со стояком и предотвращения размыва стояка расплавом применяют специальные стаканы 3 (см. рис. 5.3, 5.4), которые устанавливаются у основания чаши.

Чаши-нарошталки изготавливаются из стержневой смеси, как правило, жидкостекольной или ХТС, в стержневых ящиках и, если это необходимо, упрочняются арматурой 5 (рис. 5.4) по всему верхнему периметру для предотвращения разрушения чаши во время заливки.

2. *Стояк* — вертикальный или наклонный канал, служащий для передачи расплавленного металла из литниковой воронки или чаши к другим элементам литниковой системы либо непосредственно в полость литейной формы. Наиболее часто применяются вертикальные конические стояки (см. рис. 5.1). Как правило, при ручной формовке используются стояки в виде обратного

конуса, сужающегося книзу, а при машинной — сужающегося кверху, так как они крепятся к подмодельной плите.

3. *Шлакоуловитель* предназначен для окончательного задержания неметаллических включений (шлак, частицы формовочной смеси и т.п.) и передачи расплава в питатели (см. рис. 5.1).

На практике чаще всего применяют шлакоуловители трапециевидальной формы постоянного или переменного поперечного сечения по длине канала. Размеры шлакоуловителя должны быть такими, чтобы при ламинарном движении по нему расплава частицы шлака или другие неметаллические включения всплывали в его верхнюю часть за счет разности плотностей шлака (включения) и расплава.

Повысить эффективность улавливания шлака в литниковой системе можно путем установки специальных бобышек и уступов, обеспечивающих принудительное заполнение шлакоуловителя, при котором расплав не может подаваться к питателям, не заполнив предварительно поперечное сечение шлакоуловителя (рис. 5.5).

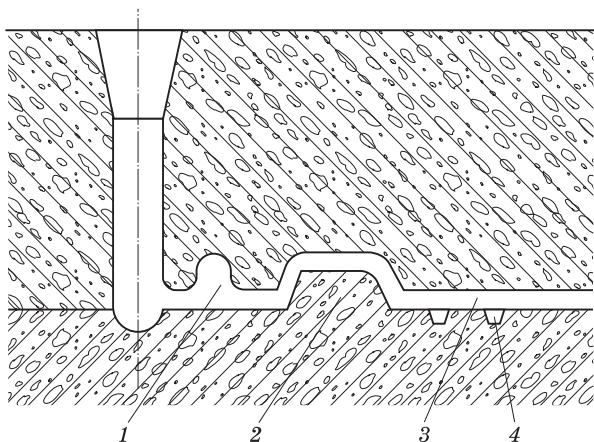


Рис. 5.5. Схема литниковой системы с принудительным заполнением шлакоуловителя:

1 — бобышка; 2 — уступ; 3 — шлакоуловитель; 4 — питатель

Эффективным способом улавливания шлака, особенно при изготовлении крупных отливок (массой более 1 т), является применение центробежных шлакоуловителей (рис. 5.6), в которых

расплав подается с помощью подводного канала 1 по касательной в периферийную часть круглой массивной бобышки 2. Центробежные силы выталкивают менее плотные неметаллические включения в центральную часть бобышки, а чистый расплав по отводному каналу 3 подается к питателям. При проектировании центробежных шлакоуловителей следует учитывать, что площадь сечения отводного канала должна быть меньше, чем подводного.

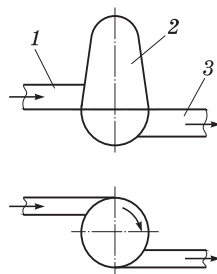


Рис. 5.6. Схема центробежного шлакоуловителя

Центробежный шлакоуловитель является обязательным элементом литниковой системы при модифицировании высокопрочного чугуна магниевой лигатурой в литейной форме и располагается сразу после реакционной камеры для улавливания нерастворившихся частиц модификатора и продуктов его взаимодействия с расплавом.

4. *Питатели* — каналы, обеспечивающие подвод расплавленного металла непосредственно в полость литейной формы. Чаще всего питатели выполняют с трапециевидальным поперечным сечением и располагают их в нижней части шлакоуловителя (см. рис. 5.1). Сечение питателя по его длине делают, как правило, одинаковым. Для того чтобы питатели отламывались возможно ближе к телу отливки (для чугунных отливок), можно увеличивать площадь сечения питателя на 5...10% по сравнению с расчетной, а затем доводить до расчетной путем уменьшения высоты в месте подвода к отливке, т.е. делать питатель конусным. Высота питателя в месте подвода его к отливке должна быть на 3...5 мм меньше толщины стенки отливки, чтобы избежать поломки отливки при удалении литниковой системы.

Питатели подводят к шлакоуловителю под прямым углом, а иногда — под тупым. Это делается для того, чтобы первая порция расплава, которая содержит наибольшее количество неметаллических включений, не могла попасть в полость литейной формы. Питатели целесообразнее размещать в нижней полуформе под шлакоуловителем (см. рис. 5.1). Если это невозможно, питатель размещают в верхней полуформе. В этом случае для исключения попадания шлака в отливку отношение высоты шлакоуловителя к высоте питателя не должно быть меньше 5.

В зависимости от способа заполнения формы расплавом литниковые системы можно разделить на сифонные, горизонтальные, верхние, дождевые, ярусные и комбинированные. В зависимости от плоскости разреза литейной формы литниковые системы, применяемые в них, разделяются на горизонтальные и вертикальные.

Сифонные литниковые системы служат для подачи металла в нижнюю часть формы и обеспечивают наиболее спокойное заполнение формы. Применяются эти системы тогда, когда подвод расплава сверху невозможен или нежелателен из-за разбрызгивания его при падении на стержни либо выступающие части формы. При использовании сифонной литниковой системы нижняя часть формы оказывается заполненной более горячим металлом, чем в верхней части.

Располагая толстые части некоторых чугунных деталей сверху (по положению при заливке), при сифонной заливке можно получить плотные детали без применения прибылей. Если прибыль все-таки потребуется, то для создания условий направленного затвердевания отливки должна быть предусмотрена подача расплава в прибыль либо через отдельную литниковую систему, либо непосредственно из ковша после заполнения собственно литейной полости. Такие комбинированные литниковые системы будут более подробно рассмотрены ниже.

Сифонная заливка способствует образованию на зеркале металла оксидной пленки, препятствующей удалению из расплава газовых пузырьков, что может приводить к образованию в теле отливки газовых дефектов. Особенно часто этот недостаток сифонной заливки проявляется при изготовлении высоких тонкостенных отливок. На рис. 5.7 даны примеры сифонных литниковых систем:

□ рожковая литниковая система, в которой малым сечением служит узкий конец рожкового питателя (рис. 5.7, *а*). Применяется при ручной формовке мелких отливок, когда подвод металла по разьему формы недопустим (например, шестерни с литым зубом) или в целях особо спокойного заполнения формы;

□ сифонная литниковая система, малым сечением которой является литниковый ход (рис. 5.7, *б*). Применяется при ручной формовке средних и крупных толстостенных отливок, особенно с цилиндрической геометрией;

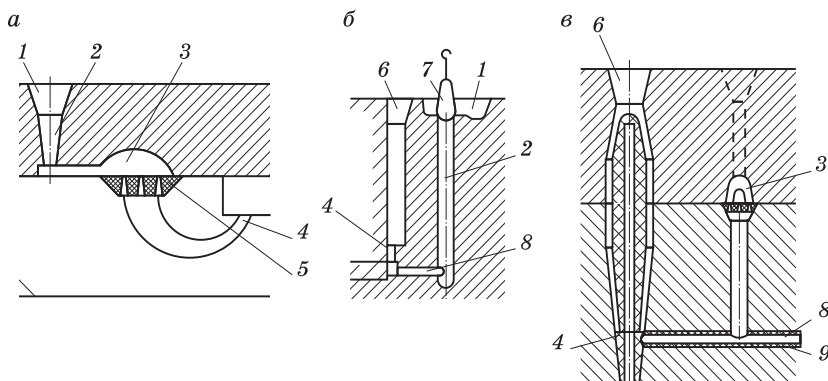


Рис. 5.7. Сифонные литниковые системы:

1 — воронка или чаша; 2 — стояк; 3 — шлакоуловитель; 4 — питатель; 5 — сетка; 6 — прибыль; 7 — пробка; 8 — литниковый ход; 9 — стержень

□ сифонная литниковая система, малым сечением которой является литниковый ход (рис. 5.7, в). Применяется при ручной и машинной формовке средних отливок.

Горизонтальные литниковые системы располагаются в плоскости разъема литейной формы и поэтому наиболее удобны при формовке.

На рис. 5.8, а показана упрощенная подводящая горизонтальная литниковая система, состоящая из чаши, стояка и питателя. Малым сечением служит питатель. Применяется при отсутствии в опоке места для шлакоуловителя.

В простой подводящей литниковой системе (рис. 5.8, б) малым сечением служат питатели, вследствие чего при заданном массовом расходе линейная скорость металла в месте входа в полость формы относительно велика. Применяется для простых, неотчетливых отливок.

На рис. 5.8 показаны подводящие системы с фильтровальной сеткой по разъему (рис. 5.8, в) и в воронке (рис. 5.8, г). Поскольку сетка создает гидравлическое сопротивление расплаву, линейная скорость расплава при входе в полость формы меньше, чем в простой литниковой системе (рис. 5.8, б). Система с сеткой в воронке неудобна при заливке вследствие выплескивания металла, поэтому она находит применение только при недостатке свободной площади на подмодельной плите или необходимости медленной заливки формы. Применяются для ответственных,

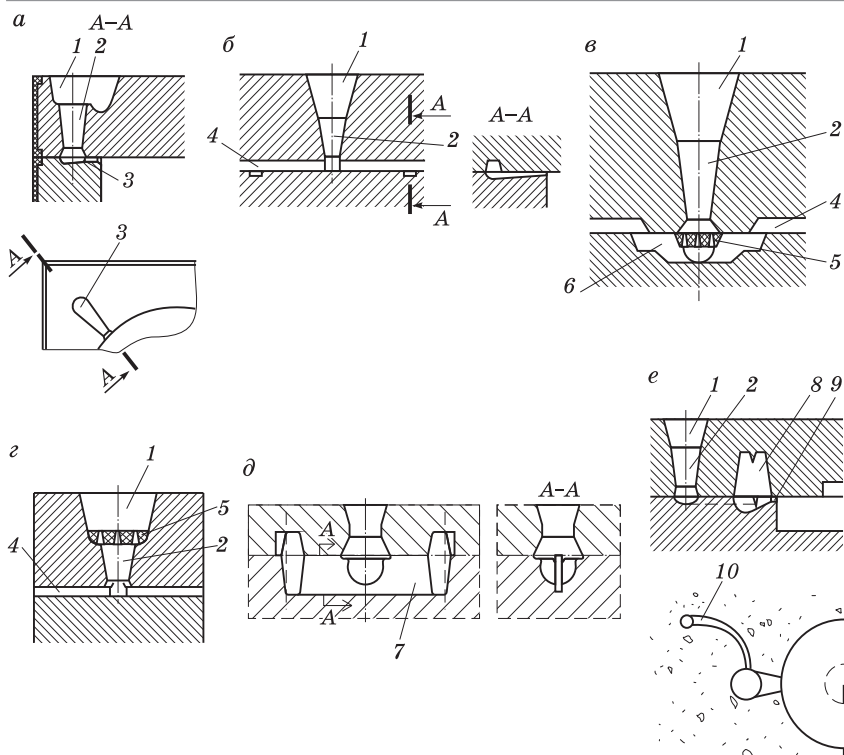


Рис. 5.8. Горизонтальные литниковые системы:

1 — воронка или чаша; 2 — стояк; 3 — питатель; 4 — шлакоуловитель; 5 — фильтровальная сетка; 6 — металлоприемник сетки; 7 — вертикальный двухходовой дроссель; 8 — центробежный шлакоуловитель; 9 — шейка; 10 — литниковый ход

обрабатываемых отливок, когда металл поступает в литейную полость через боковую приливку, а также при большом количестве мелких отливок в форме, когда общая площадь сечения питателей велика.

На рис. 5.8, д представлена схема литниковой системы с вертикальным одноходовым двусторонним дросселем (под *дросселем* понимается местное гидравлическое сопротивление литниковой системы). Здесь дроссель имеет вид щели и фактически выполняет функции сетки. Система с дросселем обладает всеми преимуществами систем, представленных на рис. 5.8, в, г, и применяется в тех же случаях, что и система с сеткой.

В подводящей и питающей системах с центробежным шлакоуловителем 8 (рис. 5.8, *е*) последняя выполняет функции боковой прибыли и шлакоуловителя. Подводящая часть заканчивается литниковым ходом 10. Такие системы применяются для производства массивных отливок.

Верхние и дождевые литниковые системы (рис. 5.9) применяются для изготовления отливок с вертикальными стенками в тех случаях, когда свободное падение металла является в то же время движением по «телу» отливки. Основная особенность верхних и дождевых литниковых систем состоит в том, что они формируют наиболее высокотемпературную зону в верхней части литейной формы, что способствует кристаллизации отливки снизу вверх. Достаточно медленная заливка позволяет без прибылей получать плотные простые вертикальные отливки без усадочных дефектов.

На рис. 5.9, *а–в* показаны упрощенные подводящие литниковые системы, состоящие из чаши или воронки и стояка. Малым сечением служит основание стояка. Такие системы применяются, когда для сокращения пути расплава и равномерного заполнения формы требуется подача его в центр отливки, например для заливки шкивов, маховиков, шестерен (рис. 5.9, *а*); для подачи расплава в верхнюю часть формы в процессах изготовления отливок типа «крышка» (рис. 5.9, *б*) и тонкостенных отливок сковородок, горшков, котлов и т.п. (рис. 5.9, *в*). Система, приведенная на рис. 5.9, *б*, благодаря подводу металла в бобышки отливки вначале работает как сифонная, а в конце — как дождевая. На рис. 5.9, *г* в подводяще-питающей системе с сеткой малым сечением служит основание стояка. Такая конструкция литниковой системы применяется для изготовления мелких отливок (до 20 кг) типа «крышка», «шків», «ступица» и обеспечивает эффективное питание отливки при затвердевании, что гарантирует получение деталей без усадочных дефектов.

В подводяще-питающей системе, приведенной на рис. 5.9, *д*, малым сечением является сетка. В процессе заливки чаша и сетка служат подводящими элементами. По окончании заливки сетка всплывает, благодаря чему образуется сплошная прибыль.

В подводяще-питающей системе с чашей и отбиваемой прибылью (рис. 5.9, *е*) малым сечением служат отверстие в чаше

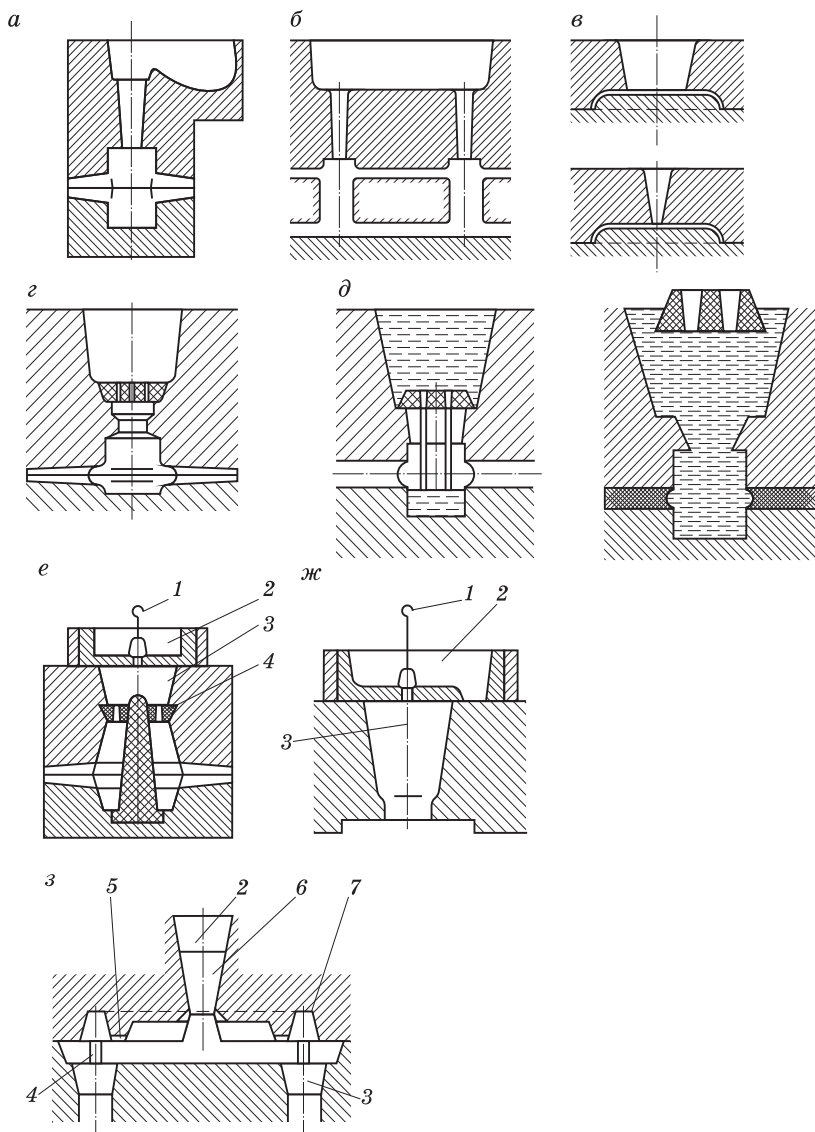


Рис. 5.9. Верхние и дождевые литниковые системы:

1 — пробка; 2 — воронка или чаша; 3 — удаляемая прибыль;

4 — фильтровальная сетка; 5 — горизонтальный дроссель;

6 — стояк; 7 — шлакоуловитель

или отверстия в сетке. Применяется для изготовления средних и тяжелых отливок (массой до нескольких тонн).

В подводящей системе для подачи металла в отрезаемую прибыль (рис. 5.9, ж) малым сечением служит отверстие в чаше. Применяется для изготовления средних и тяжелых отливок (массой до нескольких тонн).

В подводящей литниковой системе для изготовления втулок, цилиндров при вертикальном положении отливки в форме (рис. 5.9, з) малым сечением служат дроссель в основании стояка или отверстия в сетке.

Ярусные (этажные) литниковые системы (рис. 5.10, а, б) служат для подачи металла в разные горизонты литейной формы. Применяются такие системы для заливки стопочных форм, а также для заполнения одной формы снизу в начале заливки и подачи горячего металла в верхние части литейной полости по мере подъема уровня. В известной мере они сочетают преимущества дождевой и сифонной литниковых систем.

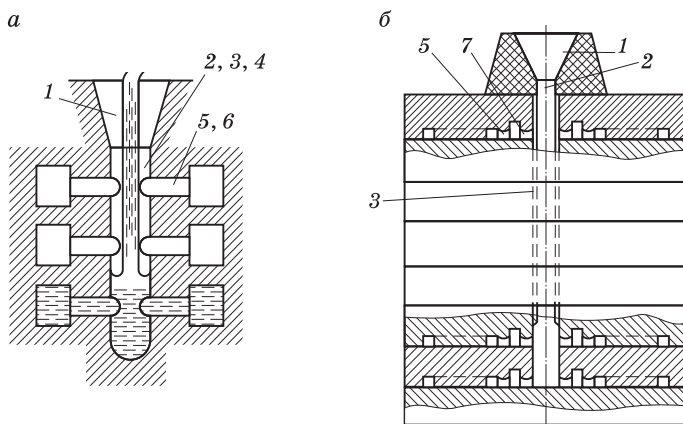


Рис. 5.10. Ярусные (этажные) литниковые системы:

1 — воронка или чаша; 2 — основной стояк; 3 — распределительный стояк;
4 — прибыль; 5 — питатель; 6 — шейка; 7 — дроссель

Проектирование литниковой системы осуществляется в процессе разработки технологии формовки. Прежде всего устанавливается положение детали при заливке с учетом удобства формовки и сборки, вентиляции формы и стержней, техники заливки,

кристаллизации и охлаждения. Одновременно предусматриваются меры, обеспечивающие получение плотных отливок и минимальных напряжений. Выбирается место («тонкое» или «толстое») и способ (по разъему формы, сифонный, дождевой или ярусный) подвода металла к отливке, после чего модели располагаются на плите и составляется конструктивная схема литниковой системы. Выбранная конструкция литниковой системы должна быть рассчитана. Гидравлический расчет заключается в определении площади поперечных сечений и размеров литниковых каналов исходя из условия заполнения формы за оптимальное время. Для отливок, получающихся плотными без прибылей, такой расчет является достаточным. К ним относится большинство деталей из эвтектических сплавов, в частности из чугуна. Тепловые расчеты питающих элементов представляют собой отдельную задачу.

Вертикальные литниковые системы применяются при вертикальной плоскости разъема формы. Существует четыре вида принципиально различных вертикальных литниковых систем:

- 1) напорные (рис. 5.11, а);
- 2) безнапорные (рис. 5.11, б);
- 3) литниковые системы, работающие при нормальном давлении (рис. 5.11, в);
- 4) смешанные (гибридные) (рис. 5.11, г).

Напорная литниковая система характеризуется размерами питателей, которые рассчитываются по формуле для свободного падения с учетом трения. Горизонтальные и вертикальные литники, которые подводят расплав к питателям, обычно увеличивают на 10...20% в поперечном сечении каждый раз, когда они производят поворот на угол 90° в направлении от питателей и по всей длине до наливной воронки.

Таким образом, давление металла изменяется от верхней поверхности металла в наливной воронке до питателей и активно действует в питателях сразу после того, как литниковая система наполняется металлом. Это происходит через 1...3 с после начала заливки. В этой системе питатели определяют время заливки.

Безнапорные литниковые системы не имеют полного давления металла (как в напорных литниковых системах) с начала заполнения формы. Давление растет во время заполнения формы, но

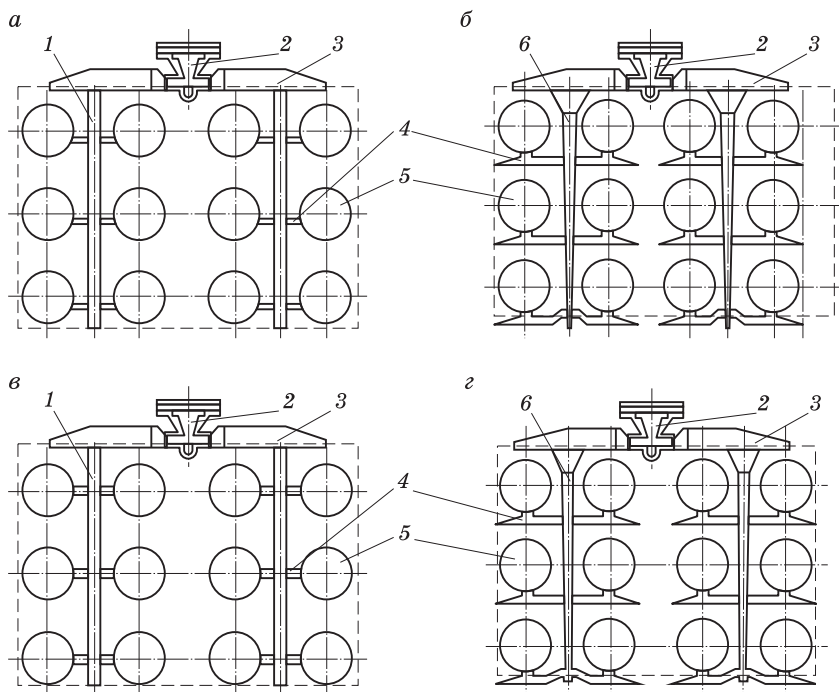


Рис. 5.11. Вертикальные литниковые системы:

1 — вертикальный литник; 2 — наливная воронка; 3 — горизонтальный литник; 4 — питатель; 5 — отливка; 6 — вертикальный сужающийся литник

не в той степени, как в напорных системах за тот же период времени.

Остальная часть литниковой системы герметична на всем пути до наливной воронки и рассчитывается по формуле свободного падения таким же образом, как и для напорной литниковой системы.

Поперечные сечения, ведущие к безнапорным литниковым элементам, являются поперечными сечениями, которые определяют время заливки.

Литниковая система, работающая при нормальном давлении, характеризуется нулевым давлением металла в литниках во время всей операции заливки, и полное давление расплава в самом конце операции заливки, конечно, возрастает. По этой причине

литниковую систему, работающую при нормальном давлении, часто называют открытой системой.

Таким образом, поперечные сечения верхних горизонтальных литников, которые находятся ближе всего к наливной воронке, являются теми поперечными сечениями, которые определяют время заливки.

Смешанная (или гибридная) литниковая система характеризуется сочетанием по крайней мере двух из трех вышеупомянутых литниковых систем.

На рис. 5.11, *г* приведен пример смешанной литниковой системы, представляющей собой безнапорную литниковую систему, питатели которой рассчитываются, как напорные.

Если расчетные площади поперечных сечений правильно просчитаны, то будет существовать взаимодействие безнапорной и напорной систем во время операции заливки.

Некоторые рекомендации по применению разных литниковых систем даны в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Рекомендации по применению литниковых систем

Наименование литниковой системы	Области применения
<i>Горизонтальные литниковые системы</i>	
Литниковая система простой конструкции (см. рис. 5.8, <i>а, б</i>)	Для изготовления простых по конфигурации отливок в единичном и мелкосерийном производстве
Литниковая система с сеткой на разъеме (см. рис. 5.8, <i>в</i>) или в воронке (рис. 5.8, <i>г</i>)	Для изготовления ответственных, обрабатываемых отливок при подаче металла через боковую прибыль и при большом количестве мелких отливок в опоке. Система с сеткой в воронке менее удобна вследствие выплескивания металла при заливке, но она дает меньшую скорость заливки и уменьшает раздутие форм при заливке
Литниковая система с дросселем (см. рис. 5.8, <i>д</i>)	Применяется в тех же случаях, что и система с сеткой. Возможно гибкое регулирование продолжительности заполнения формы путем изменения площади сечения дросселя

Продолжение табл. 5.1

Наименование литниковой системы	Области применения
Литниковая (подводящая и питающая) система с центробежной бобышкой (см. рис. 5.8, е)	Для изготовления ответственных массивных отливок. Центробежная бобышка выполняет функции прибыли и шлакоуловителя

Верхние и дождевые литниковые системы

Литниковая система простой конструкции (см. рис. 5.9, а–в)	Для заливки шкивов, маховиков, шестерен, когда для сокращения пути металла и равномерного заполнения формы требуется заливка в центр отливки (см. рис. 5.9, а), для подачи горячего металла в верхнюю часть крышек блока (см. рис. 5.9, б) и заливки тонкостенных отливок — сковородок, котлов и т.п. (см. рис. 5.9, в)
Литниковая (подводящая и питающая) система с сеткой (рис. 5.9, г)	Применяется в тех же случаях, что и система, показанная на рис. 5.9, а, только для мелких отливок. Обеспечивает питание при затвердевании. Малым сечением служит основание стояка
Литниковая (подводящая и питающая) система со всплывающей сеткой (см. рис. 5.9, д)	Для заливки и питания отливок с массивным узлом в месте подвода металла. Малым сечением служит сетка. По окончании заливки сетка всплывает, благодаря чему образуется сплошная прибыль
Литниковая (подводящая и питающая) система с чашей и отбиваемой прибылью (см. рис. 5.9, е)	Для изготовления средних и тяжелых отливок. Малым сечением служит отверстие в чаше или отверстие в сетке
Литниковая система для подачи металла в прибыль (см. рис. 5.9, ж, з)	Для изготовления средних и тяжелых отливок (см. рис. 5.9, ж), втулок и цилиндров (см. рис. 5.9, з)

Сифонные литниковые системы

Литниковая рожковая система (см. рис. 5.7, а)	При ручной формовке мелких отливок, у которых подвод металла по разъему формы нежелателен (например, шестерни с литым зубом), а также в тех случаях, когда требуется особо спокойное заполнение формы
---	---

Окончание табл. 5.1

Наименование литниковой системы	Области применения
Литниковая система с кольцевым подводом (см. рис. 5.7, б)	Для изготовления средних и крупных толстостенных отливок при ручной и машинной формовке с последующей кантовкой форм под заливку
Литниковая система с подводом через стержни (см. рис. 5.7, в)	При машинной формовке средних отливок простой конфигурации
<i>Ярусные (этажные) литниковые системы</i>	
Литниковая система этажная (подводящая и питающая) со свободным уровнем в стояке (см. рис. 5.10, а, б)	Система, приведенная на рис. 5.10, а, применяется при формовке мелких отливок в опоках с вертикальным разъемом. Стояк распределяет металл по этажам и служит прибылью, а питатель — шейкой. Скорость заливки регулируется путем установки сетки или сужением основания воронки. Система, изображенная на рис. 5.10, б, применяется для заливки стопочных форм
Литниковая система вертикальная (см. рис. 5.11, а–г)	Для форм с вертикальной плоскостью разъема

Методики расчета элементов

5.2. ЛИТНИКОВО-ПИТАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

5.2.1. Методика расчета типовых литниковых систем

Под типовыми понимаются литниковые системы, представленные на рис. 5.1, 5.7, 5.9. Для их расчета используют упрощенные методы, основанные на следующих допущениях:

□ расплав рассматривается как идеальная жидкость с постоянной вязкостью, охлаждение расплава и нагрев формы при ее заполнении не учитываются;

□ движение расплава рассматривается как установившееся движение тяжелой жидкости по закрытым и открытым каналам.

Расчет сводится к определению площади наименьшего сечения литниковой системы (стояка или питателя) с последующим

определением (по соотношениям) площадей сечения остальных элементов системы.

Площадь наименьшего сечения питания F_{Π} находят по формуле (метод Озанна — Диттерта)

$$F_{\Pi} = \frac{G}{\rho \tau \mu \sqrt{2gH_{\text{расч}}}},$$

где G — масса отливки с литниковой системой, кг; ρ — плотность расплава, кг/м³; τ — продолжительность заливки формы, с; μ — коэффициент расхода расплава, учитывающий потери на трение, повороты; g — ускорение свободного падения, м/с²; $H_{\text{расч}}$ — расчетный статический напор, м.

Продолжительность заливки формы определяют по формулам, полученным в результате обобщения опыта работы различных литейных цехов. Для сложных по конфигурации, тонкостенных отливок массой до 500 кг время заливки рекомендуется определять по формуле

$$\tau = S\sqrt{G},$$

где S — коэффициент, зависящий от толщины стенки отливки; при толщине стенки 2,5...3,5; 3,5...6,0 и 8...15 мм S равен соответственно 1,66; 1,85 и 2,2.

Для средних и крупных отливок

$$\tau = S\sqrt[3]{G\delta},$$

где δ — преобладающая толщина стенки отливки, мм; при δ менее 10; 10...20, 20...40, 40 мм и более коэффициент S равен соответственно 1,00; 1,35; 1,50; 1,70.

Расчетный статический напор $H_{\text{расч}}$ зависит от типа литниковой системы, положения отливки в форме, способа заливки и других факторов и определяется по формуле

$$H_{\text{расч}} = H_0 - \frac{p^2}{2c},$$

где H_0 — высота стояка от места подвода расплава в форму, м; p — расстояние от верхней точки отливки до уровня подвода расплава в форму, м; c — высота отливки в форме, м.

Для сифонной литниковой системы (рис. 5.12, а), когда $p = c$, $H_{\text{расч}} = H_0 - c/2$. При подводе металла сверху (рис. 5.12, б) $p = 0$, $H_{\text{расч}} = H_0$. В случае симметричного расположения отливки относительно плоскости разъема и подвода металла к ней (рис. 5.12, в) $p = c/2$, $H_{\text{расч}} = H_0 - c/8$.

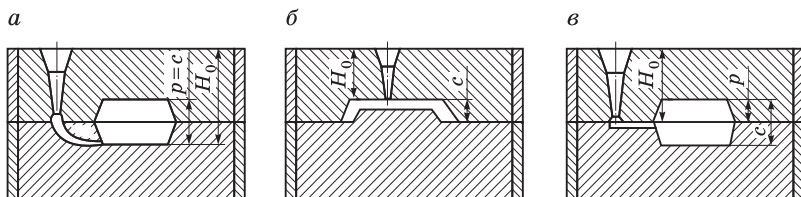


Рис. 5.12. Схемы для расчета статического напора литниковых систем различных конструкций:

а — сифонной; б — верхней; в — боковой

Значения коэффициента расхода литниковой системы (μ) выбирают по справочным таблицам. Обычно для чугуна при заливке в сырую форму принимают $\mu = 0,35 \dots 0,50$; в сухую — $0,41 \dots 0,60$; для стали — соответственно $0,25 \dots 0,42$ и $0,30 \dots 0,50$.

Площади сечений других элементов литниковой системы определяют из соотношения

$$F_{\Pi} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,2 : 1,4.$$

(Здесь $F_{\text{шл}}$ — площадь сечения шлакоуловителя; $F_{\text{ст}}$ — площадь сечения стояка.)

При использовании в литниковой системе фильтровальной сетки площадь ее пропускного сечения ($F_{\text{ф.с}}$) определяют из соотношения

$$F_{\Pi} : F_{\text{ф.с}} = 1 : 1 \quad (1 : 0,7).$$

Для тонкостенных отливок пользуются соотношением

$$F_{\Pi} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,06 : 1,11.$$

При выборе конструкции литниковой системы для отливок из цветных сплавов (медных, алюминиевых, магниевых) особое внимание уделяют спокойному заполнению формы сплавом. С этой целью применяют *расширяющиеся литниковые системы*.

Подвод металла к отливке осуществляется сифоном. Часто применяют вертикально-щелевые и комбинированные литниковые системы. При расчетах площадей литниковых каналов пользуются следующими соотношениями:

для алюминиевых и магниевых сплавов

$$F_{\Pi} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 4 : 2 : 1 \text{ (6 : 3 : 1);}$$

для медных сплавов

$$F_{\Pi} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 2 : 2 : 1 \text{ (4 : 4 : 1).}$$

Литниковые системы для стальных отливок имеют упрощенные конструкции шлакоуловителей. Подвод металла к отливке лучше всего осуществлять сифонно или комбинированно, чтобы обеспечить плавное заполнение формы. Литниковые системы для крупных стальных отливок выполняются из керамических элементов.

При определении размеров литниковой системы для стальных простых толстостенных отливок пользуются соотношением

$$F_{\Pi} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,05 : 1,1,$$

а для сложных тонкостенных — соотношением

$$F_{\Pi} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,2.$$

Зная площади сечений основных элементов литниковой системы, можно определить остальные их размеры.

Питатели и шлакоуловители имеют, как правило, трапециевидное поперечное сечение, площадь которого определяется по формуле

$$F_{\Pi(\text{шл})} = \frac{a+b}{2} h_{\Pi(\text{шл})}, \quad (5.1)$$

где a — большее основание трапеции, м; b — меньшее основание трапеции, м; $h_{\Pi(\text{шл})}$ — высота питателя (шлакоуловителя), м.

Размеры питателя при расчете зависят от места присоединения его к отливке. В случае присоединения питателя к прибыли отливки принимаются следующие соотношения его размеров: $b = 0,7a$, $h_{\Pi} = 1,25a$. Подставив их в формулу (5.1), получим размер большего основания:

$$a = \sqrt{0,94 F_{\Pi}}.$$

В случае присоединений питателя непосредственно к отливке высота его должна быть на 3...5 мм меньше толщины стенки, к которой он присоединен, но не менее $h_{п \text{ min}}$.

Минимальная высота питателя для чугунных отливок определяется по эмпирическому уравнению

$$h_{п \text{ min}} = 3,5 - 0,01 [T_{\text{зал min}} - (1670 - 124C_{\text{эКВ}}) - 100],$$

где $T_{\text{зал min}}$ — минимальная температура заливки, К; $C_{\text{эКВ}}$ — углеродный эквивалент.

Углеродный эквивалент зависит от положения чугуна относительно эвтектичной точки на диаграмме железо — углерод и может быть определен по выражению

$$C_{\text{эКВ}} = C_{\text{общ}} + 0,3(\text{Si} + \text{P})$$

(где $C_{\text{общ}}$ — содержание углерода в чугуне; Si, P — содержание в чугуне кремния и фосфора соответственно) или по эмпирическому уравнению

$$C_{\text{эКВ}} = (1670 - T_{\text{л}})/124$$

(где $T_{\text{л}}$ — температура ликвидуса чугуна, К).

Длина питателя выбирается в зависимости от конструкции литниковой системы и берется по возможности минимальной.

В случае подвода расплава к отливке несколькими питателями рассчитанная площадь сечения питателя ($F_{\text{п}}$) является суммарной.

Для определения размеров сечения шлакоуловителя применяются такие же соотношения, как и для питателей, присоединенных к прибыли отливки. Поскольку для освобождения от неметаллических включений расплав должен пройти внутри шлакоуловителя определенное расстояние, его длину ($l_{\text{шл}}$) определяют по формуле

$$l_{\text{шл}} = 1,2h_{\text{шл}} \frac{v_{\text{шл}}}{v_{\text{в}}},$$

где $h_{\text{шл}}$ — высота сечения шлакоуловителя, м; $v_{\text{шл}}$ — скорость расплава в шлакоуловителе, м/с; $v_{\text{в}}$ — скорость всплытия частиц, м/с.

Скорость всплытия частиц

$$v_{\text{в}} = 2 \sqrt{\frac{d_{\text{шл}}}{3} \frac{\rho_{\text{Ме}} - \rho_{\text{шл}}}{\rho_{\text{Ме}}} g},$$

где $d_{\text{шл}}$ — диаметр частицы ($\sim 0,002$ м); $\rho_{\text{Ме}}$, $\rho_{\text{шл}}$ — плотность соответственно жидкого сплава и неметаллической частицы, кг/м^3 ; g — ускорение свободного падения, м/с^2 .

Скорость расплава в шлакоуловителе рассчитывают по формуле

$$v_{\text{шл}} = \frac{G_{\text{ж}}}{\tau \rho_{\text{Ме}} F_{\text{шл}}},$$

где $G_{\text{ж}}$ — масса жидкого металла в форме, кг ; τ — продолжительность заливки, с ; $F_{\text{шл}}$ — площадь поперечного сечения шлакоуловителя, м^2 .

Если через шлакоуловитель расплав подводится к нескольким отливкам, то площадь его сечения ($F_{\text{шл}}$) умножается на количество отливок.

Диаметр стояка ($d_{\text{ст}}$) в самом узком месте определяют по уравнению

$$d_{\text{ст}} = 2 \sqrt{F_{\text{ст}} n / \pi},$$

где n — количество отливок в форме, шт.

По найденному значению $d_{\text{ст}}$ определяют верхний диаметр стояка ($d_{\text{ст.в}}$); для расширяющегося стояка (машинная формовка) $d_{\text{ст.в}} = d_{\text{ст}}$, а для сужающегося (ручная формовка) $d_{\text{ст.в}} = d_{\text{ст}} + 2$ основания литейного уклона, определяемого по ГОСТ 3212–92.

По значению $d_{\text{ст.в}}$ определяют размеры литниковых воронок и чаш. Для этого из табл. 5.2–5.5 выбирают ближайшее меньшее значение диаметра ($d_{\text{ст.в}}$), при котором воронки или чаши удовлетворительно выполняют свои функции. Этот диаметр называют *калибром*. Каждому калибру соответствует определенный номер литниковой воронки или чаши. К выбранной воронке или чаше можно присоединять стояки меньших диаметров. Как было указано ранее, литниковые воронки рекомендуется применять при массовом расходе металла до 5 кг/с , а чаши — при больших расходах.

Воронки или чаши можно выбирать и по массовому расходу металла в литниковой системе в соответствии с номограммами, представленными на рис. 5.13, *а–в*. Зная массовый расход расплава в литниковой системе, откладываем его значение на оси абсцисс и проводим перпендикуляр до пересечения с отрезком прямой, соответствующим номеру чаши или воронки, и по табл. 5.2–5.5 определяем их размеры.

Таблица 5.2

Размеры литниковых воронок

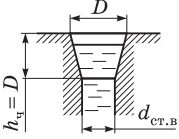
Схема воронки	Номер воронки	m_t , кг/с	$D = h_ч$, мм	$d_{ст. в}$, мм (калибр)
 $D = (2,7...3)h_{ст. в}$	1	До 1,5	50	18
	2	1,5...2,5	60	23
	3	2,5...3,5	75	27
	4	3,5...5,0	90	30

Таблица 5.3

Размеры формуемых литниковых чаш,
обеспечивающих расход металла до 10 кг/с

Размер	Номер чаши			Размер	Номер чаши		
	1	2	3		1	2	3
	$d_{\text{ст.в}}$, мм				$d_{\text{ст.в}}$, мм		
	24	32	40		24	32	40
	Масса металла в чаше, кг				Масса металла в чаше, кг		
	4,5	15,0	21,5		4,5	15,0	21,5
a	144	192	240	i	3	4	5
b	84	112	140	k	20	26	32
c	48	65	80	k'	15	19	24
e	24	32	40	l	19	26	32
f	5	6	8	m	12	16	20
g	15	19	24	p	34	45	56
g'	10	13	16	R	6	8	10
$H_{\text{ч}}$	80	105	130	r_1	4	5	6

Таблица 5.4

**Размеры литниковых чаш-нарощалоков
с расходом металла до 10 кг/с**

Номер чаши	Номер стакана	Размер, мм					
		D_1	D_2	n	v	ρ	r_1
1	1	46	56	30	10	30	4
2	2	65	77	35	12	45	5
3	2	65	77	35	15	45	6

Примечание. Размеры расходной и приемной секций должны соответствовать данным, приведенным в табл. 5.3.

Таблица 5.5

**Размеры литниковых чаш-нарощалоков с перегородкой,
обеспечивающих расход металла до 50 кг/с**

Размер	Номер чаши			Размер	Номер чаши		
	1	2	3		1	2	3
	$d_{\text{ст.в}}, \text{ мм}$				$d_{\text{ст.в}}, \text{ мм}$		
	50	65	75		50	65	75
	Масса металла в чаше, кг				Масса металла в чаше, кг		
	68	156	231		68	156	231
a	200	260	300	k	55	72	83
b	215	280	320	l	55	75	83
c	200	260	300	m	25	32	38
D_1	97	118	133	n	45	75	90
D_2	100	135	150	o	30	60	60
e	48	62	70	p	50	70	70
f	8	10	12	r_1	8	10	12
g	190	246	285	s	40	52	60
$H'_\text{ч}$	160	210	240	u	30	40	45
i	75	97	112	v	15	20	22

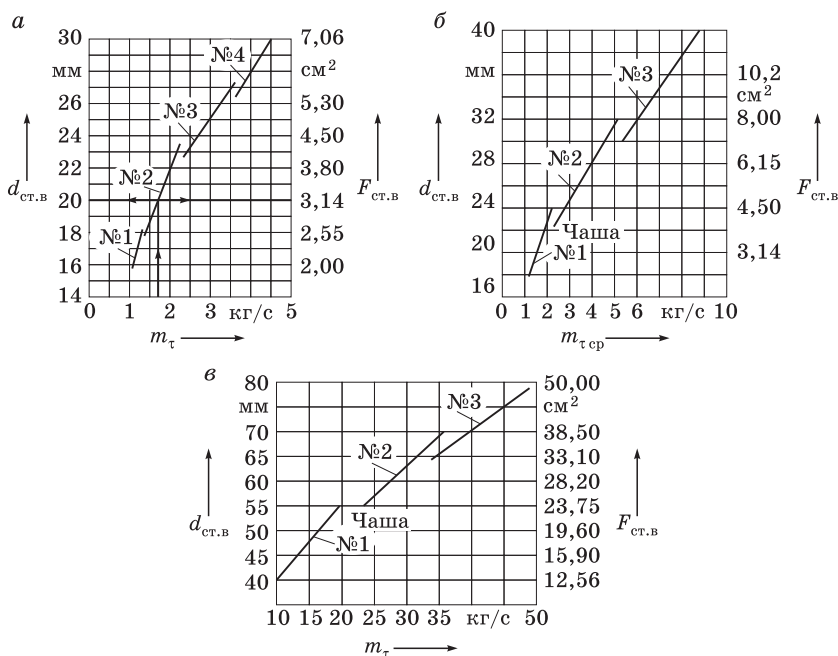


Рис. 5.13. Номограммы для определения номера и $d_{\text{ст.в}}$ литниковых воронок, формуемых чаш и чаш-наращалок:

а — для литниковых воронок; б — для формуемых чаш;

в — для чаш-наращалок

5.2.2. Методика расчета дроссельной литниковой системы

Литниковые системы с последовательным уменьшением поперечного сечения элементов от стояка к питателю иногда приводят к размыву форм и стержней в местах подвода и, как следствие, к браку отливок по земляным раковинам. Поэтому для регулирования скорости поступления расплава в форму и лучшего задержания шлака часто применяют дроссельные целевые литниковые системы.

Расчет дроссельной литниковой системы выполняется в указанном ниже порядке.

1. Определяется массовый расход расплава $m_{\tau \text{ ср}}$ по графику, приведенному на рис. 5.14, при определенном режиме заполнения формы (быстро, нормально, медленно). *Быстрая заливка* применяется для тонкостенных и сложных по конфигурации отливок;

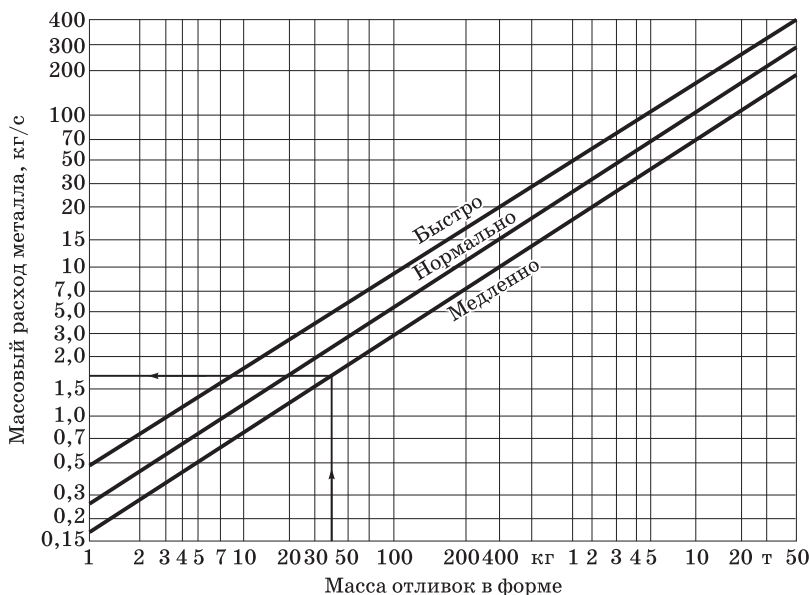


Рис. 5.14. Определение массового расхода металла

для отливок с большими плоскими поверхностями вне зависимости от толщины стенок; при сифонном подводе металла. *Медленная заливка* рекомендуется для толстостенных отливок из серого чугуна; при заливке в сырую форму отливок с высокими вертикальными массивными частями в нижней опоке; при заливке перегретым чугуном отливок, имеющих большие стержни и относительно малые знаки. В остальных случаях используется *нормальная заливка*.

На оси абсцисс откладывается масса отливок в форме и проводится перпендикуляр до пересечения с линией определенного режима заполнения формы. От точки пересечения проводится горизонталь до пересечения с осью ординат, где указаны значения массового расхода металла.

Массовый расход металла можно определить по формуле

$$m_{\tau \text{ ср}} = \frac{G}{\tau} = \frac{G^{2/3}}{2s^{1/3}},$$

где G — масса отливки, кг; s — средняя или приведенная толщина стенки отливки, мм.

2. Определяется начальный расход $m_{\tau \text{ нач}}$ с помощью графика, приведенного на рис. 5.15, или по формуле

$$m_{\tau \text{ нач}} = K m_{\tau \text{ ср.}}$$

Для определения коэффициента K необходимо рассчитать отношения p/c и p/H . После этого на оси абсцисс откладывается значение отношения p/c и из этой точки проводится перпендикуляр до линии, соответствующей отношению p/H . От точки пересечения проводится горизонталь до пересечения с осью ординат, где указано значение коэффициента K .

3. По значению $m_{\tau \text{ нач}}$ выбирается тип и номер литниковой воронки или чаши (см. рис. 5.13, а-в) определяется верхний диаметр стояка $d_{\text{ст.в}}$ (см. табл. 5.2–5.5).

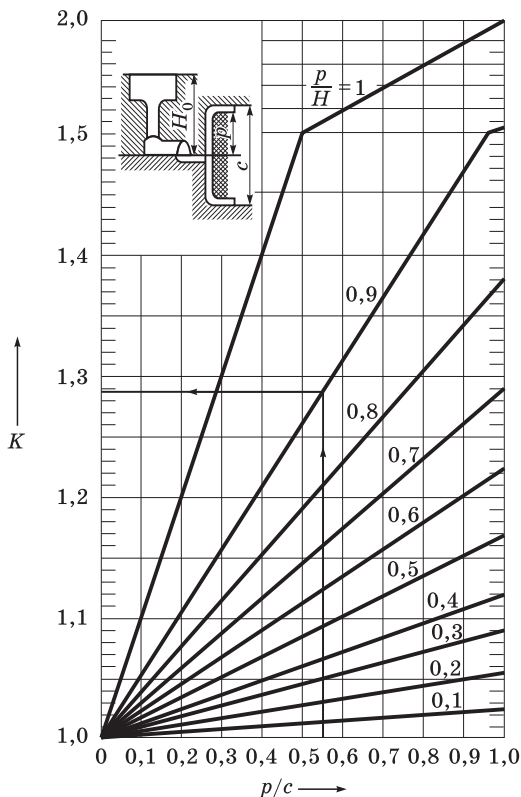


Рис. 5.15. График для определения коэффициента K

4. Определяется площадь сечения шлакоуловителя. На оси ординат (рис. 5.16) откладывают значение $m_{\text{т нач}}$ и проводят горизонталь направо до пересечения с линией шлакоуловителя. От точки пересечения опускают вертикаль через ось абсцисс до нижней кривой.

От точки пересечения вертикали с нижней кривой проводят горизонталь влево до оси ординат, на которой отложены размеры основания шлакоуловителя (a). Остальные размеры трапеции определяются по эскизу на нижнем графике (рис. 5.16). Площадь сечения шлакоуловителя находят на оси абсцисс в месте пересечения с вертикалью. Для обрабатываемых отливок площадь одной ветви шлакоуловителя не рекомендуется делать меньше 2 см^2 .

5. Определяется суммарная площадь питателей. Пользуясь рис. 5.16 и горизонталью, проведенной ранее, выбирают одну из трех кривых (1, 2, 3), соответствующую конструкции питателя, и опускают перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс. Эта точка соответствует значению суммарной площади питателей, присоединенных к шлакоуловителю или его ветви. Количество питателей и площадь сечения каждого из них обусловлены расположением моделей и особенностями конструкции отливок. Питатели не должны быть толще $1/5$ высоты шлакоуловителя во избежание засасывания шлака.

6. По требуемому начальному расходу $m_{\text{т нач}}$ и напору $H_{\text{расч}}$ определяются размеры дросселя (рис. 5.17, а, табл. 5.6). Для этого в зависимости от расположения моделей в опоке выбирают один из типов дросселей: односторонний, двусторонний или четырехсторонний, а в зависимости от требуемого расхода — одноходовой, двухходовой или трехходовой. На рис. 5.17, б представлен двусторонний одноходовой дроссель.

Таблица 5.6

Размеры двусторонних одноходовых дросселей

Номер дросселя	$\Sigma F_{\text{др}}, \text{см}^2$	$a_{-0,1}^{+0,2}, \text{мм}$	$b_{-0,1}^{+0,2}, \text{мм}$	$c \pm 0,2, \text{мм}$	$i, \text{мм}$	$k, \text{мм}$
1	1	4,5	4,1	11,6	45	15
2	2	4,5	3,6	24,6	45	15
3	3	5,5	4,5	30,0	45	15
4	4	7,0	6,0	30,8	48	18
5	5	9,0	8,0	29,4	50	18

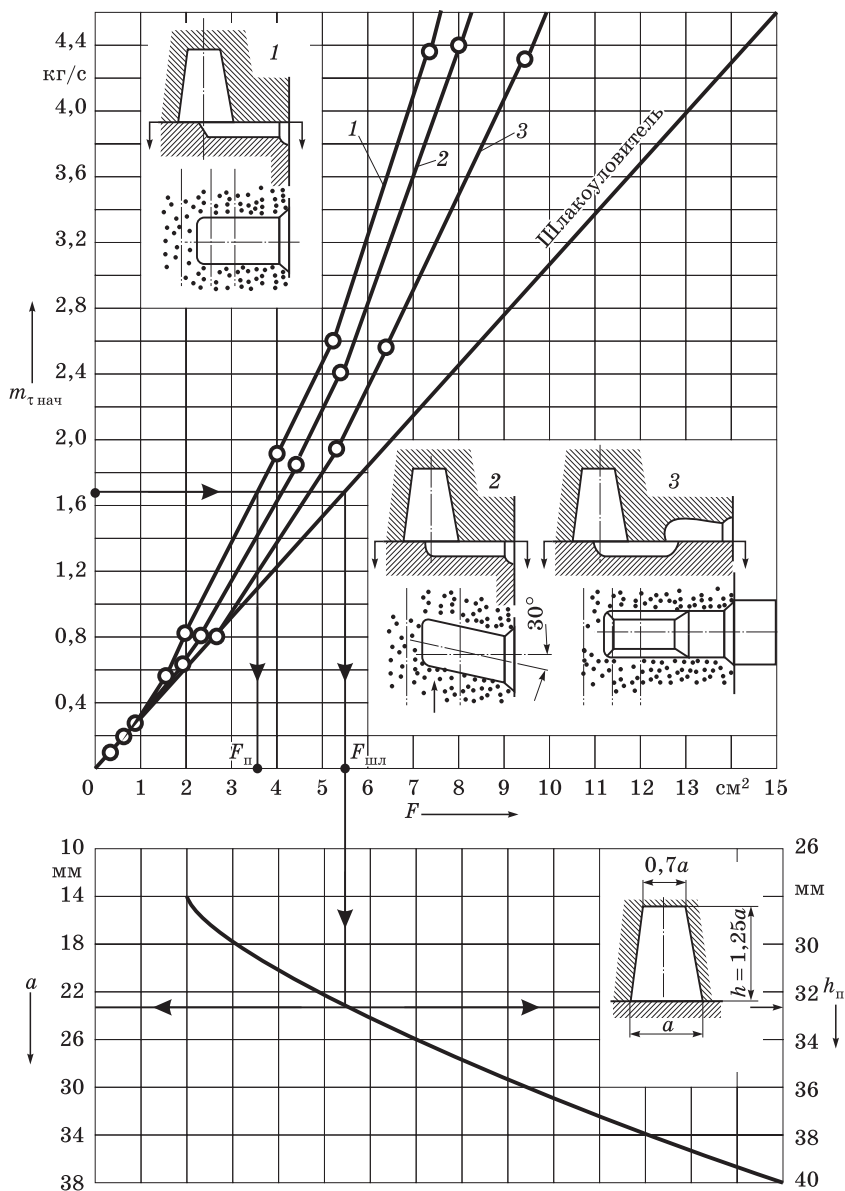


Рис. 5.16. Графики для определения суммарной площади сечения питателей и размеров ветви шлакоуловителя

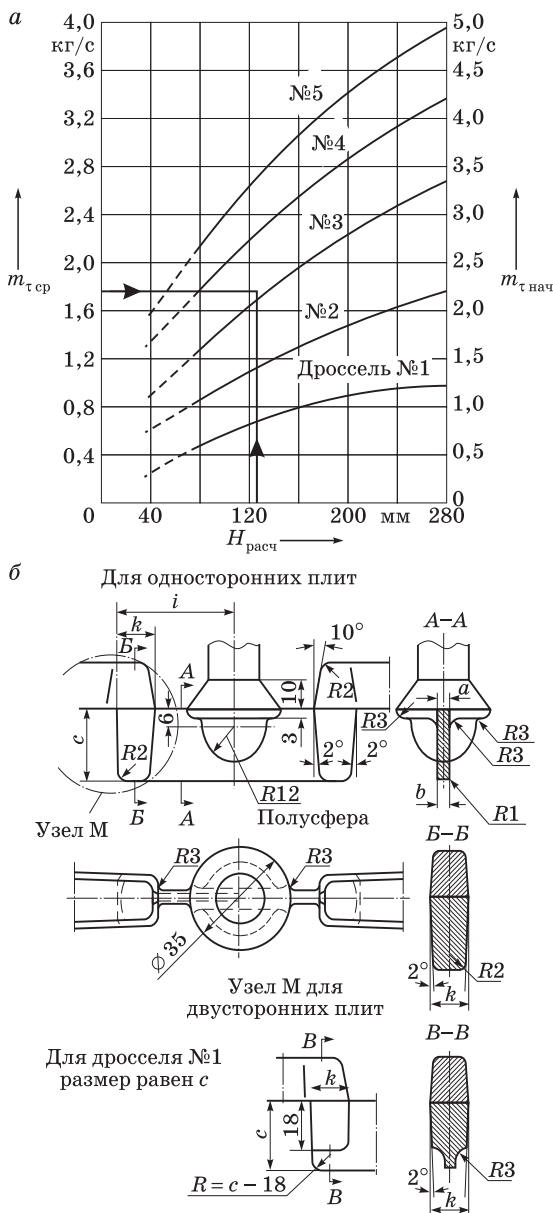


Рис. 5.17. Двусторонний одноходовой дроссель:
 а — номограмма для определения дросселя; б — эскиз дросселя

Графики расходов составлены для базовых литниковых систем, состоящих из воронки, цилиндрического стояка, дросселя и короткого начального отрезка шлакоуловителя при истечении металла в атмосферу и соблюдении двух условий:

1) давление в верхнем сечении стояка равно или больше атмосферного;

$$2) F_{\text{ст}} \geq F_{\text{п}} + F_{\text{шл.}}$$

Для литниковых систем с прямым шлакоуловителем $H_{\text{расч}}$ определяется по формуле

$$H_{\text{расч}} = H_0 - h_{\text{п}}, \quad (5.2)$$

где $h_{\text{п}}$ — пьезометрический напор перед первым питателем, мм.

Пьезометрический напор находится по нижнему графику на рис. 5.16 на оси ординат.

Выбрав тип дросселя и определив расчетный напор по формуле (5.2), находят на оси абсцисс значение $H_{\text{расч}}$, а на оси ординат — желаемый массовый расход $m_{\tau \text{ ср}}$ (рис. 5.17, а).

Пересечение координат дает точку, лежащую на одной из кривых или между ними. По кривой, расположенной ближе к найденной точке, определяют номер дросселя и по этому номеру в табл. 5.6 находят его размеры.

Если пересечение координат дает точку, отстоящую по вертикали далеко от кривых табличных дросселей, то берут ближайший больший дроссель, а его высоту пересчитывают по формуле

$$c' = c \frac{m'_{\tau \text{ ср}}}{m_{\tau \text{ ср}}},$$

где c' — высота пера нужного дросселя; c — высота пера табличного дросселя; $m'_{\tau \text{ ср}}$ — желаемый массовый расход при напоре $H_{\text{расч}}$; $m_{\tau \text{ ср}}$ — массовый расход табличного дросселя при том же напоре $H_{\text{расч}}$.

7. После того как найден дроссель и определена его площадь, проверяется площадь стояка, которая нигде по высоте не должна быть меньше площади дросселя. Увеличение диаметра стояка по сравнению с табличным не требует изменения остальных размеров литниковой чаши, так как расход остается расчетным и регламентируется дросселем.

5.2.3. Методика расчета литниковой системы для формы с вертикальной плоскостью разъема

Расчет вертикальных литниковых систем для АФЛ с вертикальной плоскостью разъема сводится к определению площади сечения питателя и подводных литниковых каналов. Площадь сечения питателя F_{Π} находится по формуле

$$F_{\Pi} = \frac{1036G}{tm\sqrt{H_{\text{расч}}}},$$

где G — масса отливки, кг; t — время заполнения одной полости формы, с; m — коэффициент трения; $H_{\text{расч}}$ — высота ферростатического давления, мм.

Время наполнения одной полости формы (t) необходимо выбирать на 4...6 с короче цикла работы формовочной машины, чтобы не задерживать цикл формообразования. Коэффициент трения берется в пределах 0,4...0,6. Высота ферростатического давления зависит от расположения питателя относительно уровня металла в заливочной чаше и определяется из чертежа (эскиза) монтажа моделей на плите.

Площадь сечения подводных литниковых каналов ($F_{\text{л.к}}$) определяется суммой площадей сечения питателей, работающих от литникового канала:

$$F_{\text{л.к}} = F'_{\Pi} + F''_{\Pi} + \dots + F^i_{\Pi}.$$

Для создания в литниковой системе избыточного давления $F_{\text{л.к}}$ увеличивается на 20%.

Для получения качественных отливок важно, чтобы чаша наполнялась как можно быстрее и поддерживалась полной во время заливки. Если это условие не будет соблюдаться, то литниковая система не будет работать в соответствии с результатами расчетов.

Чаша должна отвечать следующим требованиям:

□ обеспечивать легкость начала заливки, т.е. металл не должен выплескиваться из чаши даже при относительно высоких начальных скоростях заливки, которые необходимы для того, чтобы заполнить наливную воронку как можно быстрее;

□ направлять поток расплава в остальную часть литниковой системы, чтобы металлостатическое давление, которое играет важную роль при расчете размеров литниковой системы, могло быть достигнуто как можно быстрее;

□ иметь такие размеры, чтобы после заполнения и во время заливки могла позволить неметаллическим включениям и шлаку подниматься на поверхность расплава;

□ масса ее должна быть как можно меньше, что делает литниковую систему более экономичной.

Во избежание выплескивания (выброса) металла компанией DISA разработана специальная чаша с приспособлением против выброса. Возникновению турбулентности и выплескиванию металла из воронки противодействуют специальные ребра (рис. 5.18).

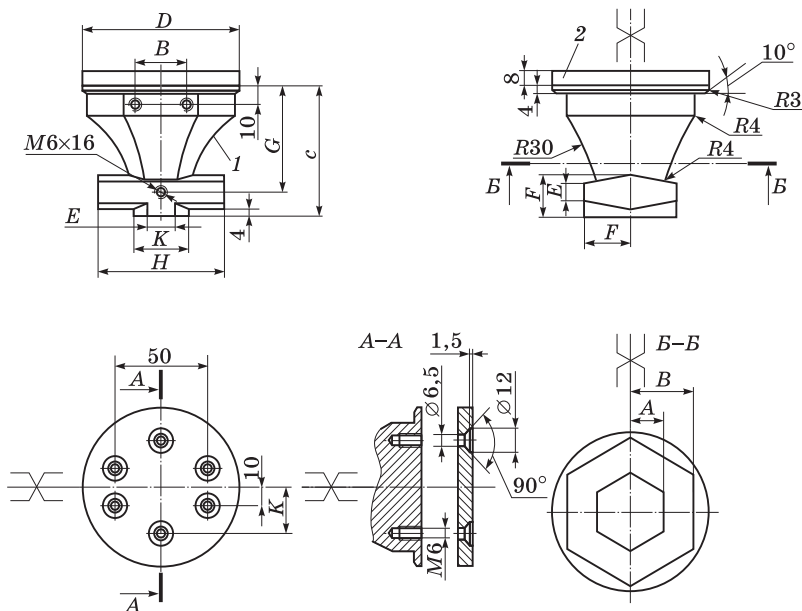


Рис. 5.18. Чаша с приспособлением против выброса:

1 — наливная воронка; 2 — пластина для компенсации износа воронки

В качестве примера в табл. 5.7 приведены основные размеры таких чаш.

Таблица 5.7

Размеры литниковых чаш

Номер чаши	Размеры чаши, мм									Скорость заливки, кг/с
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	
1	8	33	66	86	8	16	50	58	25	1
2	11	36	72	92	10	20	54	66	28	2
3	14	39	78	98	12	24	58	74	31	3
4	17	42	84	104	14	28	62	82	34	4
5	20	45	92	110	16	32	68	90	37	5
6	23	48	100	116	18	36	74	98	40	6
7	26	51	108	122	20	40	80	104	42	7
8	29	54	116	128	22	44	86	112	45	8
9	32	57	124	134	24	48	92	120	48	9
10	35	60	132	140	26	52	98	128	50	10

Если у заливщика возникают проблемы с попаданием в центр чаши, то следует выбрать наливную воронку на один-два размера больше расчетного.

5.2.4. Использование фильтрующих элементов в литниковых системах

Использование в литниковых системах фильтрующих элементов позволяет более полно удалять из заливаемого расплава вредные примеси, к которым относят частицы формовочной смеси, оксидные пленки, шлаки, неметаллические включения от неполного растворения модификаторов или легирующих элементов. При правильной установке фильтров можно снижать общую протяженность каналов литниковой системы, что позволяет увеличивать выход годного по металлу. Фильтрационные элементы могут служить также регулятором скорости потока расплавленного металла.

Фильтрующие элементы бывают различных формы, размеров и состоят из разных материалов, которые подбираются специально для каждого конкретного случая.

При фильтрации чугунных и стальных расплавов необходимо использовать фильтры, изготовленные из оксида циркония

или оксида алюминия с добавками оксида циркония, оксида кальция, оксида иттрия, муллита, шпинелей и других высокоогнеупорных керамических материалов, улучшающих стойкость фильтра к воздействию теплового удара. При литье черных сплавов могут использоваться и некоторые разновидности сетчатых фильтров. Плавленный кварц является прочным тугоплавким волокном, из которого формируется тонкоячеистый фильтрационный материал. Такой фильтр может выдерживать высокие температуры.

При производстве цветных отливок можно использовать менее термостойкие материалы, например ткань из стекловолокна (рис. 5.19, *а*).

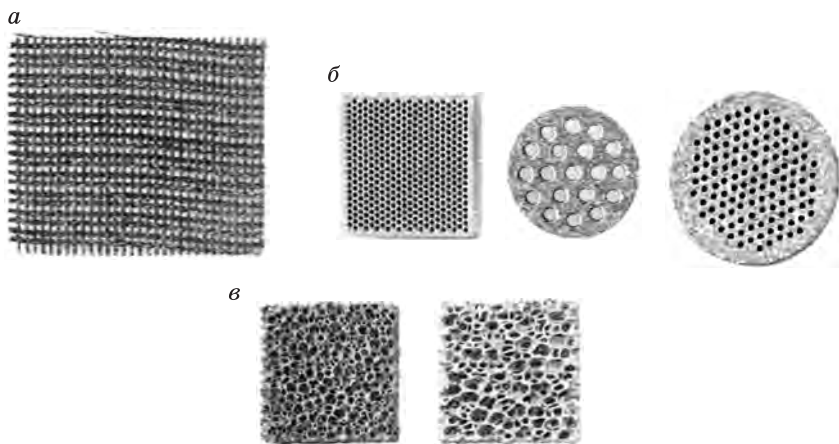


Рис. 5.19. Фильтрующие элементы

Керамические фильтры бывают двух основных типов — из спрессованной (рис. 5.19, *б*) и вспененной керамики (рис. 5.19, *в*). Характерной особенностью спрессованного керамического фильтра является то, что у него параллельно ориентированы поры одинаковых размера и формы. Благодаря этому фильтры обуславливают ламинарный характер истечения расплава. Прессованные фильтры классифицируются по количеству пор на дюйм (ppf), расположенных на верхней поверхности фильтра, и геометрии пор (квадратные, круглые и многогранные) (рис. 5.19, *б*).

Пенокерамические фильтры имеют множество пор (до 90%) различного размера (от 0,5 до 5 мм) и произвольной ориентации.

Они похожи на резиновую губку. При прохождении через такой фильтр струя расплава встречает препятствия и изменяет направление, вследствие чего снижается скорость расплава и происходит его фильтрация.

Правильный выбор места расположения фильтра в литниковой системе определяет эффективность его использования. Фильтрующий элемент необходимо размещать как можно ближе к полости отливки, обычно перед питателем. Это позволит фильтру в большей степени удалить образовавшиеся оксиды и частицы размытой смеси. Очень важна также правильная установка фильтра в полости формы.

Размеры фильтрующих элементов определяются из того, что суммарное проходное сечение отверстий фильтра, через которые протекает жидкий металл, должно составлять 0,6...0,8 от общего сечения питателей, непосредственно подводящих металл в форму:

$$F_{\text{отв}} = (0,6 \dots 0,8) F_{\text{п min}},$$

где $F_{\text{отв}}$ — суммарная площадь проходного сечения отверстий в фильтре, через которые протекает металл, см^2 ; $F_{\text{п min}}$ — площадь сечения питателей, см^2 .

5.2.5. Назначение, типы и методика расчета прибылей и холодильников

Прибылью называется специальный, не предусмотренный чертежом литой детали технологический прилив к поверхности отливки, предназначенный для сосредоточения в нем усадочной раковины в процессе питания затвердевающей отливки жидким металлом. Кроме того, прибыль служит выпором и резервуаром, где могут всплывать продукты разрушения литейной формы, шлаковые включения и продукты реакций, происходящих в расплаве. Прибыль располагают так, чтобы металл, сохраняющийся в ней в жидком состоянии, мог непосредственно поступать в затвердевающие части отливки для компенсации уменьшения их объема, вызванного усадкой сплава. Установка прибылей является наиболее эффективным способом предупреждения образования усадочных раковин и пор в отливках. Прибыли могут использоваться практически для всех литейных сплавов. Особенно необходимы они для сплавов, обладающих большой объемной усадкой (стали, высокопрочные чугуны, латуни, бронзы и др.).

По размещению в литейной форме различают *прибыли открытые*, сообщающиеся с атмосферой, и *закрытые*, находящиеся внутри формы. По геометрической форме прибыли подразделяются на *шаровые*, *полушаровые*, *куполообразные*, *конические* и *цилиндрические* (рис. 5.20, а–д). Две последние, в свою очередь, подразделяются на прибыли без перешейка и с перешейком.

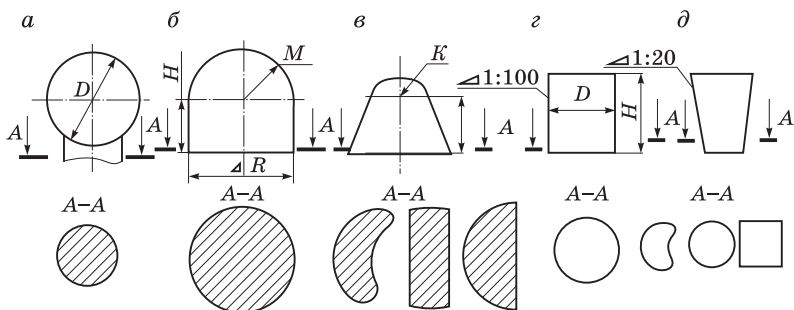


Рис. 5.20. Прибыли различной геометрической формы

В зависимости от условий охлаждения в форме прибыли подразделяются на три следующих основных вида: обычные, теплоизолированные и обогреваемые (экзотермические).

Обычные прибыли сделаны из одного и того же материала либо из материалов, не отличающихся по своей теплоаккумулирующей способности от материала формы.

Теплоизолированные прибыли изготавливаются из низкотеплопроводных смесей. Применение теплоизоляционных смесей снижает коэффициент теплоаккумуляции смеси, что приводит к увеличению времени нахождения прибыли в жидком состоянии и позволяет более длительное время подпитывать массивные узлы отливки. Во многих теплоизоляционных смесях используют пористые материалы, например вспученный перлит (до 60%), а в качестве связующего материала применяют огнеупорную глину или жидкое стекло. Коэффициент теплоаккумуляции таких смесей в 3–4 раза ниже, чем обычной песчано-глинистой. Из обогреваемых прибылей наиболее простыми по конфигурации являются *экзотермические*, которые изготавливаются в виде пустотелых оболочек из специальных смесей.

Составы смесей для экзотермических прибылей и вставок, а также механизм их функционирования более подробно описаны в ч. 1 учебника (см. § 6.2). Из таких смесей в стержневых ящиках изготавливают экзотермические стержни-оболочки (рис. 5.21, *а-г*), которые после отверждения устанавливают на модельную плиту и заформовывают в процессе изготовления литейной формы. При заливке формы расплавом после заполнения прибыльной части начинается экзотермическая реакция между порошком алюминия и железной или марганцевой рудой. Реакция сопровождается выделением большого количества теплоты, которое позволяет металлу прибыли долгое время находиться в жидком состоянии и подпитывать отливку вплоть до ее полного затвердевания. Толщина стержня оболочки зависит от массы прибыли, а размеры выбираются конструктивно.

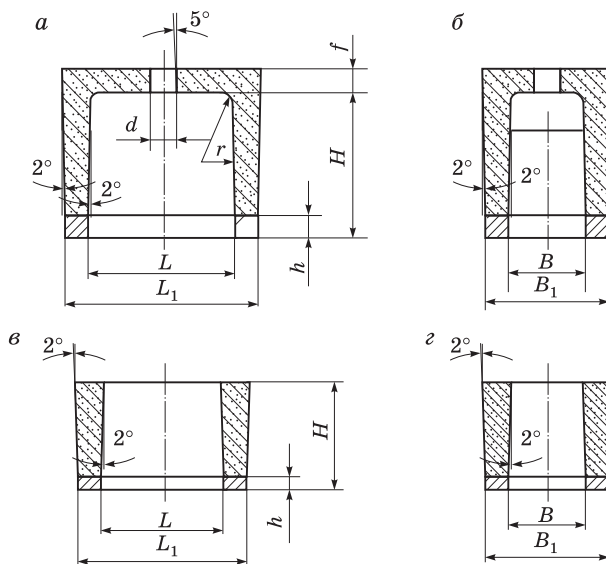


Рис. 5.21. Экзотермические стержни-оболочки:

а, б — для обогрева закрытых прибылей; *в, г* — для обогрева открытых прибылей

Обогреваемые прибыли (например, электродугой, экзотермическими смесями или другими способами) наиболее эффективны, так как позволяют металлу прибыли долгое время находиться

в расплавленном состоянии и тем самым более длительный период выполнять свои основные функции — осуществлять «питание» расплавом теплового узла отливки с целью предотвращения в нем усадочных дефектов.

При получении чугунных отливок в качестве дополнительных элементов питания можно использовать выпоры и бобышки. Питающие выпоры применяют для подпитки отдельных термических узлов отливки. По конструкции питающие выпоры могут быть *прямыми* (рис. 5.22, а) и *отводными* (рис. 5.22, б).

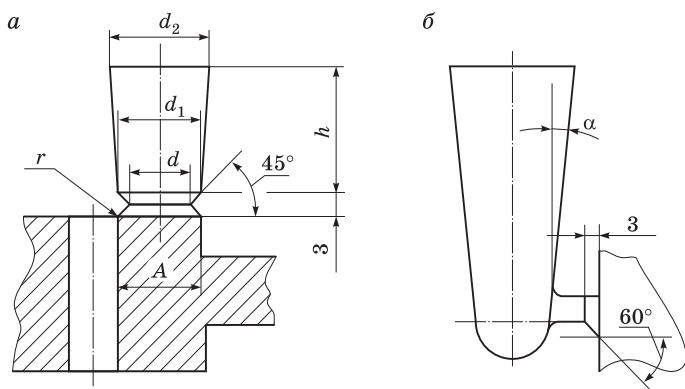


Рис. 5.22. Конструкции питающих выпоров

Питающие бобышки применяются при получении отливок из ковкого чугуна, а также для питания массивных частей отливок из серого модифицированного чугуна. Они подводятся к наиболее массивным узлам отливки и соединяются с ними через короткие шейки (рис. 5.23).

При разработке технологического процесса получения отливки определение мест расположения, количества, формы и размеров приливов осуществляется с учетом следующих основных положений:

- усадочные раковины образуются в местах отливки, затвердевающих последними, и стремятся занять наивысшее положение в отливке;

- последними затвердевают наиболее массивные части отливки, местные утолщения, места сочленения смежных стенок, а также те части, от которых затруднен отвод теплоты;

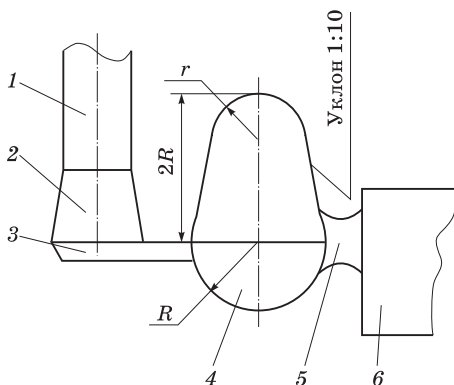


Рис. 5.23. Питающая бобышка:

1 — стояк; 2 — шлакоуловитель; 3 — питатель; 4 — бобышка; 5 — шейка; 6 — отливка

□ наибольшее количество включений (земляных, шлаковых и др.) наблюдается в верхних частях отливки в районе мест подвода металла;

□ прибыли прямого питания помимо выполнения своей основной функции служат сборниками всплывающих засоров и неметаллических включений;

□ открытые прибыли, расположенные над самыми верхними частями отливки, выполняют и роль выпоров, а закрытые прибыли не исключают необходимость наличия выпоров;

□ прибыли затрудняют усадку отливки, и тем значительнее, чем больше прибылей используется;

□ расположение прибылей над массивными элементами отливки замедляет скорость охлаждения последних, способствуя развитию в отливке усадочных напряжений;

□ расположение прибылей на необрабатываемых поверхностях отливки приводит к увеличению затрат на механическую обработку отливки:

□ в подприбыльных частях отливки значительное развитие получает ликвация углерода, серы, фосфора.

Практика производства отливок показывает, что прибыли эффективно питают только примыкающие к ним части отливок. Поэтому в тех случаях, когда нижнее основание прибыли меньше габаритов питаемого узла, необходимо устанавливать протя-

женность питаемой зоны от одной прибыли. Затем, учитывая охлаждающий торцевой эффект, определяют количество прибылей, обеспечивающих получение бездефектной отливки.

Для узлов, затвердевание которых может быть приближенно описано законом квадратного корня:

$$\tau_3 = \frac{1}{m^2} \left(\frac{V}{S} \right)^2,$$

условия питания определяются следующими уравнениями:

$$\frac{d\tau_3}{dx} \geq kG'; \quad (5.3)$$

$$\frac{d\tau_3}{dx} = \frac{2V}{m^2 S} \left(S \frac{dV}{dx} - V \frac{dS}{dx} \right), \quad (5.4)$$

где τ_3 — продолжительность затвердевания в сечении, находящемся от прибыли на расстоянии x по траектории движения питающего металла; k — коэффициент, зависящий от гидравлических свойств кристаллизующегося сплава; G' — масса металла, которая должна пройти через это сечение для обеспечения питания участка длиной $\Delta x = 1$; V, S — соответственно объем и эффективная поверхность этой зоны; m — коэффициент затвердевания.

Анализ уравнений (5.3) и (5.4) показывает, что эффективное питание отливки из прибыли происходит там, где градиент продолжительности затвердевания $d\tau_3/dx$ имеет достаточную величину. Совершенно непитаемыми остаются те зоны отливки ($r_{н.з}$ на рис. 5.24), где $d\tau_3/dx = 0$.

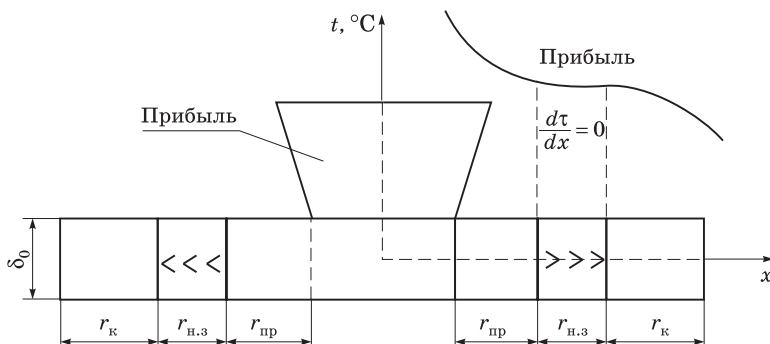


Рис. 5.24. Зоны действия прибыли и торцевого эффекта

Преобразование уравнений (5.3) и (5.4) применительно к узлам питания определенной конфигурации дает возможность получить приближенные зависимости для расчета радиуса действия прибыли $r_{\text{пр}}$ и концевое эффекта $r_{\text{к}}$.

Для узлов питания типа плиты

$$r_{\text{пр}} = k_{\text{пл}} \delta_0; \quad r_{\text{к}} = k_{\text{пл}} \delta_0, \quad (5.5)$$

где $k_{\text{пл}}$ — коэффициент, зависящий от конфигурации питаемого узла; δ_0 — толщина плиты.

Для узлов питания типа бруска или цилиндра

$$r_{\text{пр}} = k_{\text{бр}} \sqrt{D}; \quad r_{\text{к}} = k_{\text{бр}} \sqrt{D}, \quad (5.6)$$

где $k_{\text{бр}}$ — коэффициент, зависящий от конфигурации питаемого узла; D — ширина бруска или диаметр цилиндра.

В табл. 5.8 приведены результирующие данные по протяженности зоны сплошности стенок деталей, отливаемых из различных сплавов.

Зона действия прибыли может быть увеличена на 30...40% при подводе расплава из литниковой системы непосредственно под прибыль.

Оптимальные размеры прибыли можно определить по *методу Пржибыла*, который дает надежные результаты. В основу метода положено задаваемое отношение объема прибыли ($V_{\text{пр}}$) к объему возникающей в ней усадочной раковины ($V_{\text{р}}$):

$$\beta = V_{\text{пр}}/V_{\text{р}}. \quad (5.7)$$

Пренебрегая массопереносом из прибыли в отливку, имеем:

$$V_{\text{р}} = \epsilon'_V (V_0 + V_{\text{пр}}), \quad (5.8)$$

где ϵ'_V — часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины; V_0 — объем питаемого узла.

Сопоставив уравнения (5.7) и (5.8), получим:

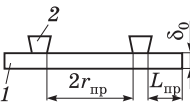
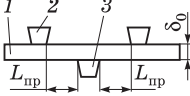
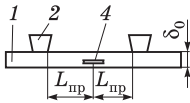
$$V_{\text{пр}} = \frac{\beta \epsilon'_V}{1 - \beta \epsilon'_V} V_0. \quad (5.9)$$

Порядок расчета размеров прибыли:

1) выделить в отливке узлы питания и рассчитать объем V_0 каждого из них;

Таблица 5.8

Расчетные формулы для определения $L_{пр}$ и $r_{пр}$

Схема расположения прибылей	Углеродистые сплавы	Алюминиевые сплавы	Латуни	Алюминиевые бронзы
	Отливка типа «плита»			
	$L_{пр} = (4,5 \dots 6,5) \delta_0$ $2r_{пр} = (4 \dots 6) \delta_0$	$L_{пр} = (5,5 \dots 6,5) \delta_0$ $2r_{пр} = (5 \dots 6) \delta_0$	—	$L_{пр} \leq 4\delta_0$
	Отливка типа «брус»			
	$L_{пр} = (40 \dots 44) \sqrt{D}$ $2r_{пр} = (2 \dots 2,8) \delta_0$	$L_{пр} \leq 6,8 \delta_0$	$L_{пр} \leq 1,8D$	—
	Отливка типа «плита»			
	$L_{пр} = (3,0 \dots 5,0) \delta_0$	—	—	—
	Отливка типа «брус»			
	$L_{пр} = (40 \dots 44) \sqrt{\delta_0}$	—	—	—
	Отливка типа «плита»			
	$L_{пр} = (4,0 \dots 6,5) \delta_0$	—	—	—

Примечание. На рисунках в таблице приняты следующие обозначения: 1 — отливка; 2 — прибыль; 3 — наружный холодильник; 4 — внутренний холодильник.

2) определить значение ϵ'_V . Для отливок из углеродистой стали и высокопрочного чугуна $\epsilon'_V = 0,035 \dots 0,045$, для отливок из легированных сталей $\epsilon'_V = 0,05$, для отливок из алюминиевых сплавов $\epsilon'_V = 0,045 \dots 0,050$, для отливок из латуни $\epsilon'_V = 0,065 \dots 0,075$ и для бронзы $\epsilon'_V = 0,08 \dots 0,09$;

3) выбрать тип и конфигурацию прибыли, на основании чего подобрать коэффициент β . При изготовлении отливок из сталей и высокопрочных чугунов рекомендуется: $\beta = 11 \dots 12$ для прибылей с рабочим давлением ниже атмосферного; $\beta = 9 \dots 10$ с атмосферным давлением; $\beta = 8 \dots 9$ для изолированных прибылей; $\beta = 6 \dots 7$ — для обогреваемых прибылей;

4) по формуле (5.9) определить объем прибыли ($V_{пр}$);

5) по значению $V_{пр}$ на основании табл. 5.9 рассчитать высоту и другие размеры прибыли (см. рис. 5.20).

Таблица 5.9

**Расчетные формулы для определения размеров
основных видов прибылей**

Вид прибыли	Расчетная формула
Шаровая	$D = 1,24 \sqrt[3]{V_{\text{пр}}}$
Закрытая куполообразная цилиндрическая	$H_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}}}{\pi R^2} - \frac{2}{3} R,$ где $H_{\text{пр}} + R$ — не менее высоты питаемого узла
Открытая цилиндрическая или коническая	$H_{\text{пр}} = \frac{4 V_{\text{пр}}}{\pi D^2}; \quad H_{\text{пр}} = 0,9 \frac{4 V_{\text{пр}}}{\pi D^2}$
Закрытая куполообразная с компактной формой горизонтального сечения	$H_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}} - 0,45 \pi R^2 b}{F},$ где $H_{\text{пр}} + R$ — не менее высоты питаемого узла
Открытая коническая с компактной формой горизонтального сечения	$H_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}}}{0,95 F}$

Высота прибыли ($H_{\text{пр}}$) должна удовлетворять следующим условиям:

для открытых прибылей

$$H_{\text{пр}}/D_{\text{пр}} \approx 1,7 \dots 2,0;$$

для закрытых прибылей, устанавливаемых на отливках из стали и высокопрочного чугуна, и для отливок из цветных сплавов

$$H_{\text{пр}}/D_{\text{пр}} \approx 1,25 \dots 1,50.$$

Размеры прямых питающих выпоров для чугунных отливок (см. рис. 5.22, а) зависят от толщины A тела отливки в месте сопряжения с выпором и определяются по табл. 5.10.

Диаметр питающей бобышки можно определить по номограмме, учитывающей массу и толщину стенки отливки (рис. 5.25), а площади шейки — по табл. 5.11.

Таблица 5.10

Размеры прямых питающих выпоров для чугунных отливок, мм

Толщина тела отливки в месте сопряжения с питающим выпором A	Размеры питающего выпора				
	d	d_1	d_2	h , не менее	r
20...25	20	25	30	60	2
50...55	50	60	80	130	3
75...80	75	90	120	200	4
100...105	100	120	170	250	5
125...130	125	150	200	300	5
150...155	150	180	240	400	5
175...180	175	210	280	450	6
200...205	200	235	320	500	6
225...230	225	270	360	550	6

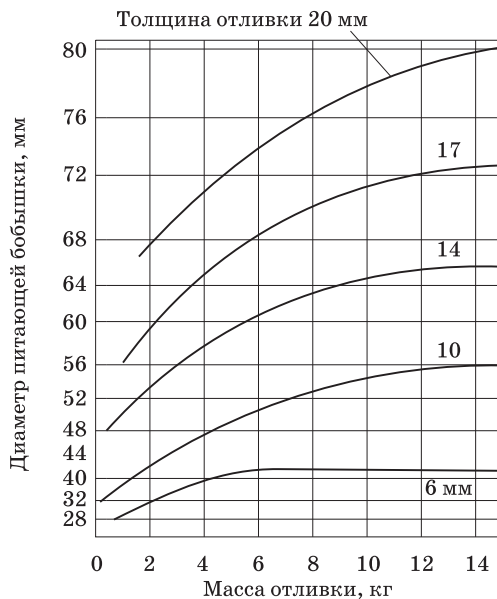


Рис. 5.25. Номограмма для определения размеров бобышек для отливок из ковкого чугуна

Таблица 5.11

**Значения площади сечения шейки бобышек
для отливок из ковкого чугуна**

Радиус основания бобышки, мм	Площадь сечения шейки, см ²	Радиус основания бобышки, мм	Площадь сечения шейки, см ²
15,0	1,5	25,0	5,6
18,0	2,4	26,0	6,0
20,0	3,3	27,0	6,4
22,0	4,2	30,0	7,2
24,0	4,8		

В случаях, когда невозможно обеспечить полное питание всех частей отливки от прибыли, применяют **внутренние** и **наружные холодильники**. К таким частям можно отнести сочленения сопрягаемых стенок и сочленения стенок отливки с ребрами различного назначения, местные утолщения стенок, отделенные от питающих частей отливки более тонкими стенками, и массивные протяженные стенки.

В зависимости от назначения внутренние холодильники бывают двух видов:

1) **удаляемые** при механической обработке отливок, например когда они расположены по осям механически обрабатываемых отверстий и удаляются вместе с припусками на механическую обработку;

2) **неудаляемые**, т.е. сохраняющиеся в теле отливки и являющиеся составными частями детали.

Диаметр удаляемого внутреннего холодильника зависит от диаметра обрабатываемого отверстия и определяется в соответствии с табл. 5.12.

Таблица 5.12

**Диаметры внутреннего холодильника
для обрабатываемых отверстий, мм**

Диаметр обрабатываемого отверстия	Диаметр внутреннего холодильника	Диаметр обрабатываемого отверстия	Диаметр внутреннего холодильника
12	3...4	40	15...20
16	5...8	50	20...25
20	8...12	60	25...30
30	12...15	90	35...40

Неудаляемые внутренние холодильники подразделяются на цилиндрические, спиральные, плоские и сборные.

Цилиндрические холодильники устанавливаются в сочленениях стенок отливок. Размеры цилиндрических холодильников, помещаемых в центре окружности, вписанной в X-, T- или L-образные узлы отливок, можно определять по графику, приведенному на рис. 5.26. Для этого на оси ординат находим значение толщины стенки отливки (δ_0) и проводим горизонталь до пересечения с прямой определенного радиуса вписанной окружности

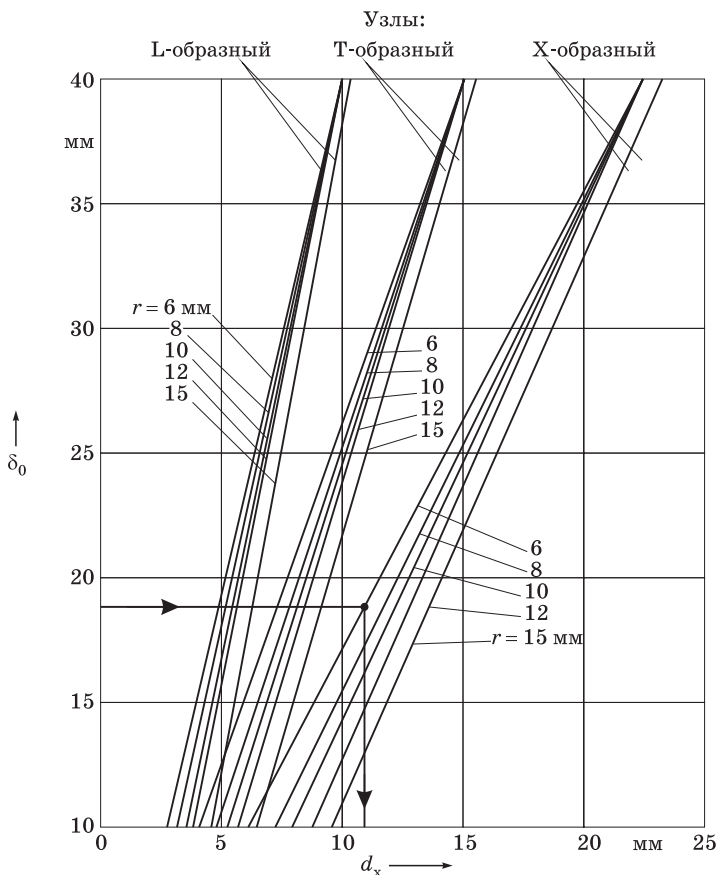


Рис. 5.26. Зависимость диаметра внутреннего холодильника от толщины стенок L-, T- и X-образных сочленений и радиуса закругления r сочленения смежных стенок

для L-, T- или X-образного узла отливки. Из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и находим диаметр цилиндрического холодильника (d_x).

По сравнению с цилиндрическими *спиральные холодильники* имеют большие размеры в поперечном сечении, поэтому способны более равномерно охлаждать все части теплового узла и обладают некоторым преимуществом в предотвращении возможности образования горячих трещин в сочленениях стенок. Применение этих холодильников допускается, если отношение толщины питающей стенки отливки к толщине питаемой составляет не менее 0,75 и невозможно применить наружные или прутковые холодильники.

Порядок расчета спиральных холодильников:

1) определить диаметр D окружности, вписанной в питаемый узел;

2) определить относительную массу G_q части отливки, теплота которой расходуется на нагрев холодильника. Принимается, что она равна массе цилиндрической отливки, диаметр которой равен $(1,05...1,15)D$. Наибольшее значение D присуще X-образному сочленению, а наименьшее — L-образному. Длину этой цилиндрической отливки условно принимают равной 1 м;

3) массу G_x спирального холодильника длиной 1 м, отвечающего указанному требованию, а также условию свариваемости холодильника с литой деталью, принимают равной $(0,02...0,03)G_q$;

4) по табл. 5.13 подбирают спиральный холодильник (рис. 5.27), масса которого уже известна, с прутками-сердечниками или без них.

Наружный диаметр D спирали принимают с таким расчетом, чтобы расстояние от поверхности формы до стенок холодильника было больше или равно $3d_{\Pi}$ (d_{Π} — диаметр прутка спирали с шагом t).

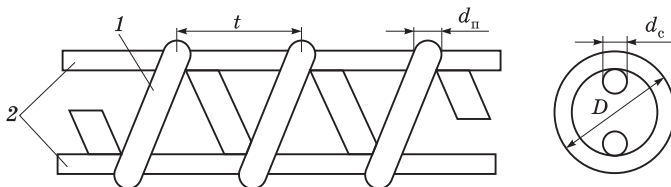


Рис. 5.27. Спиральный холодильник:
1 — прутки-сердечники; 2 — спираль

Таблица 5.13

Размеры спиральных холодильников

Основные размеры, мм				Количество прутков-сердечников	Масса, кг, 1 м спирали	
d_n	D	t	d_c		без прутков-сердечников	с прутками-сердечниками
1,0...1,5	8	4...6	3	1	0,039	0,095
	12	4...6	4	1	0,063	0,163
2,0...2,5	15	6...10	4	1	0,154	0,254
	25	6...10	4	1	0,278	0,378
	35	6...10	6	1	0,400	0,622
3,0...4,0	30	10...15	6	1	0,564	0,786
	45	10...15	6	2	0,842	1,286
	60	10...15	8	2	1,030	1,820
5,0...6,0	50	20...25	8	3	1,230	2,415
	60	20...25	10	3	1,490	3,341
	70	20...25	12	3	1,750	4,414

В случаях изготовления ответственных отливок применяются наружные холодильники. Их можно подразделить следующим образом:

□ по конфигурации — плоские; прямолинейные круглого, квадратного или иного профиля; криволинейные, фасонные или переменного профиля;

□ по способу производства — вырезанные из проката или литников; штампованные из проката; отлитые из стали или чугуна;

□ по принципу действия — прямого действия, когда холодильник соприкасается непосредственно с поверхностью отливки; косвенного действия, когда между стенкой металлического холодильника и отливкой располагается слой менее теплопроводного материала (например, формовочной смеси); с регулируемым отбором теплоты с помощью различных теплоносителей (воздух, пар, вода и т.п.), пропускаемых с определенной скоростью через специальные каналы.

Толщину наружных холодильников принимают равной 0,5...0,6 толщины охлаждаемой стенки, а площадь должна превышать площадь охлаждаемой поверхности в 1,1 раза.

ЗАЛИВКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ, ВЫБИВКА, ОБРУБКА И ОЧИСТКА ОТЛИВОК

6.1. Заливка литейных форм

Одной из основных операций при изготовлении отливок является заливка расплавленного металла в собранную форму. Процесс заливки существенно влияет на качество литья, трудоемкость его производства, выход годного, себестоимость отливок. Способы заливки литейных форм зависят от режима работы литейного цеха, технологии формообразования, механизации заливочных работ и т.д.

В цехах со ступенчатым режимом работы формы заливается на специальной неизолированной площадке, где они устанавливаются после изготовления и сборки. Небольшие формы иногда устанавливают друг на друга, оставляя открытой только литниковую чашу. Это позволяет увеличивать выпуск продукции с единицы производственной площади.

При параллельном режиме работы цеха заливка производится на специальном изолированном участке, связанном с участком формообразования механизмом формопередачи.

Формы заливаются из разливочных ковшей вместимостью от 10 кг до 50 т и более (рис. 6.1). Ковши емкостью до 15 кг (рис. 6.1, а) предназначены для ручной заливки одним рабочим, а до 60 кг (рис. 6.1, б) — двумя рабочими. Ковши вместимостью от 60 кг до 2 т перемещаются по монорельсу на механизированных подвесках. Более емкие ковши обслуживаются мостовыми электрическими кранами. Ковши емкостью свыше 500 кг снабжаются механизмами для наклона и поворота с самотормозящей червячной передачей.

По конструкции различают *крановые ковши открытые* (рис. 6.1, в) и *закрытые барабанные* (рис. 6.1, г). Для улавливания шлака применяются специальные ковши *чайникового типа*

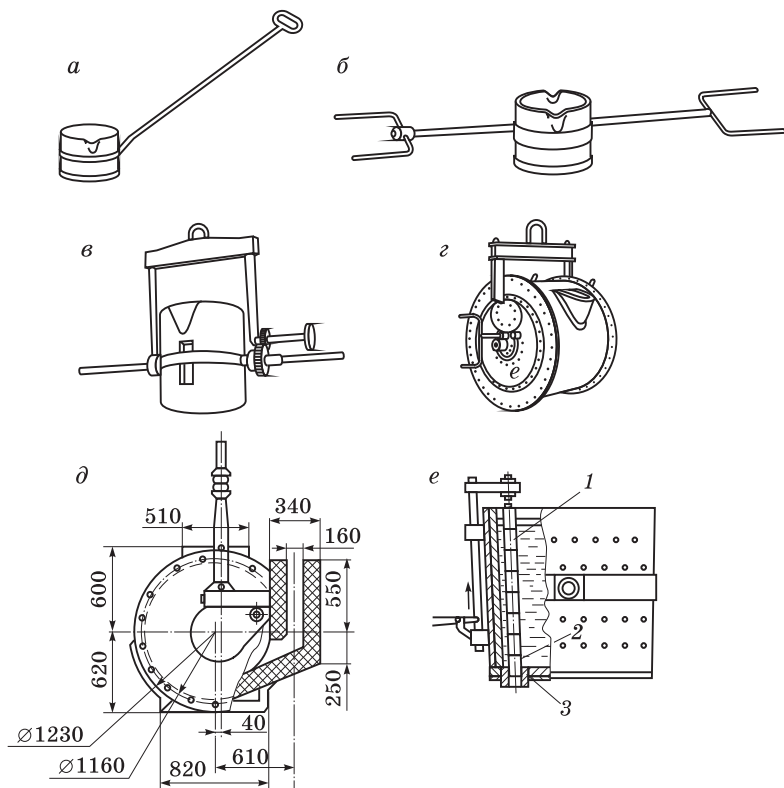


Рис. 6.1. Разливочные ковши:
1 — стопор; 2 — пробка; 3 — стакан

(рис. 6.1, д). Стопорные ковши (рис. 6.1, е), как правило, используют при разливке стали.

Изготавливают ковши из листовой стали толщиной 2...15 мм (в зависимости от размеров ковша), изнутри футеруют огнеупорным материалом. Для футеровки применяют специальные составы, содержащие огнеупорную и шамотную глину, песок и специальные материалы.

После футеровки ковши должны быть тщательно просушены и прокалены. Сушка ковшей производится в сушильных камерах или на специальных стендах при температуре 300...350 °С в течение 3...10 ч (в зависимости от металлоемкости ковша). Прокалка ковшей осуществляется непосредственно перед заливкой в них

расплавленного металла. Температура прокаливания находится в пределах 500...600 °С и зависит от температуры заливаемого сплава.

Масса металла, набираемая в ковш, определяется суммарной металлоемкостью форм, заливаемых из одного ковша, с учетом дополнительно набираемого (3...5% от металлоемкости ковша) излишка металла для компенсации возможных потерь. Металлоемкость M заливочного ковша рассчитывается по следующей формуле:

$$M = \frac{\Delta t}{\Delta t_i} P_i \text{ [кг]}, \quad (6.1)$$

где Δt — допустимый интервал температуры заливки сплава, °С; Δt_i — падение температуры металла в ковше за время заливки одной формы, °С; P_i — металлоемкость формы, кг.

При выборе металлоемкости ковша следует учитывать, что он наполняется металлом не более чем на 7/8 высоты. Перед заливкой с поверхности металла в ковше удаляется основная часть шлака. Заливка форм должна вестись непрерывно, с заполнением чаши или воронки расплавом. При несоблюдении этого требования возможно попадание шлака в форму и захватывание воздуха струей жидкого металла, что может привести к браку отливок. Высота струи от носка ковша до литниковой чаши или воронки не должна превышать 200...300 мм. Вначале подачу металла из ковша производят медленно, равномерно и спокойно. После расходования примерно половины дозы постепенным наклоном и подъемом ковша увеличивают динамический напор струи, ускоряя поступление металла в чашу.

При заливке форм на непрерывно движущемся конвейере ковш должен перемещаться в сторону движения форм со скоростью конвейера. Для этого используют специальные механизмы, позволяющие синхронизировать движение заливочного ковша и конвейера. Скорость заливки металла из ковшей зависит от пропускной способности и типа литниковой системы заливаемых форм. Для мелкого и среднего литья скорость заливки изменяется от 0,5 до 6 кг/с, для крупного она достигает 10...30 кг/с и более.

Внедрение в производство высокопроизводительных автоматизированных поточных линий требует автоматизации заливки

литейных форм. Основной задачей при автоматизации заливки является точность дозирования порции сплава, подлежащего заливке в форму. Дозирование сплава осуществляется разными способами: вытеснением из раздаточного устройства порции сплава, дозированием сплава с помощью фотоэлектрического датчика (фотоэлемента), регулированием скорости заливки и т.д.

На рис. 6.2 показана схема автоматической заливки опочных форм на литейном конвейере установкой с вытеснением порции сплава избыточным давлением. В момент, когда литниковая чаша 6 формы останавливается под калиброванным отверстием 5 заливочного желоба машины, на зеркало расплава, замкнутого под колпаком 3, подается сжатый воздух. Под давлением воздуха сплав по каналу 4 поступает к калиброванному отверстию. Объем порции регулируется временем воздействия сжатого воздуха на зеркало сплава. Заливочная машина периодически пополняется расплавом из ковша 2 через канал подачи сплава 1.

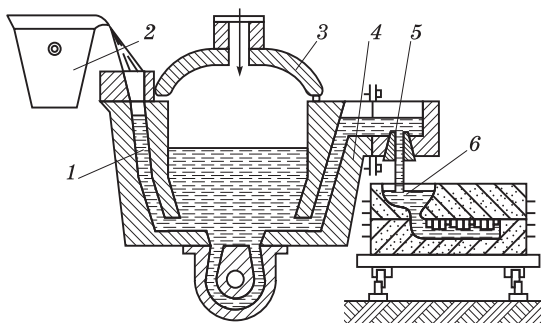


Рис. 6.2. Схема автоматической заливки форм с вытеснением порции сплава избыточным давлением

Заливочная установка с автоматическим регулированием скорости заливки расплава посредством электромагнитного насоса показана на рис. 6.3. Футерованная огнеупорным материалом емкость 5 для расплава с горизонтальным или наклонным днищем соединена с металлопроводом 6, имеющим в передней части калиброванное отверстие 3. Вокруг металлопровода устанавливается стационарный электромагнитный насос 4, обеспечивающий несколько скоростей подачи расплава. Из отверстия 3

расплав 2 заливается в форму 1, которая установлена на тележке 11. Масса заливаемого расплава может регулироваться временем его истекания через калиброванное отверстие (в случае применения форм одинаковой металлоемкости), с помощью весов 12, а также копиром 10 или уровнемером 7 (при заливке форм разной металлоемкости). Копир сравнивает массу заливаемого в форму расплава с шаблоном, который выбирается в зависимости от конфигурации формы 1 и посылает сигнал об изменении скорости заливки через усилитель 9 в устройство 8, регулирующее режим работы электромагнитного насоса 4. По такому же принципу работает и система регулирования скорости заливки расплава уровнемером.

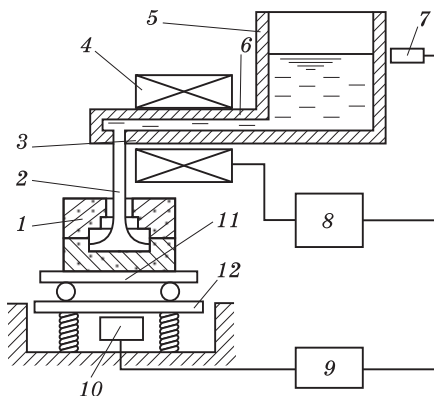


Рис. 6.3. Схема установки для автоматической заливки форм с электромагнитным насосом

В электромагнитных заливочных установках для транспортировки и дозирования высокотемпературных жидких сплавов (сталь, чугун, медь и др.) используются электромагнитные желоба. Они успешно применяются при непрерывной заливке жидкого сплава, позволяют автоматизировать процессы транспортировки и заливки. К этому типу можно отнести показанное на рис. 6.4 заливочное устройство, в состав которого входят плавильная или раздаточная печь 1 и наклонный транспортный электромагнитный желоб 19. Снизу желоба, футерованного огнеупорным материалом, находится индуктор 18, создающий электромагнитное поле. Индуктор состоит из постоянно включенной обмотки 17

и обмотки 15, включаемой в период заливки, в месте стыка которых находится переключатель 16. Желоб 19 в верхней части оканчивается поперечной стенкой 5 и имеет открывающуюся крышку 4. Вертикальная огнеупорная трубка 10 для заливки расплавом форм 6 (формы подаются конвейером 7) верхним концом 11 выступает на 10...15 мм над подом 9, который подогревается обогревателем 8. Этим устраняется возможность попадания в трубку металла после окончания заливки. Трубка 10 уплотнена огнеупорной манжетой 12, снижающей термические напряжения между подиной 14 желоба и трубкой. Верхняя часть трубки прикреплена к подине желоба, а нижняя опирается на огнеупорную подкладку 13. В процессе работы расплав перемещается индуктором из печи 1 в желоб до того места, где действует обмотка 15. При этом образуется постоянный слой расплава 2, обогревающий желоб и участвующий в постоянном обмене расплава с ванной 20 в печи 1. При заливке включается обмотка 15 индуктора, расплав поднимается к верхнему краю желоба до уровня 3 и вытекает через трубку 10 с постоянной скоростью, так как высота металла над трубкой поддерживается индуктором большую часть времени заливки практически постоянной.

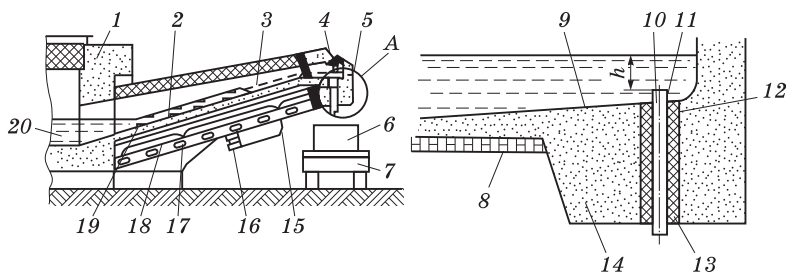


Рис. 6.4. Схема установки с электромагнитным желобом

На рис. 6.5 представлена схема дозирования сплава с помощью фотоэлемента. Этот способ дозирования позволяет заливать формы с различной металлоемкостью и контролировать заполнение их сплавом. Фотоэлемент 3 установлен над формой 4 и направлен на выпор отливки. При движении формы она останавливается по центру стопора. Начало и прекращение выдачи сплава из тигельного ковша 2 осуществляется путем открытия и закрытия стопорного устройства 1.

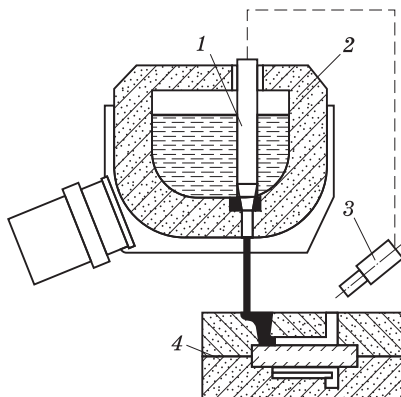


Рис. 6.5. Схема дозирования сплава с помощью фотозлемента

Установка, представленная на рис. 6.6, используется для заливки форм, изготавливаемых в массовом производстве отливок (например, на автоматических формовочных линиях). В миксере 10 над уровнем зеркала металла укреплена головка 6, расположенная над площадкой конвейера 2, где движется литейная форма 1. Выпускное отверстие 3 должно очень точно и плотно соприкасаться с верхней плоскостью формы. Над выпускным отверстием в головке находится окно 4, в котором располагается прибор 5 для измерения уровня металла в головке, связанный с электронным устройством 7 или регулятором 8 давления газа.

В начале заливки форма 1 подается под выпускное отверстие, а затем газ поступает по трубопроводу 9 в миксер и подает расплав в головку. Форма 1 последовательно поступает под выпускное отверстие и заполняется расплавом при постоянном уровне

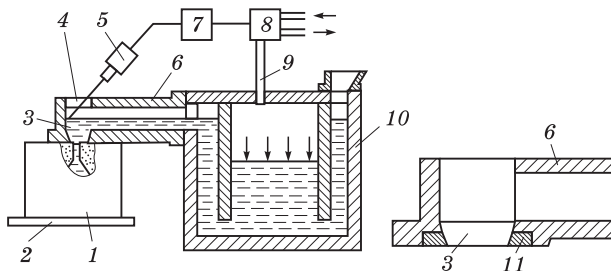


Рис. 6.6. Установка с индукционным подогревом сплава

его в головке. После заливки формы передвигаются. При этом расплав из головки не удаляется, а струя металла обрезается, но не вытекает. Это достигается тем, что отверстие 3 плотно прилегает к форме 1 с помощью уплотнительного кольца 11 в отверстии. Установка обеспечивает заливку под постоянным регулируемым металлостатическим напором.

Технологические схемы выбивки

6.2. отливок из форм

Выбивка отливок может осуществляться различными способами, зависящими от технологии изготовления форм, размера и конструкции выбиваемых опок, режимов работы литейного цеха и т.д. Широкое применение для выбивки отливок из форм получили выбивные решетки механического действия. Их функционирование заключается в следующем: выбиваемую форму или полуформу (после предварительной распаровки) подают на полотно решетки, которому сообщается колебательное движение, вследствие чего происходит отрыв опоки от решетки, и дальнейшее движение системы сопровождается последовательными соударениями опоки и полотна решетки. В результате действия ударных инерционных сил на опоку со стороны решетки находящаяся в форме смесь разрушается и происходит выбивка отливки.

При разработке технологической схемы выбивки отливок данный процесс необходимо расчленить на операции и переходы, определяемые технологией формовки и металлоемкостью формы. Так, процесс выбивки отливок из безопочных форм (рис. 6.7) можно разделить на следующие операции: дробление смеси; извлечение или транспортировка отливок. Операция разрушения формы отсутствует. Операция дробления смеси 4 формы 1 в этом случае начинается на выбивной решетке 2 и заканчивается на второй выбивной решетке 5. Транспортировка отливок 3 осуществляется в люльках 6 подвешенного конвейера или пластинчатым конвейером, куда отливки загружаются при открытии откидного борта выбивной решетки. В данной схеме совмещаются операции дробления смеси и погрузки отливок. Схема эта приемлема, если характер рабочего процесса выбивных решеток и их конструкция позволяют дробить смесь.

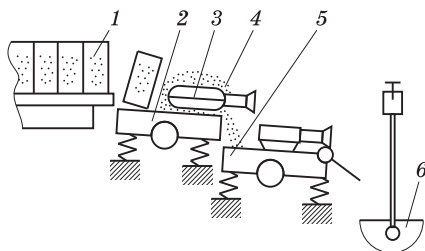


Рис. 6.7. Схема выбивки отливок из опочных форм

Схема выбивки отливок из опок может быть выполнена в двух вариантах (рис. 6.8). При первом варианте форма разрушается за одну операцию, а при втором эта операция разделяется на несколько переходов. При первом варианте форма разрушается на одном рабочем месте с помощью выбивного пресса 1. Передаточным механизмом 7 ком смеси 8 с отливкой передается на инерционную выбивную решетку 6 для дробления смеси. Операция погрузки отливки осуществляется вибросклизом или выбивной решеткой 5 на пластинчатый конвейер 4 (или на подвесной конвейер). Распаривание опок осуществляется распаровщиком 2. Распарованные опоки идут на формовку каждая по своей линии, проходя операцию очистки на выбивной раме 3.

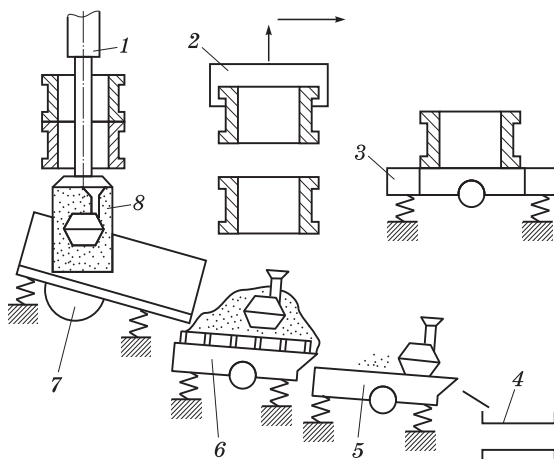


Рис. 6.8. Схема выбивки отливок с предварительным распаровыванием опок

При втором варианте (рис. 6.9) форма разрушается в несколько переходов: разборка формы распаровщиком 1; выдавливание кома из опоки верха прессом 2; оголение отливки 3 граблями 4 (движение поперек конвейера); выдавливание кома смеси с отливкой из опоки низа прессом 5. Операция дробления смеси осуществляется на выбивных решетках 6 с погрузкой отливок в люльку 7 подвешенного конвейера. Очистка опок от формовочной смеси производится на выбивных рамах. К достоинствам такой схемы следует отнести то обстоятельство, что применяемые механизмы (выбивной пресс, выбивные решетки) можно выполнить менее мощными, чем по схеме, приведенной на рис. 6.8, так как они воспринимают меньшие удельные нагрузки на рабочие органы, а к недостаткам — большое количество оборудования.

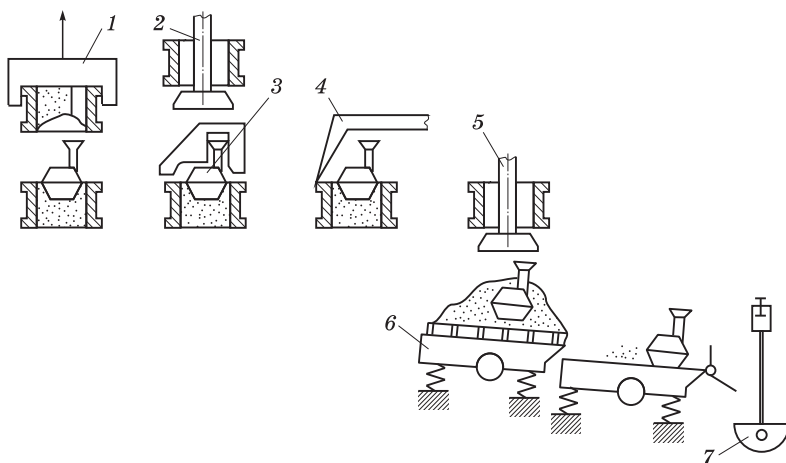


Рис. 6.9. Схема выбивки отливок с предварительным распаровыванием опок

Схема выбивки крупных форм может быть выполнена в двух вариантах. Первый вариант предусматривает разрушение формы и дробление смеси за одну операцию, второй — разделение этой работы на две операции.

При первом варианте (рис. 6.10, а) распарованную опоку 2 устанавливают на опорные балки блока ударных выбивных решеток 3, которые наносят снизу удары по опоке, производя одно-

временно разрушение формы и смеси. Отливку *1* вынимают из опоки с помощью мостового крана. Схема приемлема, если прочность смеси не превышает 0,05...0,1 МПа.

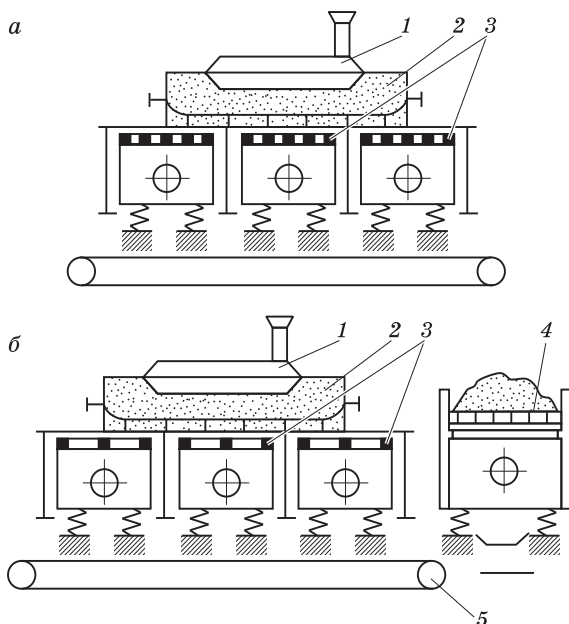


Рис. 6.10. Схема выбивки крупных форм:

а — для песчано-глинистых смесей; *б* — для жидкостекольных смесей

При втором варианте (рис. 6.10, б) распарованную опоку *2* устанавливают на опорные балки блока ударных выбивных решеток *3*, которые отличаются от решеток схемы, приведенной на рис. 6.10, а, тем, что имеют ячейки, размеры которых в несколько раз больше (они равны размерам крестовин опоки). В этом случае крупные куски смеси беспрепятственно проходят через ячейки ударных решеток и с помощью передаточного механизма *5* подаются для дробления на инерционную выбивную решетку *4* с складным полотном. Отливку *1* вынимают из опоки также с помощью мостового крана. Такая схема дает возможность сократить время выбивки, что особенно важно при разрушении прочных смесей, например ЖСС или изготовленных по CO_2 -процессу.

Отливки, извлеченные из форм и прошедшие стадию охлаждения, направляются на выбивку стержней. Стержни, изготовленные из смесей на органических связующих (синтетических смолах, маслах и их заменителях), обладают низкой остаточной прочностью и хорошей выбиваемостью. Поэтому во многих случаях мелкие стержни простой конфигурации практически полностью удаляются на выбивных решетках и при очистке литья в дробеметных камерах. Крупные стержни из смесей даже на синтетических смолах, а также стержни из песчано-глинистых смесей (ПГС) и смесей с жидким стеклом имеют затрудненную выбиваемость. Для их удаления используют гидравлические и электрогидравлические установки. На рис. 6.11 представлена схема камеры периодического действия для гидравлической очистки отливок. Очищаемая отливка 1 краном устанавливается на тележку 4, находящуюся на поворотном круге 3, который приводится во вращение с помощью электродвигателя 6.

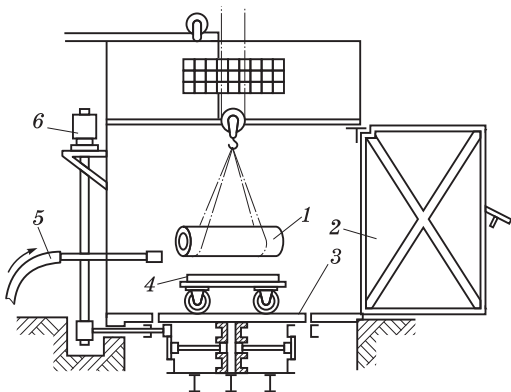


Рис. 6.11. Схема камеры для гидравлической очистки отливок

Суть гидравлической очистки заключается в том, что струя воды под давлением 15...20 МПа и выше с помощью гидромонитора 5 направляется на стержень, разрезает его на части и вымывает. Очистка отливки в камере производится при закрытой двери 2. Основные преимущества заключаются в их универсальности, простоте обслуживания, хороших условиях труда (отсутствие пыли). К недостаткам можно отнести низкие производи-

тельность и КПД (30...60 %) вследствие больших затрат времени на вспомогательные операции. Производительность гидрокамер составляет 3...12 т/ч. Объемный расход воды на 1 т отливок колеблется от 4 до 25 м³/ч и определяется прочностью стержней в отливке.

Перспективным технологическим процессом является электрогидравлическая выбивка стержней, которая основана на электрогидравлическом эффекте, использующем высоковольтный разряд в жидкости. Вокруг зоны высоковольтного импульсного разряда напряжением примерно 50...70 кВ возникают импульсные сверхвысокие давления (до 150...200 МПа и более), разрушающие стержни и отделяющие пригоревшую к отливке смесь.

На рис. 6.12 изображена схема электрогидравлической установки модели 36121. Рабочий бак 4 вместимостью 11,5 м³ заполняется водой. Сверху бак закрыт кожухом 1, который препятствует свободному доступу к зоне высоковольтного разряда и защищает обслуживающий персонал от шума. Внутри бака по направляющим перемещается тележка 3, на которой установлен съемный контейнер с отливками. Высоковольтный электрический разряд происходит в воде между отливками в контейнере и специальным электродом 2, который вместе с механизмом привода расположен под кожухом. Удаление шлама из установки производится с помощью пескового насоса 5. Производительность установки — 3 т/ч.

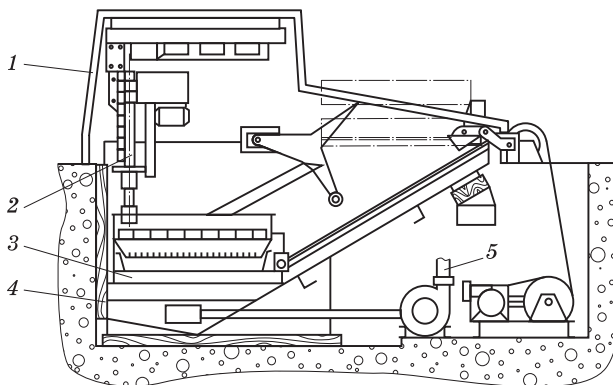


Рис. 6.12. Схема электрогидравлической установки модели 36121

Главным преимуществом электрогидравлического способа является повышение эффективности выбивки стержней. Его применение улучшает условия труда и в 3–4 раза удешевляет выбивку.

6.3. Обрубка, очистка и отделка отливок

Завершающими операциями при производстве отливок являются очистка и обрубка, к которым относятся:

- очистка поверхности отливки от остатков формовочной и стержневой смесей;
- удаление остатков литниковой системы, прибылей и заливов;
- исправление дефектов, возникших вследствие отклонения от нормальных технологических процессов на предыдущих операциях;
- отделка и грунтовка литья, если они требуются по техническим условиям.

Очистка поверхности отливок от остатков смесей производится в галтовочных барабанах, дробеметных и дробеструйных установках периодического или непрерывного действия, виброочистных машинах, электрохимических и ультразвуковых ваннах.

Галтовочные барабаны периодического действия бывают круглые, квадратные, шести- и восьмигранные. Для большинства отливок применяют барабаны круглого сечения, так как они более вместительны. Отливки тонкостенные или значительной длины очищают в барабанах прямоугольного сечения.

Барабаны используются для очистки небольших толстостенных отливок массой до 50 кг. Тонкостенные отливки или отливки с тонкими выступающими частями и ребрами обычно в барабанах не очищают, поскольку такие отливки могут быть повреждены. Однако при тщательной укладке можно без поломок очищать в барабанах даже тонкостенные отливки. В зависимости от характера отливок выбирают размер очистного барабана: чем массивнее литье, тем большего размера барабан применяется. Мелкие и хрупкие отливки очищают в барабанах малого размера.

При указанном способе очистки отливки частично освобождаются от стержней, особенно если стержни изготовлены из песчано-масляной смеси.

Стальные отливки очищаются в барабанах дважды: до и после термической обработки. При вращении барабана отливки трутся друг о друга и подвергаются сотрясениям при движении, в результате чего от них отделяется формовочная смесь и частично разрушенные стержни. Для ускорения и улучшения очистки в барабан добавляют звездочки из белого чугуна. Наиболее распространенными являются звездочки пяти- или шестиконечной формы. Своими острыми гранями они скоблят поверхности отливки, очищая ее от приставшей формовочной смеси. Величина звездочек зависит от размера отливок. Звездочки не только улучшают качество очистки, но и ускоряют ее. В случае применения звездочек время очистки сокращается на 20...25% и значительно уменьшается поломка отливок.

Очистка отливок в барабанах, на столах и в камерах различных конструкций с использованием дроби является эффективным процессом.

По характеру получения абразивной струи различают *дробеструйный* и *дробеметный* способы очистки.

Рабочим органом любой дробеметной машины является дробеметный аппарат (турбина, рис. 6.13), принцип действия которого состоит в следующем. Дробь самотеком из воронки 1 подается на лотки распределительного колеса 4, вращающегося вместе с рабочим колесом 3 со скоростью 60...100 м/с на периферии

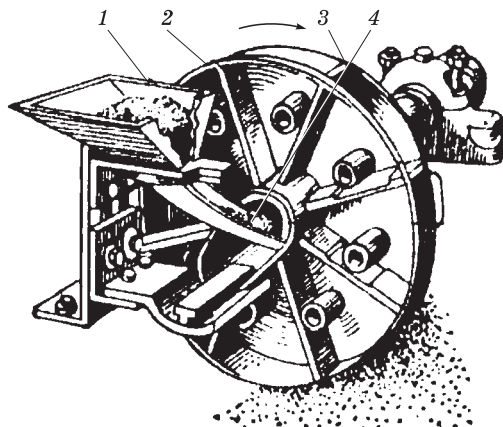


Рис. 6.13. Дробеметный аппарат

рабочего колеса. При выходе из окон дробь подхватывается лопатками 2 рабочего колеса и выбрасывается в направлении очищаемой детали. Процесс дробеметной очистки происходит за счет кинетической энергии струи чугуновой или стальной дроби. Дробеметными аппаратами оснащаются как закрытые камеры, так и дробеметные барабаны.

В единичном и мелкосерийном производстве получили распространение барабаны периодического действия, в серийном и массовом — непрерывного действия. В барабанах периодического действия (рис. 6.14) отливки очищаются на пластинчатом реверсивном конвейере, образующем при движении цилиндрическую часть. Реверсивный конвейер выполняет две операции: очистку и кантование отливок (положения I и II на рис. 6.14) и выгрузку очищенных отливок (положение III). В таких установках можно очищать отливки массой до 400 кг. Производительность их составляет 3...7 т/ч.

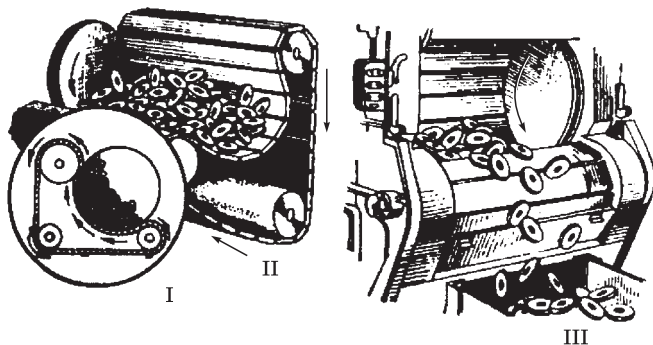


Рис. 6.14. Дробеметный барабан периодического действия

Для очистки отливок массой до 25 кг в массовом производстве используют дробеметные барабаны непрерывного действия.

Для средних и крупных отливок (массой более 400 кг) применяются дробеметные камеры с поворотными очистными столами и дробеметными турбинами (рис. 6.15). Отливки помещаются на поворотном столе внутри камеры и очищаются потоком дроби из одной или нескольких дробеметных турбин.

По сравнению с другими способами дробеметная очистка имеет следующие преимущества: высокая производительность, малый

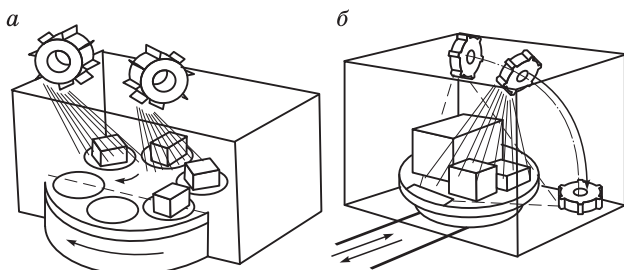


Рис. 6.15. Дробеметные камеры:
а — с поворотным столом; б — с поворотной турбиной

расход энергии, возможность регулировки потока дробы путем изменения частоты вращения дробеметной турбины, хорошие условия труда. К недостаткам можно отнести быстрый износ лопаток дробеметной турбины и трудность очистки отливок сложной конфигурации со сложными полостями.

Для очистки отливок с глубокими внутренними карманами и обширными полостями, в которые трудно направить струю дробы из дробеметного аппарата, применяют *дробеструйную очистку*. Суть способа состоит в том, что на поверхность очищаемой отливки направляется под давлением струя воздуха вместе с мелкой литой чугунной или стальной дробью диаметром 0,8...2,5 мм. Дробь обрабатывает поверхность отливки и снимает небольшой слой металла вместе с остатками формовочной смеси.

Схема дробеструйной очистки приведена на рис. 6.16. Отливку 3 устанавливают на упор в нижней цилиндрической части аппарата 2, закрываемого крышкой 1 с резиновой прокладкой. Нижняя часть аппарата имеет воронку 4, к которой через сопло 5 по резиновому шлангу 6 подводится сжатый воздух давлением 0,5...0,6 МПа. Дробь 7 загружается в аппарат до установки отливки; краном 8 включается сжатый воздух, создающий непрерывный поток дробы,

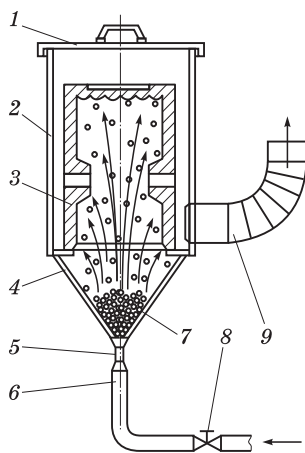


Рис. 6.16. Схема устройства для дробеструйной очистки отливок

направленный на обрабатываемые поверхности отливки. Оптимальное расстояние от сопла 5 до очищаемой поверхности отливки — 200...300 мм. Пыль удаляется вентиляционной вытяжной системой 9.

Для очистки металлических изделий от пригара, оксидов, окалина и других загрязнений широко применяется *электрохимическая очистка* в расплавах щелочей, которая основана на реакции восстановления оксидов металла на очищаемой поверхности металлическим натрием, выделяющимся в процессе электролиза щелочи.

Установка для электрохимической очистки состоит из ванны с расплавленным каустиком, подвески с электроконтактным устройством, источника постоянного тока, блока приборов управления и автоматики. Отливки, подлежащие очистке, укрепляются на подвеске и транспортным устройством (например, тельфером) опускаются в ванну с расплавленным каустиком. Источник питания подключается к ванне таким образом, что отливки являются катодом, а корпус ванны — анодом. В процессе очистки с поверхности отливки удаляется окалина и пригар.

Основные преимущества электрохимической очистки отливок следующие:

- металл в процессе очистки не разрушается, удаляются только неметаллические соединения (окалина и пригар);
- очищаются труднодоступные места и внутренние полости отливки;
- возможность механизации и автоматизации данного процесса.

Операции *обрубки* и *зачистки* отливок предназначены для удаления с их поверхностей питателей, литников, выпоров, заливов и других неровностей. Назначение указанных операций — придать отливке вид, соответствующий техническим условиям на ее изготовление. В настоящее время эти операции выполняются вручную с помощью пневматических рубильных молотков, а также механизированным способом — эксцентриковыми прессами, ленточными и дисковыми пилами, огневой резкой, на обдирочно-шлифовальных станках и других агрегатах.

Эксцентриковые пресс-кусачки используют для обрезки литников, прибылей, выпоров, заливов у отливок из цветных сплавов, а также из ковкого чугуна после отжига.

Ленточные пилы позволяют обрезать прибыль и литники у отливок из цветных сплавов с площадью сечения до 150×150 мм или диаметром до 220 мм.

Станки с дисковой пилой предназначены для отрезки прибылей на мелких и средних стальных отливках.

Для крупных отливок, изготовленных из различных сплавов, используют огневую резку — газокислородную, газопламенную, кислородно-флюсовую, газоэлектрическую или воздушно-электроконтактную.

В настоящее время широко распространены автоматы и полуавтоматы для абразивной зачистки отливок в массовом производстве. Конструкция этих станков предусматривает сменные приспособления, обеспечивающие быстрое и надежное крепление отливок, автоматическую принудительную подачу и высокие скорости резания (50 мм/с).

Рациональное размещение очистного оборудования с поточным выполнением всех операций позволяет добиваться максимальной производительности труда на данном участке.

На рис. 6.17 приведена схема размещения очистного оборудования в чугунолитейном цехе при массовом производстве отливок. Выбивка отливок из форм осуществляется на автоматических установках 1 и 24 с последующим охлаждением на конвейерах 2 для мелких (до 10 кг) и 23 для средних (до 60 кг) отливок. Охлажденные отливки перегружаются на пластинчатые конвейеры 3 и 19 и передаются на последующие технологические операции. Мелкие отливки после визуального контроля и сортировки направляются цепным конвейером в дробеметные барабаны 6, откуда после очистки по транспортерам 4, 5, 7 поступают на рабочие места обрубщиков 9. После обрубки и контроля годные отливки подвешиваются на цепной конвейер 10, транспортирующий их в грунтовочную камеру 11. После грунтовки отливки передаются в сушильную камеру 8, из которой на цепном конвейере поступают на склад готовой продукции.

Крупные отливки после охлаждения передаются на решетку 21, где осуществляется удаление стержней, после чего консолю-поворотными кранами 20 погружаются в короба, а затем с помощью мостовых кранов загружаются в очистные барабаны 18. После очистки отливки кран-балкой 17 укладываются на стеллажи 22 для обрубки и зачистки. Обработанные отливки пневмо-

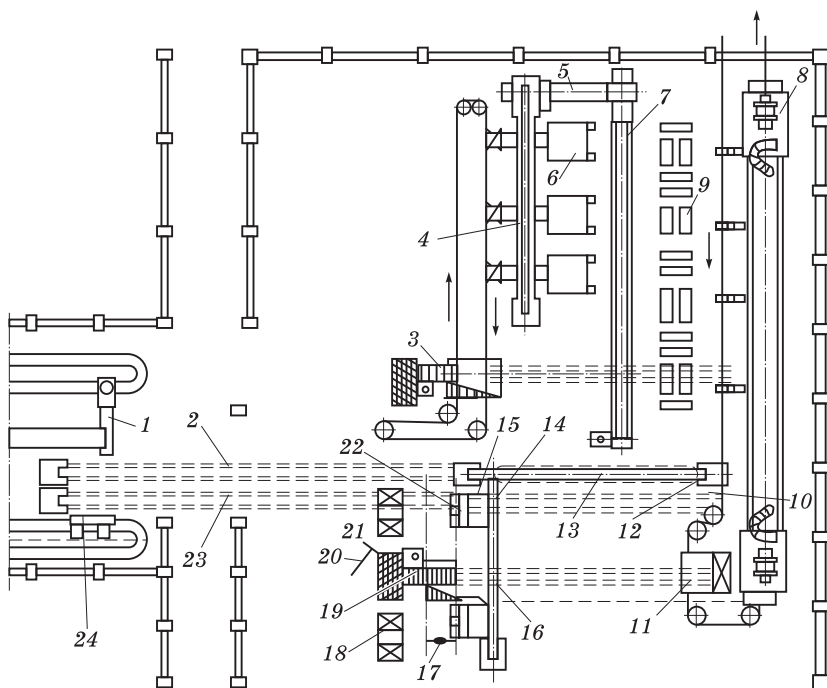


Рис. 6.17. Схема размещения очистного оборудования при поточном выполнении операций

подъемниками 15,двигающимися по монорельсу 14, укладываются на транспортеры 13 и 16, на которых производится окончательная приемка отливок работниками отдела технического контроля (ОТК). Годные отливки консольно-поворотным краном 12 передаются к цепному конвейеру 10, навешиваются на крючки и транспортируются на грунтовку в камеру 11, а затем после сушки в проходной камере 8 поступают на склад готовой продукции.

6.4. Способы исправления дефектов отливок

Наиболее распространенные способы исправления дефектов отливок — электродуговая и газовая сварка, декоративное исправление различными замазками и пастами, металлизация, устра-

нение течи пропиткой и специальными покрытиями, механические заделки-вставки и пробки, термическая обработка.

Способы получения наплавленного металла на чугунных отливках приведены на рис. 6.18. При выборе способа необходимо учитывать тип чугуна, конструктивные особенности деталей, назначение поверхностей, на которых производят сварку, стадии механической обработки, на которых выявляется дефект, его размер и расположение, экономическую целесообразность способа. При расположении дефектов на необрабатываемых поверхностях отливок выбор способа сварки упрощается, так как выполняется задача декоративного исправления. Однако устранение дефектов на стенках отливок, испытывающих значительные динамические нагрузки или работающих под давлением, требует выбора способа сварки, обеспечивающего плотность и прочность сварного шва. Эти требования выполняются при использовании горячей и холодной электросварки.

В большинстве случаев сварное соединение должно иметь структуру и свойства, аналогичные структуре и свойствам основного металла. Способы *электродуговой сварки* чугуна с применением электродов из стали или нежелезных сплавов используют в тех случаях, когда должны быть обеспечены обрабатываемость сварного соединения и плотность наплавки, а условия эксплуатации допускают разнородность наплавленного и основного металлов. В основном электросварка осуществляется без общего нагрева отливок; лишь в отдельных случаях применяется местный подогрев на участке сварки.

Газопламенная сварка имеет преимущества перед дуговой, так как позволяет расплавлять или просто нагревать основной металл и обеспечивать термический режим в процессе сварки, а также в период охлаждения сварного соединения, что делает его максимально прочным, близким по свойствам к материалу отливки.

Способы *горячей и холодной газовой сварки* малопригодны при исправлении дефектов, обнаруженных после механической обработки. В этом случае рациональнее использовать *пайкосварку*. Она представляет собой газопламенную обработку, при которой расплавлению подвергается присадочный пруток, а основной металл не расплавляется.

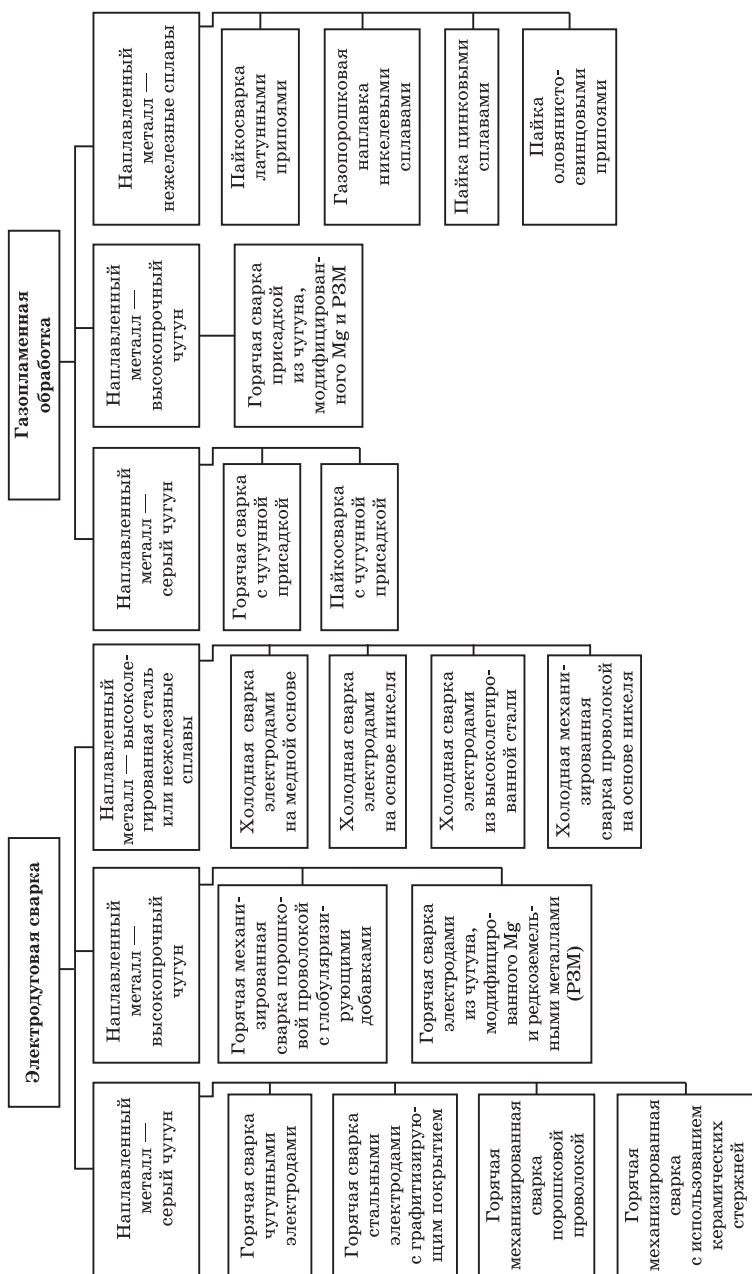


Рис. 6.18. Способы получения наплавленного металла, подвергающегося механической обработке

Во всех случаях дефектное место отливки разделяется до основного чистого металла любым способом (вырубкой, сверлением и т.п.). Особо тщательно следует подготавливать к сварке сквозные отверстия, отбитые или недолитые части отливки.

Многие дефекты отливок, обнаруженные на поверхностях, которые не подвергаются механической обработке, можно исправлять различными декоративными замазками и пастами. Этот способ заключается в том, что дефектное место заполняется специальной массой, которая отверждается и остается в теле отливки. Таким способом можно исправлять небольшие по размерам и значимости дефекты отливок, удаление которых направлено на улучшение внешнего вида отливки. Совершенно недопустимо исправлять замазками отливки, работающие под нагрузкой, давлением или в местах, ослабляющих прочность.

Составы декоративных замазок для отливок приготавливаются главным образом из эпоксидных смол марок ЭД-5 и ЭД-6.

Наибольшее распространение в литейных цехах получили эпоксидные замазки, состоящие из 100 массовых частей эпоксидной смолы, 10–25 частей пластификаторов (дибутилфталат), 8–9 частей отвердителя (полиэтиленполиамин); 60% (от массы) смолы составляют наполнители. Как правило, это стружка или пыль после шлифовки материала отливки.

Прежде чем наносить эпоксидные составы на поверхность отливки, место дефекта подогревают и обезжиривают, благодаря чему намного увеличивается сцепляемость состава с материалом отливки.

Эпоксидные составы не являются универсальным средством исправления дефектов отливок и могут применяться только при определенных условиях. Отливки, исправленные эпоксидными замазками, могут эксплуатироваться при температуре 90...100 °С в воздушной среде; не выше 60...70 °С — в среде бензина, масел, нефти и мазута; при 20...40 °С — в воде и выдерживают гидравлическое давление не более 0,8...1,0 МПа. Максимально допустимые размеры исправляемого сквозного отверстия в отливке не должны превышать 30 мм..

Металлизация применяется для исправления таких поверхностных дефектов отливок, как пористость, рыхлота, неплотность сварного шва. Иногда ее используют для устранения в отливках

течи при условии дальнейшей эксплуатации отливок под давлением не более 0,4 МПа при температуре не выше 400 °С.

Суть металлизации состоит в том, что мельчайшие капли металла, расплавленного электрической дугой, распыляются и наносятся на место дефекта отливки сжатым воздухом. Распыленные частицы расплавленного металла заполняют полость исправляемого дефекта и прочно сцепляются с материалом отливки.

Для устранения потения или небольшой течи в отливках обычно применяется одно- или двусторонняя пропитка.

Материалами для пропитки отливок служат: 4...5% -й раствор нашатыря, водный раствор хлористого железа, железного сурика и натриевой селитры, раствор соды в воде, натуральная олифа (подогретая), 10% -й раствор жидкого стекла, спиртовой раствор бакелитового лака, эпоксидный клей. Пропитка производится под давлением от 0,2 до 0,7 МПа (в зависимости от применяемого пропиточного материала и требований, предъявляемых к отливке).

В отдельных случаях дефекты, выявленные на финишных операциях механической обработки рабочих поверхностей тяжелых отливок, не подвергаемых высокочастотной закалке, допускаются к исправлению механическим способом путем ввертывания или запрессовывания чугунных пробок и вставок. При этом физико-механические свойства металла пробок и вставок должны быть аналогичны свойствам материала отливки.

Требования безопасности труда на финишных операциях изготовления

6.5. ОТЛИВОК

В литейных цехах со ступенчатым режимом работы рекомендуется производить регулярное орошение водой смеси в форме и полов у мест выбивки. Распыление воды осуществляется специальными аэраторами. При параллельном режиме работы цеха участки выбивки оборудуются местной отсасывающей вентиляцией. Выбивные решетки площадью более 3 м² должны иметь сплошной кожух-укрытие. Включение в работу такой выбивной решетки должно быть заблокировано с закрытием

кожуха и включением вентиляции. Внутренние стенки укрытия облицовываются звукопоглощающими материалами, которые легко очищаются от пыли. Участки выбивки должны быть оснащены механизмами установки и снятия опок и удаления отливок. Вибровозбудители выбивных решеток и механизмы приводов необходимо закрывать защитными кожухами. Участки автоматической выбивки отливок следует заключать в укрытие с вентиляционным отсосом.

При гидравлической очистке отливок необходимо иметь блокировку загрузочных люков с главным насосом установки. Блокировка предотвращает пуск водяной струи большого давления в открытую камеру, где могут находиться люди. Гидромонитор установки должен быть прочно закреплен в шаровой цапфе, что значительно облегчает труд рабочего. Гибкие шланги, подводящие воду к монитору, необходимо надежно защищать от случайного прокола. Кроме того, в гидроочистных отделениях должна быть надежная двусторонняя связь между насосной и рабочим пультом управления.

Для личной безопасности при выбивке из отливок стержней рабочий должен соблюдать следующие правила:

- отливки укладывать на место выбивки стержней устойчиво;
- систематически проверять исправность блокировочных устройств загрузочных люков с главным насосом установки;
- прочно закреплять монитор в шаровой цапфе при наладочных работах.

При выбивке стержней из отливок с помощью электрогидравлической установки необходимо строго соблюдать правила эксплуатации таких установок. Ванна для выбивки стержней и коммутирующий аппарат должны быть защищены от шума, вибрации, озона, оксидов азота, экранированы от электромагнитных излучений и пр. Помещение технологической части установки должно быть оборудовано электромагнитной блокировкой, соединяющей выводы конденсаторов друг с другом и с землей через разрядные сопротивления при отключении установки или открывании дверей в помещении.

На участках, где используются очистные барабаны, особую осторожность следует соблюдать при загрузке и выгрузке отливок. Наиболее надежной профилактической мерой является установка защитного кожуха на весь очистной барабан. Необходимо

обращать внимание на надежное крепление крышки барабана и отсутствие под барабаном отливок и других посторонних предметов. Находящиеся под барабаном отливки могут сорвать его крышку, вызвав несчастный случай. Рабочий должен соблюдать следующие правила личной безопасности: перед пуском барабана проверить надежность крепления крышки и убрать из-под барабана отливки, литники и другие предметы; пуск барабана осуществлять только после проверки исправности блокировки или ограждения кожухом; не подходить близко к барабану во время его работы; надежно закреплять тормоза при остановке барабана; не производить доворота барабана с помощью лома.

При очистке отливок дробью разрешается работать только в спецодежде, защитных очках и рукавицах. При очистке литья в дробеструйных камерах со свободной струей рабочий должен иметь специальный шлем, предохраняющий его от ударов дроби и попадания пыли в органы дыхания. Участки очистки отливок оборудуются вытяжной вентиляцией, обеспечивающей отсос запыленного воздуха.

На дробеструйных и дробеметных очистных установках должны быть предохранительные устройства, защищающие от ударов летящей дробию. Соединения вала турбин и кожуха, воронки и отражательного кожуха должны быть очень плотными.

На дробеметных установках необходимо соблюдать следующие правила личной безопасности: при работе в камере очистки свободной струей следует надевать спецодежду, шлем, защитные очки; смотровые стекла камер должны быть целыми и чистыми; давление сжатого воздуха не должно превышать указанного в паспорте; во время работы аппарата двери камеры должны быть плотно закрыты; смену сопел, заправку установки дробью необходимо производить только после ее остановки.

При обрубке средних и крупных отливок особое внимание следует уделять подъемно-транспортным работам, на которые приходится наибольшее количество травм. Отливки следует зачаливать в специальных местах, предусмотренных технологией их изготовления. Места работы обрубщиков должны быть огорожены сеткой или экранами, предотвращающими попадание осколков металла на соседние участки. Деталь при обрубке должна прочно крепиться на верстаках или устанавливаться на плацу так, чтобы обеспечить ее устойчивое положение.

При обрубке отливок следует соблюдать правила личной безопасности: работать только в защитных очках; применять исправный инструмент; содержать в исправности предохранительные сетки, экраны, щиты и т.п.; не обрубать горячие отливки (температура отливки должна быть меньше $70\text{ }^{\circ}\text{C}$); предупреждать возможность падения отливок с верстаков, эстакад, стеллажей, козел и т.д.

Основными факторами, создающими опасность работы на обдирочно-шлифовальных станках, являются большая скорость вращения абразивных кругов и обильное выделение кварцевой и абразивной пыли. Превышение скорости вращения абразивных кругов, неправильная их установка на шпинделе станка создают в круге дополнительные напряжения, вызывающие образование трещин и его разрушение. Поэтому перед началом работы абразивные круги должны подвергаться испытанию. Проверка производится в течение 5 мин для кругов диаметров 150...475 мм и 3 мин для кругов диаметром свыше 500 мм. Старые и отреставрированные круги испытываются в течение 10 мин. На каждом проверенном круге должны делаться отметки об испытании.

На переносных пневматических обдирочных станках резкое увеличение скорости вращения абразивного круга может произойти из-за переувлажнения сжатого воздуха. Поэтому надо тщательно следить за влажностью сжатого воздуха и периодически осушать подводящие шланги. Опасность разрыва круга резко возрастает при его окружной скорости выше 55 м/с. Поэтому в процессе эксплуатации обдирочных станков необходимо следить за тем, чтобы не превышать этот параметр.

Абразивный круг на станке обязательно должен иметь предохранительный кожух, который закрывает всю нерабочую часть круга. Подвижный щиток кожуха устанавливается в зависимости от размеров обрабатываемой отливки, т.е. регулирует величину открытой части круга

При зачистке мелких отливок на стационарных абразивных станках следует строго следить за правильной установкой подручника. Зазор между абразивным кругом и подручником не должен превышать 1,5...2,5 мм, верхняя плоскость подручника должна находиться ниже горизонтальной оси круга на 2...5 мм. Не допускается работа на станках при отсутствии защитных экранов, защитных очков и вытяжной вентиляции.

Классификация дефектов отливок

7.1. и причины их возникновения

Согласно ГОСТ 15467–79 *качество отливок* — это «совокупность свойств отливок, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с их назначением».

Высокое качество отливок обеспечивается использованием современных технологических приемов их получения, а также методов технического контроля. Технический контроль в литейном производстве, являющийся важнейшим звеном в системе управления качеством отливок, охватывает широкий круг вопросов, связанных с контролем материалов, технологических процессов и готовых отливок.

Контроль качества связан с обнаружением различных дефектов.

Установлено пять групп дефектов: несоответствие по геометрии, дефекты поверхности, несплошности в теле отливки, включения, несоответствие по структуре (ГОСТ 19200–80).

Несоответствие по геометрии (рис. 7.1) включает следующие виды дефектов: 1 — недолив; 2 — неслитина; 3 — обжим; 4 — подутость; 5 — перекося; 6 — стержневой перекося; 7 — разностенность; 8 — стержневой залив; 9 — коробление; 10 — незалив; 11 — зарез; 12 — вылом; 13 — прорыв металла; 14 — уход металла. Рассмотрим некоторые дефекты, которые чаще всего встречаются при производстве отливок.

Недолив — дефект в виде неполного образования отливки вследствие частичного незаполнения полости литейной формы металлом при заливке. Основными причинами возникновения данного дефекта могут быть низкие температура и жидкотекучесть заливаемого металла, причем жидкотекучесть зависит не только от температуры и химического состава заливаемого сплава, но и от состава смеси, ее теплопроводности, газопроницаемости

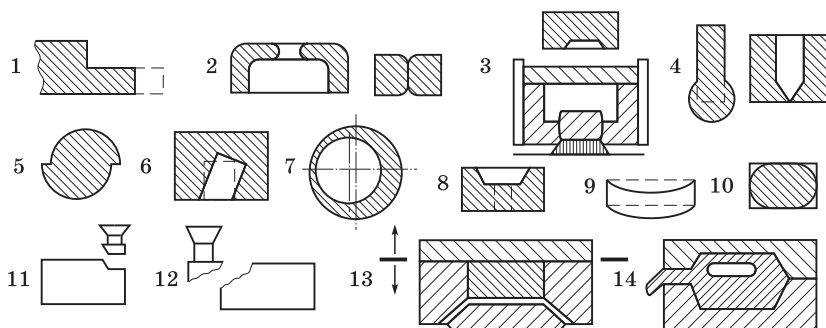


Рис. 7.1. Схематическое изображение дефектов отливок (несоответствие по геометрии)

и шероховатости поверхности, по которой течет металл. Недоливы получаются и при медленной заливке с прерыванием струи металла. Возможны недоливы и нетехнологичных отливок, особенно в том случае, когда в них имеются тонкие стенки, к которым невозможно подвести металл. Важное значение для получения бездефектных отливок имеет литниковая система. Так, при получении тонкостенных отливок необходимо обеспечить быстрое заполнение формы металлом, для чего сечение литниковой системы увеличивают на 10...20% по сравнению с расчетным. Недостаточное количество жидкого металла в ковше и плохое состояние модельно-опочной оснастки могут быть одной из причин образования данного дефекта. Дефекты, подобные недоливу, получаются при избыточном припыливании сырой формы противопригарными материалами, которые намываются металлом в определенные места формы, препятствуя заполнению их расплавом.

Неслитина — дефект в виде отверстия произвольной формы или сквозной щели с закругленными краями в стенке отливки, образовавшийся вследствие неслияния потоков металла при заливке. Данный дефект бывает в тонкостенных частях отливки и образуется при низких температуре, скорости заливаемого сплава и его жидкотекучести, неправильном подводе металла к отливке, нарушении технологических процессов заливки и изготовления формы. Деформация опок и подмодельных плит также может быть причиной образования неслитин вследствие искажения размеров элементов литниковой системы и геометрии отливки.

Подутость — дефект в виде местного утолщения отливки из-за расширения неравномерно или недостаточно уплотненной песчаной формы заливаемым металлом. Наиболее частые причины появления подутости — низкая прочность формовочной смеси, недостаточное ее уплотнение и высокое металлостатическое давление жидкого сплава.

Перекося — дефект в виде смещения одной части отливки относительно осей или поверхностей другой части по разъему формы, модели или опок. Основные причины перекося — неисправность оснастки (коробление опок в результате внутренних напряжений, выход из строя фиксирующих втулок и штырей в опоках и на подмодельных плитах), некачественная сборка форм.

Коробление — дефект в виде искажения конфигурации отливки под влиянием напряжений, возникающих при охлаждении, а также в результате нетехнологичности отливки или коробления модели. К короблению склонны нетехнологичные отливки с развитыми горизонтальными плоскостями, со стенками различной толщины, которые охлаждаются за разные промежутки времени. Температурный перепад увеличивается с возрастанием скорости охлаждения, поэтому преждевременная выбивка отливок из формы или их искусственное охлаждение увеличивает коробление отливок. Коробление может быть вызвано недостаточной податливостью форм и стержней, в результате чего возникают значительные внутренние напряжения. Неправильный подвод металла к полости формы может вызвать большой температурный перепад (особенно у длинных плоских деталей) и привести к деформации отливки. Причиной дефекта являются коробление и поломки модельно-опочной оснастки.

Вылом — дефект в виде нарушения конфигурации и размеров отливки при выбивке, обрубке, отбивке литников и прибылей, очистке и транспортировке. Основной причиной вылома являются механические повреждения в процессе выполнения различных операций.

Дефекты поверхности (рис. 7.2): 15 — пригар; 16 — спай; 17 — ужимина; 18 — нарост; 19 — залив; 20 — засор; 21 — плена; 22 — просечка; 23 — окисление; 24 — поверхностное повреждение; 25 — складчатость; 26 — грубая поверхность; 27 — газовая шероховатость.

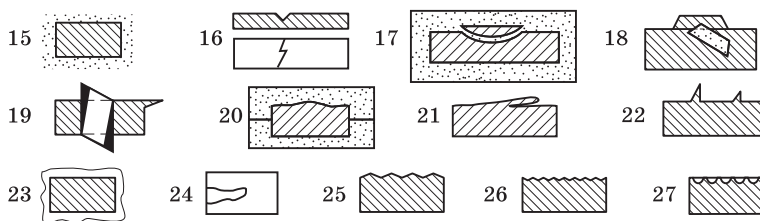


Рис. 7.2. Схематическое изображение дефектов поверхности отливок

Пригар — дефект в виде трудноотделяемого специфического слоя на поверхности отливки, образованного вследствие физического и химического взаимодействия формовочного материала с металлом и его оксидами. Причины и метода борьбы с пригаром подробно рассмотрены в ч. 1 данного учебника.

Спай — дефект в виде углубления с закругленными краями на поверхности отливки, образованного неполностью слившимися потоками металла. Спай возникает главным образом на тонких стенках отливки или на удаленных от питателей частях, куда металл поступает окисленным и охлажденным (обладает низкой жидкотекучестью). Трудно получить металл с неокисленной поверхностью, если в нем содержатся оксиды Al_2O_3 и Cr_2O_3 . Такой металл следует заливать с высокой скоростью, при которой происходит механическое разрушение пленок оксида. Причиной спая может быть и конструкция литниковой системы. Ее размеры должны обеспечивать быструю заливку. Особенно высокой должна быть скорость заполнения тонких вертикальных стенок отливки. Если заливку вести с прерывом струи, то спай может образоваться и на толстых стенках отливки. Количество дефектов увеличивается при использовании смесей с высокой теплоаккумулирующей способностью (хромитовые, оливиновые и др.). Плохое состояние опочно-модельной оснастки также может быть одной из причин дефекта.

Ужимина — дефект в виде углубления с пологими краями, заполненного формовочным материалом и прикрытого слоем металла, образовавшегося вследствие отслоения формовочной смеси при заливке. Как правило, ужимами образуются на больших плоских верхних поверхностях отливки. Основной причиной возникновения дефекта является расширение уплотненной формовочной и стержневой смесей. Дополнительными факторами

служат образующиеся в форме зоны с повышенной влажностью и малой прочностью, а также недостаточная пластичность формы при расширении под радиационным воздействием расплавленного металла. Высокая влажность, переуплотнение и недостаточная газопроницаемость формы или стержня, а также высокая температура заливаемого металла способствуют образованию ужимин.

Залив — дефект в виде металлического прилива или выступа, возникающего вследствие проникновения жидкого металла в зазор по разъемам формы, стержней либо по стержневым знакам. Этот дефект возникает при использовании неисправной модельно-опочной оснастки, деформации формы в процессе ее изготовления, недостаточном уплотнении смеси, когда при транспортировке и сборке смесь может доуплотняться с образованием зазора в плоскости разъема. Заливы образуются при несоответствии размеров знаковых частей стержня и формы. Недостаточно пластичные глина или прокладочные жгуты (шнуры), применяемые для предотвращения ухода металла, могут вызвать заливы. Причиной образования дефекта является и слабое крепление или недостаточная загрузка формы.

Засор — дефект в виде формовочного материала, захваченного потоками жидкого металла и внедрившегося в поверхностные слои отливки. Главная причина образования засора — размыв литейной формы. Размыв формы уменьшается при качественном уплотнении формы и использовании смесей, обладающих большей прочностью, а также применении противопригарных красок. К засорам приводит небрежная отделка и сборка форм, когда в полости формы остается смесь, неровности в элементах литейной системы и т.п.

Несплошности в теле отливки (рис. 7.3, а): 28 — горячая трещина; 29 — холодная трещина; 30 — межкристаллическая трещина; 31 — газовая раковина; 32 — ситовидная раковина; 33 — усадочная раковина; 34 — песчаная раковина; 35 — шлаковая раковина; 36 — залитый шлак; 37 — графитовая пористость; 38 — усадочная пористость; 39 — газовая пористость; 40 — рыхлота; 41 — непровар жеребеек; 42 — вскип; 43 — утяжина.

Горячая трещина — дефект усадочного происхождения в виде разрыва или надрыва тела отливки, возникшего в интервале

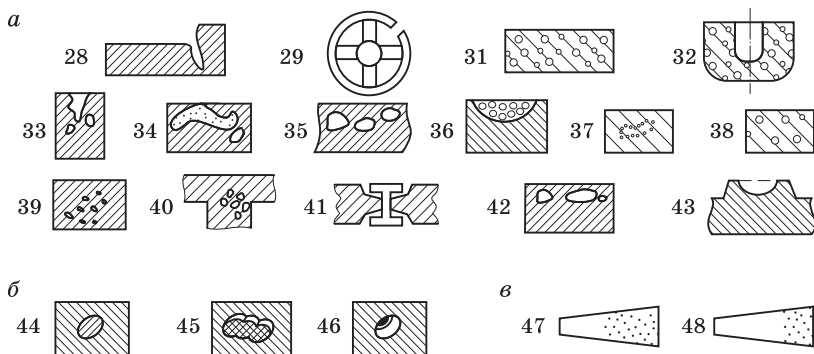


Рис. 7.3. Схематическое изображение дефектов:

а — несплошности в теле отливки; б — включения; в — несоответствие по структуре

температур затвердевания. Горячая трещина образуется по границам кристаллов при кристаллизации сплава, когда напряжения в отливке превышают прочность металла. Она имеет неровную окисленную поверхность, на которой иногда видны дефекты. Особенно подвержены горячим трещинам отливки из стали и белого чугуна. Причинами образования этого дефекта могут быть: нетехнологичность отливки, когда имеется сочетание толстых и тонких сечений; недостаточная податливость стержней и отдельных элементов формы, препятствующая усадке металла; высокая температура заливаемого металла; преждевременная выбивка отливки из формы.

Холодная трещина — дефект в виде разрыва тела затвердевшей отливки вследствие внутренних напряжений или механического воздействия. Обычно холодная трещина имеет чистую светлую или цвета побегалости зернистую поверхность и образуется в широком интервале температур (от температуры эвтектоидного превращения до полного охлаждения отливки). Дефект может образоваться при транспортировке, хранении и механической обработке отливок. Большое влияние на образование холодных трещин оказывает эвтектоидное превращение, при котором могут возникнуть напряжения, совпадающие по знаку с термическими напряжениями. Кроме того, причинами данного дефекта могут быть нетехнологичность отливки и неправильная технология ее изготовления. Холодные трещины возникают при нару-

нении режима охлаждения отливки после выбивки и от механических повреждений.

Газовая раковина — дефект в виде полости, образованной выделившимся из металла или внедрившимся в металл газом. Причиной, вызывающей внедрение в металл газов из литейной формы, является высокое газовое давление, которое превышает поверхностное натяжение жидкого металла или прочность корки, образовавшейся на поверхности незакристаллизовавшейся отливки. Причинами дефекта могут быть газы, которые выделяются из жидкого металла при его охлаждении. В заливаемом сплаве газы могут появиться при использовании некачественных шихтовых материалов, непросушенных разливочных ковшей и в случае неправильной конструкции литниковой системы, что приводит к механическому захвату воздуха жидким металлом при его движении по литниковым каналам.

Усадочная раковина — дефект в виде открытой или закрытой полости с грубой шероховатостью, иногда окисленной поверхностью, образовавшейся вследствие усадки при кристаллизации металла. Основные причины образования усадочных раковин — нетехнологичность отливки и высокая температура заливаемого металла. Кроме того, образование усадочной раковины может быть вызвано примесями в металле (особенно фосфора). Нарушение режима охлаждения отливки в форме также может быть причиной образования данного дефекта.

Песчаная раковина — дефект в виде полости, полностью или частично заполненной формовочным материалом. Этот дефект возникает при слабом уплотнении формы или стержня, низкой прочности и высокой осыпаемости применяемых смесей, нарушении режима сушки форм и стержней, а также некачественной их сборке. Причинами дефекта могут быть плохое состояние модельной оснастки, неправильная конструкция литниковой системы, механические повреждения литейной формы.

Шлаковая раковина — дефект в виде полости, полностью или частично заполненной шлаком. Основной причиной образования шлаковой раковины является проникновение шлака в форму при заливке жидкого металла. Это происходит в результате попадания в литейный ковш большого количества печных шлаков, образования вторичных шлаков при некачественной подготовке заливочных ковшей, а также при использовании литниковой системы,

не обеспечивающей задержания шлаков. Дефект может образоваться и при внутриформенном модифицировании сплава.

Усадочная пористость — дефект в виде мелких пор, образовавшихся вследствие усадки металла во время его кристаллизации при недостаточном питании отливки. Причинами образования дефекта могут быть неправильный выбор материала отливки, нетехнологичность детали, заливка формы сильно перегретым металлом, содержание в сплаве большого количества фосфора, а также то, что литниковая система не обеспечивает подпитку металлом в процессе кристаллизации сплава.

Газовая пористость — дефект в виде мелких пор, образовавшихся в отливке в результате выделения газов из металла при его кристаллизации. Дефект образуется при высокой газонасыщенности жидкого металла, высокой влажности и низкой газопроницаемости формы и стержня, низкой температуре заливаемого металла. Газовая пористость может быть и результатом неправильно разработанной технологии получения отливки.

Вскип — дефект в виде скопления раковин и наростов, образовавшихся вследствие интенсивного испарения влаги в местах переувлажнения литейной формы или проникновения газов из стержней в полость литейной формы. Основная причина дефекта — высокое содержание влаги в форме, обусловленное некачественной подготовкой формовочных и стержневых материалов и смесей, применением гигроскопичных связующих материалов, краской форм и стержней без последующей ее подсушки, длительным хранением формы перед заливкой. Вскип образуется при использовании влажных, окисленных холодильников. Неправильно разработанная конструкция стержней, не обеспечивающая отвода образовывавшихся газов, высокая газотворность используемых смесей также являются причинами вскипа форм.

В к л ю ч е н и я (рис. 7.3, б): 44 — металлическое включение; 45 — неметаллическое включение; 46 — королек.

Металлическое включение — дефект в виде инородного металла, имеющего поверхность раздела с отливкой. Он образуется при неполном растворении в расплаве отливки металлических примесей, вводимых в ковш или литейную форму для легирования либо модифицирования сплава, жеребеек и внутренних холодильников.

Неметаллическое включение — дефект в виде неметаллической частицы, попавшей в металл механическим путем или образовавшейся вследствие химического взаимодействия компонентов шихты. Неметаллические включения в отливках образуются из-за примесей в шихте во время плавки, внепечной обработки и разливки металла. Это могут быть сульфиды, оксиды и в меньшей степени нитриды.

Королек — дефект в виде окисленного шарика металла, отдельно застывшего и не сплавившегося с отливкой, образованного брызгами при неправильной заливке. Дефект образуется в начале заливки при разбрызгивании струи металла из-за неисправности заливочного ковша или большой высоты струи. Наличие корольков отмечается и при использовании форм с повышенной влажностью, ковшей с недосушенной футеровкой.

Несоответствие по структуре (рис. 7.3, в): 47 — отбел; 48 — половинчатость; ликвация.

Отбел — дефект в виде твердых, плохо поддающихся механической обработке мест в различных частях отливки из серого чугуна, образованных скоплением структурно-свободного цемента. Основные причины дефекта — отклонения от заданного состава чугуна (низкое содержание C и Si, присутствие Te, Bi, Sb и др.) и нарушение процесса охлаждения отливки (высокая скорость охлаждения).

Половинчатость — дефект в виде проявления структуры серого чугуна в отливках из белого чугуна. Причиной половинчатости может служить наличие в шихте примесей Ca, Al, большого количества Si и C, являющихся графитизирующими модификаторами. Кроме того, источниками образования дефекта являются медленное охлаждение отливки и необоснованные размеры применяемых холодильников.

Ликвация — дефект в виде местных скоплений химических элементов или соединений в теле отливки, возникающий в результате избирательной кристаллизации при затвердевании.

Различают дендритную (внутрикристаллическую) ликвацию и ликвацию по плотности. Для предотвращения образования дендритной ликвации необходимо медленное охлаждение отливки, чтобы получить однородные кристаллы твердого раствора. Для устранения ликвации по плотности, наоборот, требуется повышенная скорость охлаждения, предотвращающая неоднородность сплава.

Классификация и физические основы 7.2. методов контроля

Виды технического контроля. В комплексной системе управления качеством продукции литейного производства важное место принадлежит организации технического контроля.

Согласно ГОСТ 16504–81 *технический контроль* предусматривает проверку соответствия продукции или процесса, от которого зависит ее качество, установленным техническим требованиям. Эти требования содержатся в стандартах предприятия, технических условиях, чертежах, технологических картах, производственных инструкциях и других документах.

Объектами контроля могут быть исходные материалы, технологическая оснастка и оборудование, литейные формы и стержни, готовые отливки.

Своевременное обнаружение отклонения от документально установленных норм в объектах контроля является главной задачей технического контроля. Она решается на всех этапах процесса производства и потребления отливок.

В зависимости от этапа производства технический контроль подразделяется на входной, операционный и приемочный.

Входной контроль — это контроль сырья, материалов, поступающих с других предприятий или участков для изготовления основной продукции. Технология входного контроля включает операции по отбору проб, проведению их анализа и определению соответствия продукции установленным нормам. Входной контроль сырья и материалов производится не позднее 2 сут. после их поступления на склад. При обнаружении серьезных отклонений от норм проводится повторный анализ продукции. Если повторные пробы подтверждают несоответствие качества, то оформляется «Акт о приостановке приемки продукции по качеству», о чем сообщается поставщику.

Операционный контроль осуществляется во время выполнения или завершения технологической операции. Наиболее современным и прогрессивным его видом является активный контроль, который осуществляется непосредственно в процессе изготовления

отливок с помощью приборов, встроенных в технологическую цепочку. Самая совершенная форма организации активного контроля — создание автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Номенклатура параметров технологических процессов и режимов работы, подлежащих контролю и регулированию, зависит от типа процесса, применяемого оборудования и должна охватывать технически необходимое и экономически целесообразное их количество. Так, при работе автоматической формовочной линии контролю и регулированию подлежат следующие параметры: уровень смеси в бункерах, температура моделей, время и давление уплотнения, твердость форм, целостность отпечатка формы, правильность установки стержней, качество сборки форм, температура заливаемого сплава, заполнение формы расплавленным металлом и др. Количество таких параметров колеблется в широких пределах и может достигать до 200.

Приемочный контроль проводится на готовых отливках по завершении всех технологических операций. По результатам приемочного контроля принимается решение о соответствии отливок техническим требованиям. При контроле отливок используются различные методы, которые выбираются исходя из контролируемых параметров.

В зависимости от полноты охвата техническим контролем устанавливают следующие виды контроля: сплошной, выборочный, непрерывный, периодический, летучий.

При *сплошном контроле* решение о качестве продукции принимается по результатам проверки всех материалов, операций и отливок. Применение такого контроля не всегда экономически целесообразно вследствие его большой трудоемкости.

Выборочный контроль позволяет принять решение о качестве всей партии по результатам проверки нескольких, выбранных наугад объектов контроля. Такой контроль обработки данных, осуществляемый с применением теории вероятностей и математической статистики, называется *статистическим*. При этом анализируется технологический процесс и по результатам анализа осуществляется его регулирование.

Непрерывный контроль предполагает проверку стабильности технологических процессов. Он осуществляется, как правило, автоматическими или полуавтоматическими средствами.

При отлаженном производстве и стабильных технологических процессах применяется *периодический контроль*.

Летучий контроль — периодический внезапный контроль качества нескольких форм, стержней, отливок и т.п. Правила обеспечения «внезапности» устанавливаются стандартами предприятия.

В литейных цехах существует *инспекционный контроль*, при котором проводится повторная выборочная проверка материалов, изделий и т.п., принятых и отклоненных контролерами и мастерами ОТК. Контроль этого вида осуществляется специальной комиссией, состоящей из квалифицированных специалистов, не реже одного раза в месяц; он назначается начальником ОТК или главным инженером предприятия.

Контроль химического состава сплава. Такой контроль особенно актуален по ходу плавки, что позволяет своевременно корректировать состав сплава, исключая практически полностью группу дефектов — несоответствие по структуре. В последние годы разработаны экспресс-методы контроля химического состава сплавов и созданы уникальные приборы, обеспечивающие высокую точность результатов, получаемых за короткий промежуток времени.

Многоканальный эмиссионный спектрометр ДФС-71 предназначен для спектрального экспресс-анализа черных и цветных сплавов на наличие всех легирующих элементов и примесей, включая серу, фосфор, углерод. Диапазон измерения концентраций находится в пределах от 0,0001% до десятков процентов. Время измерения — от 10 до 40 с.

Прибор «Литис» для термографического анализа чугунов и цветных сплавов является универсальным компьютерным устройством, позволяющим определять следующие параметры:

- для всех сплавов — температуру ликвидуса, температуру солидуса, температуру метастабильного солидуса, величину переохлаждения;

- для чугунов — содержание углерода, кремния, марганца, хрома, серы, фосфора, углеродный эквивалент, степень эвтектичности, предел прочности при разрыве в сером чугуне, твердость (НВ), коэффициент графитизации чугуна, степень сфероидизации графита;

- для алюминиевых сплавов — содержание меди, марганца, магния, кремния, железа.

Продолжительность определения параметров составляет 4...5 мин, что позволяет улучшать качество расплавленного металла до начала процесса литья.

Контроль температуры. Применяемые методы измерения температуры расплава подразделяются на контактные и бесконтактные. *Контактные методы* измерения температуры осуществляются с помощью термопар и термометров сопротивления, а *бесконтактные* — цветовыми, яркостными и радиационными пирометрами.

Термопары изготавливаются из различных материалов, выбор которых зависит от диапазона измеряемых температур. Медьконстантановая термопара используется для измерения температур в диапазоне 200...300 °С, железоконстантановая — 0...800 °С, хромель-алюмелевая — 200...1000 °С, хромель-константановая — 200...1000 °С. Для измерения более высоких температур используются сплавы платины с родием — платинородиевые, диапазон измерения — 200...1800 °С, платина-платинородиевые — 0...1600 °С. Термопарами, изготовленными из вольфрама, молибдена, рения или сплавов этих материалов, можно измерять температуру до 3000 °С. Наиболее стабильными являются вольфрам-рениевые термопары, которые позволяют измерять температуру до 3000 °С.

На базе некоторых вышеперечисленных термопар разработаны термоизмерители. Приборы серии ТЦП-1300 являются цифровыми термометрами для работы с термопарами типа хромель-алюмель. Термоизмеритель ТЦП-1800В предназначен для измерения температуры расплавов металла с помощью вольфрам-рениевого термоэлектрического преобразователя.

Бесконтактные методы позволяют определять температуру в диапазоне 100...2500 °С в зависимости от принципа работы пирометра.

Цветовые пирометры работают в красном и синем диапазонах длин волн. Пирометры ЦЭП-3М и ЦЭП-4 позволяют измерять температуру в пределах 1400...2000 °С с ошибкой измерения $\pm 1,5\%$.

Яркостными пирометрами измеряют температуру от 800 до 2400 °С, т.е. в диапазоне видимого излучения, с точностью $\pm 3\%$. В производстве применяются яркостные пирометры марок ОППИР-09, ОППИР-017, ИКМ-10 для определения температуры металла в индукционных печах и разливочных ковшах.

В последнее время получают распространение радиационные пирометры, у которых нижний предел измеряемой температуры составляет 20...50 °С. Пирометры данного типа измеряют

полный лучистый поток по всем длинам волн. Приемниками излучения служат одиночные термопары или термопары, собранные в термобатареи термосопротивления и полупроводниковые пирозлектрические детекторы.

В производстве наиболее известен пирометр марки РАПИД, позволяющий измерять температуру в диапазоне 100...2500 °С с погрешностью ± 8 °С.

Контроль качества отливок. В настоящее время существуют разрушающие и неразрушающие методы контроля. При *методах разрушающего контроля*, применяемых обычно при освоении новой технологии или при выборочной проверке в массовом производстве, количество разрушенных деталей может достигать 20...25% от партии. Такое большое количество обусловлено тем, что необходимо изготавливать образцы для механических и металлографических испытаний после литья, термической, механической и окончательной термической обработки и т.д.

Избежать больших потерь времени и материальных затрат позволяет использование *методов неразрушающего контроля* (МНК). Они подразделяются на акустические, оптические, радиационные, радиоволновые, магнитные, капиллярные, тепловые, течеискания, электрические и электромагнитные.

Выбор МНК производится в зависимости от контролируемых параметров отливок, технических требований к качеству, технических возможностей и т.п.

Рассмотрим физическую суть различных методов, их возможности и рекомендации по применению МНК.

Визуально-оптический контроль. Это первый этап проверки качества литья. Внешний осмотр отливки невооруженным глазом производится непосредственно после выбивки ее из формы и последующей обработки. Он позволяет выявлять сравнительно крупные объемные дефекты, выходящие на поверхность отливки: недоливы, неслитины, обжим, подутость, перекося, стержневой перекося, стержневой залив, прорыв металла, спай, ужимины, наросты, заливы, просечки, вылом, широкие трещины, поверхностные газовые раковины, утяжины, пригар и др. Внешний осмотр является обязательным перед проведением дорогостоящих исследований.

При правильном освещении человеческий глаз может различать дефект размером не менее 0,15 мм на расстоянии 250 мм. Для

обнаружения более мелких дефектов, выходящих на поверхность отливки, применяют лупы, бинокулярные микроскопы, эндоскопы с различной кратностью увеличения. Для контроля чистоты поверхности отливок используют профилографы и профилометры.

Профилографы позволяют измерять высоту микронеровностей и фиксируют их профиль. Приборы эти дорогие и применяются в случае получения уникальных отливок с определенным профилем микронеровностей.

Профилометры используются значительно чаще и для более широкой номенклатуры отливок. В литейном производстве применяются пьезоэлектрические и пневматические профилометры. В пьезоэлектрическом профилометре образец или деталь перемещается относительно стационарной измерительной иглы. Колебания иглы преобразуются с помощью пьезоэлемента в электрический сигнал, пропорциональный высотам микронеровностей изучаемой поверхности, который усиливается и фиксируется прибором. Работа пневматических профилометров основана на пропускании воздуха в зазор между зеркальной поверхностью колпака и шероховатой поверхностью отливки. Чем больше высота микронеровностей на отливке, тем выше расход воздуха.

Радиационная дефектоскопия. Любой из известных методов контроля с помощью проникающего излучения, т.е. методов радиационной дефектоскопии, предполагает обязательное использование как минимум трех основных элементов: источника ионизирующего излучения, контролируемого объекта (отливки) и детектора, регистрирующего дефектоскопическую информацию. Методы радиационной дефектоскопии основаны на том, что при прохождении ионизирующего излучения через контролируемый объект происходит ослабление интенсивности лучей. Степень ослабления зависит от толщины и плотности материала объекта. Чем толще и плотнее материал, тем меньше интенсивность прошедших через объект лучей. На рис. 7.4 изображена схема изменения интенсивности лучей, пропускаемых через отливку, в зависимости от толщины изделия и наличия внутренних дефектов. Выходящий из отливки пучок лучей разной интенсивности содержит дефектоскопическую информацию о наличии или отсутствии дефектов.

Способы регистрации интенсивности излучения подразделяются на три группы: радиографический, радиоскопический, радиометрический.

При *радиографическом способе* изображение просвечиваемой отливки фиксируется на специальной фотопленке или ксерографической пластине. При регистрации на фотопленке степень ее почернения тем больше, чем выше интенсивность проникающего излучения.

Метод регистрации изображения на пленке позволяет определять глубину залегания дефекта. Для этого производят повторное просвечивание отливки со смещением источника излучения на величину b (рис. 7.5). Глубина залегания дефекта x определяется по формуле

$$x = \frac{La}{b+a} - c,$$

где L — расстояние от источника излучения до фотопленки; a — величина смещения изображения дефекта на пленке; c — расстояние от изделия до фотопленки.

При просвечивании деталей, имеющих большие перепады сечений, на рентгенограмме получаются участки с различной степенью почернения, что затрудняет выявление дефекта. В этих случаях для выравнивания степени почернения рентгенограммы применяют компенсаторы — жидкие, пластичные и твердые.

При использовании жидких компенсаторов (рис. 7.6) отливку помещают в сосуд из алюминия, органического стекла или пластмассы и заливают компенсационной жидкостью до наивысшей точки отливки.

Для отливок из алюминиевых сплавов в качестве компенсатора хорошо зарекомендовал себя раствор 0,035 кг хлористого

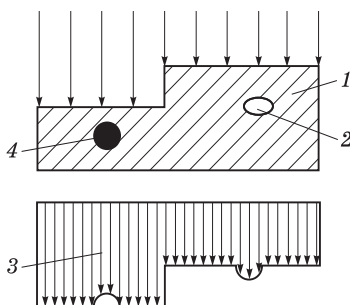


Рис. 7.4. Схема изменения интенсивности лучей, пропускаемых через отливку: 1 — контролируемый объект; 2 — раковина; 3 — эпюра интенсивности излучения за объектом; 4 — плотное включение

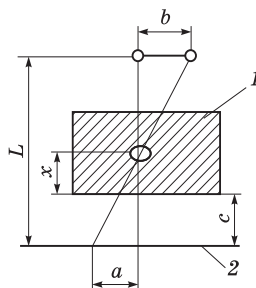


Рис. 7.5. Просвечивание отливки с перемещением источника излучения:

1 — отливка; 2 — фотопластина

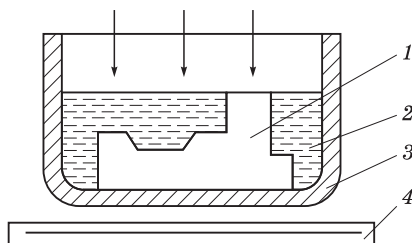


Рис. 7.6. Схема использования жидкого компенсатора:

1 — отливка; 2 — компенсационная жидкость; 3 — сосуд; 4 — фотопленка

бария в $1 \cdot 10^{-4}$ м³ воды, а для сплавов железа — раствор 0,15 кг йодистого бария в $1 \cdot 10^{-4}$ м³ воды.

Твердые компенсаторы изготавливают из того же металла, что и отливку, но неплотное его прилегание к контролируемому объекту часто затрудняет расшифровку рентгенограмм. Поэтому наиболее целесообразно пользоваться пластичными компенсаторами, состоящими из смеси пластилина или воска с мелкодисперсным порошком свинцового сурика либо сернокислого бария.

Недостатком метода регистрации изображения на фотопленке является низкая производительность, поэтому лучше использовать ксерографию, которая обладает рядом преимуществ. Это быстрота получения ксерограммы, что важно при проведении экспресс-анализа, и многократность использования ксерографической пластины (до 500–2000 экспозиций). Ксерографическая пластина — это фотопроводниковая (обычно селеновая) заряженная пластина, чувствительная к излучению. Под действием рентгеновского излучения селен становится проводником, в результате чего происходит утечка заряда с поверхности пластины. Чем больше интенсивность воздействия излучения на пластину, тем быстрее она разряжается. При просвечивании отливки, помещенной над ксерографической пластиной, на пластине образуется скрытое электростатическое изображение внутреннего строения объекта. Оно проявляется при нанесении на пластину специального мелкого порошка, частицы которого притягиваются к пластине оставшимся на ней электрическим зарядом.

Радиоскопия — метод получения на экране видимого изображения просвеченного объекта. Лучи, пройдя отливку, попадают на флюороскопический экран, защищенный свинцовым стеклом,

где возникает позитивное изображение объекта. Трещины, раковины и другие дефекты выявляются на экране как более светлые линии и участки.

Радиометрический контроль (рис. 7.7) заключается в измерении интенсивности узкого пучка излучения за объектом с помощью газоразрядных счетчиков или ионизирующих камер.

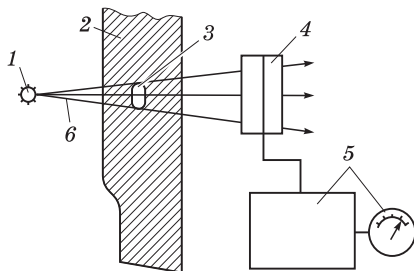


Рис. 7.7. Общая схема радиометрического контроля:

1 — источник излучения; 2 — просвечиваемый объект; 3 — дефект в отливке; 4 — ионизирующая камера; 5 — индикатор с усилителем; 6 — пучок излучения (рентгеновских лучей)

При попадании ионизирующего излучения в ионизационную камеру происходит ионизация газа и между электродами в камере возникает ток. Степень ионизации газа, а следовательно, и сила тока зависят от интенсивности лучей за объектом. При наличии в отливке дефекта интенсивность лучей возрастает, что фиксируется индикатором.

В зависимости от типа источника ионизирующего излучения различают: рентгенодефектоскопию, гамма-дефектоскопию и бетатронную дефектоскопию.

Рентгенодефектоскопия осуществляется с помощью рентгеновских лучей, представляющих собой электромагнитные волны длиной от 0,00006 до 1 нм. Контроль проводится на специальных рентгеновских аппаратах стационарного, передвижного и переносного типа, основным элементом которых является рентгеновская трубка.

Гамма-дефектоскопия осуществляется с помощью гамма-лучей, которые представляют собой электромагнитные волны, длина которых составляет 0,0001...0,004 нм. Поскольку длина

волны гамма-лучей короче длины волны рентгеновских лучей, то и проникающая способность гамма-лучей выше. В качестве радиоактивных изотопов используются искусственные радиоактивные вещества — кобальт-60, цезий-137, иридий-192 и др. Гамма-дефектоскопия имеет ряд преимуществ перед рентгенодефектоскопией:

- возможность просвечивания стальных отливок толщиной более 300 мм;
- отсутствие необходимости в источнике внешней энергии;
- более простая конструкция и меньшая стоимость установки;
- возможность расположения источника излучения в труднодоступных местах изделия;
- одновременное просвечивание нескольких отливок, расположенных по кругу.

К недостаткам метода следует отнести трудность выявления мелких дефектов и необходимость надежной защиты от воздействия радиоактивного излучения.

Работа *бетатронных дефектоскопических устройств* принципиально аналогична работе рентгеновских установок, но отличается системой ускорения электронов. Бетатроны позволяют просвечивать детали из стали толщиной до 450 мм.

Применение методов радиационной дефектоскопии возможно для обнаружения раковин, пористости, рыхлот, трещин, спаев, включений, ликвации элементов в структуре.

Ультразвуковой (УЗ) контроль применяется для выявления внутренних дефектов, определения их координат и размеров, измерения толщины стенок, косвенной оценки формы и величины графитовых включений (по изменению скорости распространения УЗ-волн в отливке).

Используемые в дефектоскопии УЗ-волны представляют собой упругие колебания с частотой $2(10^4 \dots 10^9)$ Гц, возбуждаемые в материале объекта.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на принципе приема ультразвуковых импульсов, отраженных от границы металл — дефект, или на регистрации интенсивности пучка УЗ-колебаний, прошедшего через материал.

Существует несколько методов УЗ-дефектоскопии: эхоимпульсный, теневой, резонансный, велосиметрический, импедажный и др. Наиболее распространены эхоимпульсный и теневой методы.

При *теновом методе* применяются две искательные головки — излучающая и приемная, расположенные по разные стороны изделия. Дефект, встречающийся на пути лучей, образует акустическую тень (что и дало название методу). При этом методе регистрируются ослабленный и задержанный сигналы (при огибании дефекта удлиняется путь УЗ-волны).

Для создания надежного акустического контакта между излучателем и поверхностью отливки необходимо использовать контактные жидкости (вода, машинные и трансформаторные масла, солидол, глицерин, а также многокомпонентные жидкости). Однако создание контактного слоя на литой поверхности не всегда возможно. В этих случаях рекомендуется использовать иммерсионный и струйный методы контроля.

При *иммерсионном методе* (рис. 7.9) отливку 3 и искательную головку 2 помещают в резервуар с жидкостью 1. В данном случае могут быть использованы различные жидкости, но наиболее доступная и дешевая — вода с противокоррозионными присадками. На экране ЭЛТ возникает начальный импульс 4, зондирующий импульс 5 от поверхности изделия и донный импульс 6.

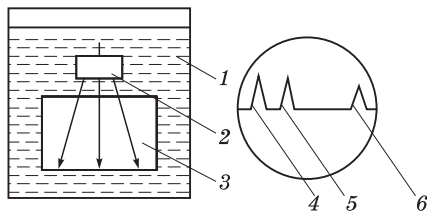


Рис. 7.9. Схема иммерсионного метода

При *струйном методе* плотный контакт головки с отливкой обеспечивается с помощью водяной струи, подаваемой в специальную насадку, в которой находится искательная головка. Этот метод применяется при контроле больших поверхностей отливок.

Методами ультразвукового контроля можно обнаружить локальные дефекты: усадочные, газовые и шлаковые раковины, холодные и горячие трещины, пористость и др. Ультразвуковой контроль можно рекомендовать для проверки формы графита

в отливках из высокопрочного чугуна вместо металлографического анализа.

Магнитные методы контроля. Магнитная дефектоскопия основана на возникновении поля рассеивания над дефектом намагниченного ферромагнитного изделия (рис. 7.10). На характер и величину поля рассеивания влияют такие переменные факторы, как напряженность намагниченного поля; магнитные свойства материала; размеры и форма контролируемого изделия; размер, форма, место и направление расположения дефекта.

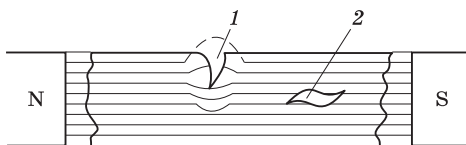


Рис. 7.10. Схема образования магнитного поля над дефектом:
1 — дефект, расположенный поперек магнитных силовых линий;
2 — дефект, расположенный вдоль магнитных силовых линий

Намагничивание осуществляется в магнитном поле, образуемом вокруг проводника с током (циркулярное или круговое намагничивание), между полюсами магнита или соленоида (продольное намагничивание) либо комбинированным способом.

Магнитные методы позволяют обнаруживать поверхностные трещины и поверхностные несплошности, расположенные на небольшой глубине. Дефект 1 хорошо выявляется в том случае, если он расположен поперек магнитных силовых линий. Если продольная плоскость дефекта 2 составляет с магнитным потоком угол менее 20° , то дефект обнаружить очень сложно, так как в данном случае он не является существенной преградой для магнитного потока. Поэтому рекомендуется производить намагничивание в двух взаимно перпендикулярных направлениях или комбинировать продольное и циркулярное намагничивание.

Для регистрации полей рассеивания применяют магнитопорошковый, магнитографический и другие методы.

При *магнитопорошковом методе* на контролируемые участки наносят ферромагнитные частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе или в суспензии (водяной, масляной либо керосиново-масляной). В качестве ферромагнитного порошка

применяют закись железа, оксид железа или его смесь с алюминиевой (цинковой) пылью.

Разновидностью магнитопорошкового метода является *магнитно-люминесцентный*, при котором применяют светящийся в ультрафиолетовых лучах порошок из смеси закиси и оксида железа с флуоресцирующим люминофором и с добавлением связующего лака.

Магнитопорошковый метод позволяет выявлять трещины шириной 0,001 мм и глубиной 0,01 мм и более.

Магнитографический метод контроля заключается в записи магнитных полей рассеивания на магнитную ленту, прижатую к поверхности изделия, с последующей расшифровкой полученной записи.

Капиллярные методы контроля. Они используются для обнаружения поверхностных дефектов типа трещин, рыхлот, спаев, раковин и других в отливках из любого материала.

Суть капиллярных методов заключается в нанесении на контролируемую поверхность отливки (предварительно очищенную и обезжиренную) специальных смачивающих жидкостей, которые под действием капиллярных сил заполняют полости выходящих на поверхность дефектов. Дефекты выявляют путем обнаружения либо жидкости, оставшейся в дефектах после удаления ее с поверхности, либо скопления частиц порошка, взвешенного в жидкости и отфильтрованного на краях дефектов при заполнении полости дефекта жидкостью. Оставшуюся в дефектах жидкость обнаруживают после нанесения проявителя, который поглощает жидкость, образуя индикаторный рисунок. Скопление порошка обнаруживают без применения проявляющегося вещества.

К основным капиллярным методам дефектоскопии относят яркостный (керосиновая проба), цветной (метод красок), люминесцентный, люминесцентно-цветной, метод фильтрующихся частиц.

При *яркостном методе* в качестве проникающей жидкости используется керосин или смесь из 85% (по объему) керосина и 15% минерального масла, а в качестве проявителя — мел, который применяют в виде порошка или суспензии. Проникающая жидкость, просачиваясь в слой мела, вызывает его потемнение, образуя яркостный контраст с фоном. Данный метод рекомендуется

для контроля герметичности отливок, так как обладает невысокой чувствительностью.

Более высокой чувствительностью характеризуется *цветной метод*, при котором в проникающую жидкость добавляют красный краситель, а проявляющую смесь в виде тонкого белого слоя наносят кисточкой или путем напыления. В месте дефекта образуется хорошо видимый на белом фоне индикаторный рисунок красного цвета.

При *люминесцентном методе* используется флуоресцирующая проникающая жидкость. В местах дефекта при облучении ультрафиолетовыми лучами появляется яркое свечение темно-зеленого, голубовато-зеленого, оранжевого или красного цвета (в зависимости от состава проникающей жидкости).

Люминесцентно-цветной метод (проявляющий раствор — белая нитроэмаль) рекомендуется для контроля ответственных отливок с хорошо обработанной поверхностью.

Метод фильтрующихся частиц используется, как правило, для контроля пористых материалов.

Капиллярные методы обладают высокой чувствительностью и позволяют обнаруживать трещины с шириной раскрытия более 0,001 мм, глубиной более 0,01 мм и длиной более 0,1 мм.

Электромагнитные методы. Эти методы используют для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов (трещин, раковин, пор, включений, плен), определения структуры, оценки глубины поверхностно упрочненных слоев в отливках и для других целей.

Метод падения потенциала применяют для определения глубины трещины в отливке с целью ее удаления при последующей механической обработке. Для этого по обеим сторонам исследуемой трещины устанавливают по два электрода на небольшом расстоянии друг от друга (рис. 7.11).

Через крайние электроды пропускают ток I , сила которого зависит от ЭДС источника тока и сопротивления в цепи крайних электродов, на которое влияет глубина трещины, постоянство силы

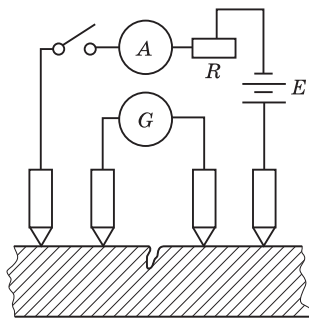


Рис. 7.11. Принципиальная схема дефектоскопа, работающего по методу падения потенциала

тока I достигается регулированием сопротивления R . Напряжение между внутренними электродами $U = Ir_1$ (здесь r_1 — сопротивление участка отливки между внутренними электродами). Чем глубже трещина, тем больше сопротивление r_1 и напряжение на участке между внутренними электродами. Градуировка прибора производится на образцах с искусственными трещинами.

Методы контроля на герметичность. Они включают пневматические, гидравлические и галоидно-газовые испытания.

При *пневматических испытаниях* в полость отливки подают воздух под давлением (обычно 1,0...1,2 от рабочего) и помещают в водяную ванну. Имеющиеся дефекты обнаруживают по пузырькам воздуха, выделяющимся из отливки.

При *гидравлических испытаниях* полость отливки заполняют водой под давлением (обычно в 2 раза превышающим рабочее). При более жестких испытаниях можно использовать керосин.

Высокой чувствительностью обладают методы выявления неплотностей с помощью *галоидных* и *гелиевых течеискателей*. Для выявления дефектов в загерметизированную полость отливки, подлежащей контролю, закачивают до незначительного избыточного давления воздух в смеси с галоидным газом или чистый гелий. Выходящий через неплотности газ фиксируют с помощью специального щупа, медленно передвигаемого по поверхности отливки. Засасываемый в щуп газ проходит между электродами, один из которых (анод) нагрет до температуры 800...900 °С. Ионы галоидного газа или гелия, попадая в межэлектродное пространство, резко увеличивают ионный ток, который фиксируется стрелочным индикатором.

Новые методы неразрушающего контроля. В последние годы для контроля качества отливок начали применять лазерные и томографические методы. При *лазерном методе* флуоресцентное вещество разбрызгивается на детали, и после удаления излишков и высыхания вещества отливки освещаются лазером. Темно-синий цвет лазера вызывает ярко-желтый цвет флуоресцентного вещества, находящегося на поверхности дефекта. Установка может работать в автоматическом режиме, а фиксирование дефектных деталей осуществляется фотоумножителями. Метод применяется для обнаружения дефектов, выходящих на поверхность отливки.

Томография позволяет делать снимок слоя, лежащего на определенной глубине контролируемого изделия. Получение послойного снимка основано на просвечивании объекта рентгеновскими лучами по многим направлениям при взаимном перемещении источника излучения, объекта и измерителя интенсивности прошедших через объект лучей. В настоящее время создан образец промышленного томографа, предназначенного для контроля корпусов трансмиссий и головок двигателей, изготавливаемых из алюминиевых сплавов.

**8.1. Основные виды вредных веществ,
образующихся в литейных цехах**

Одной из главных проблем литейных цехов является высокая степень загазованности как внутри цехов, так и за их пределами. При производстве 1 т отливок из черных сплавов выделяется до 50 кг пыли, 250 кг оксида углерода, 2 кг оксида серы, 1 кг углеводородов [3]. Установлено, что использование различных синтетических смол в качестве связующего может приводить к превышению концентрации вредных веществ на участках смешеприготовления, заливки и выбивки отливок из форм в 6–20 раз. В связи с этим, рассматривая те или иные связующие материалы, формовочные и стержневые смеси, всегда необходимо учитывать их экологические показатели, так как именно они играют решающую роль в защите окружающей среды. Кроме того, газотворность связующих и смесей существенным образом влияет на качество отливок, особенно на вероятность образования в них газовых дефектов.

Газовыделение при термодеструкции смесей зависит от природы связующего и катализатора отверждения, соотношения металл — форма, вида сплава отливки и температуры заливки. Количественный и качественный состав выделяющихся из смесей газов необходимо знать как для экологической оценки смесей, так и для проектирования систем газоочистки.

В табл. 8.1 перечислены основные вредные вещества, выделяющиеся из формовочных и стержневых смесей на различных технологических переделах изготовления отливок. Из приведенных данных видно, что используются разнообразные канцерогенные материалы и выделяются газы, отличающиеся друг от друга как классом опасности, так и нормами предельно допустимой концентрации (ПДК) в атмосфере (табл. 8.2).

Номенклатура основных вредных веществ,

Связующий материал	Марка связующего материала	Отвердители и катализаторы	
Карбамидоформальдегидный	КФ-Ж, М2, М3, КФ-МТ	Щавелевая кислота, фосфорная кислота	
Фенолоформальдегидный	ОФ-1, СФ-3056, СФЖ-305, СФ-3042, СФ-480, фенолоспирт	Бензосульфокислота, уротропин, стеариты	
Карбамидоформальдегидно-фурановый	КФ-90, КФ-40, БС-40, фуритол-174, фуритол-80	H_3PO_4 , $CuCl_2$, бензолсульфокислота	
Фенолофурановый	ФФ-1Ф, ФФ-1СМ	H_3PO_4 , бензосульфокислота	
Жидкостекольный	Жидкое стекло	CO_2 , амины, алкилацетаты, феррохромовый шлак (ФХШ)	
Природный	Сульфитно-дрожжевая бражка (СДБ), растительные масла, смолы	Хромовый ангидрид, персульфаты, окислители	
Фосфатный	Оксиды железа, магния, хрома	Фосфорная кислота	
Бентонитовый	Глина, цемент, бентонит	Вода, мазут, минеральные масла	

Таблица 8.1

выделяющихся из стержневых и формовочных смесей

Вредные вещества на различных участках		
Изготовление стержней и форм	Заливка и выбивка форм	Термическая регенерация песков
Метанол, формальдегид	Цианиды, аммиак, метиламины, ацетонитрил, фосфины, формальдегид, метанол, оксиды углерода	Цианиды, ацетонитрил, оксиды углерода, азота, аммиак
Метанол, феноло-формальдегид	Фенол, бензол, крезолы, ксиленолы, толуол, ксилол, аммиак, оксиды углерода, сероводород, оксиды серы, формальдегид, метанол	Фенол, толуол, крезолы, оксиды углерода
Метанол, формальдегид, фуриловый спирт, фурфурол	Фуран, метилфуран, фенол, бензол, толуол, крезолы, аммиак, метиламины, цианиды, оксиды углерода, метанол	Фенол, фуран, бензол, оксиды углерода, азота
То же	То же	То же
Амины	Оксиды углерода, бензол, фенол, толуол, крезолы	—
CrO ₃	Оксиды серы, углерода, сероводород, альдегиды, фенол	Оксиды серы, углерода, бензол, фенол
—	Фосфорная кислота	—
—	Углеводороды, оксиды углерода, бензол, фенол	—

Таблица 8.2

Токсикологическая характеристика вредных веществ

Вещество	Технологическая характеристика	Класс опасности	ПДК, мг/м ³
Альдегид	Наркотик. Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей	—	—
Амин	Оказывает раздражающее действие на центральную нервную систему, вызывает заболевания кожи	2	1,0
Акролеин	Сильно раздражает слизистые оболочки, обладает некоторым общим токсическим действием, наркотическое действие слабое	2	0,2
Аммиак	Раздражающий газ. В высоких концентрациях возбуждает нервную систему и вызывает судороги	4	20,0
Бензол	Высокая концентрация паров бензола оказывает действие на центральную нервную систему (наркотическое и отчасти судорожное действие), хроническое отравление может привести к смерти	2	5,0
Крезол	Оказывает раздражающее и прижигающее действие на кожу, иногда вызывает раздражение слизистых оболочек, конъюнктивит	2	0,5
Ксилол	Наркотик. Оказывает раздражающее действие на нервную систему. При длительном воздействии раздражает кровеносные органы	3	50,0
Ксиленол	То же	—	—
Метиловый спирт	Сильный, преимущественно нервный и соудистый, яд с резко выраженным кумулятивным действием. Пары сильно раздражают слизистые оболочки дыхательных путей и глаз	3	5,0
Метиламин	Оказывает раздражающее действие на дыхательные пути, печень, почки	2	1,0
Метилфуран	Пары раздражают слизистые оболочки, вызывают угнетение центральной нервной системы и дистрофическое изменение в печени	2	1,0

Продолжение табл. 8.2

Вещество	Технологическая характеристика	Класс опасности	ПДК, мг/м ³
Оксиды азота	Оказывают действие на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления, поражают альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких	2	5,0
Оксид серы (IV)	Сильно раздражает дыхательные пути, вызывает нарушение обменных и ферментных процессов	3	10,0
Оксид углерода	Вызывает удушье, оказывает непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода	4	20,0
Сероводород	Оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и глаза	3	3,0
Толуол	В высоких концентрациях пары толуола действуют наркотически; оказывает раздражающее действие на нервную систему и кровеносные органы	3	50,0
Фенол	Сильный нервный яд, обладает общетоксическим и местным действием, способен всасываться через кожу	2	0,3
Формальдегид	Раздражающий газ, обладающий также и общей ядовитостью; оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки	2	0,5
Фосфористый водород (фосфин)	Яд, действующий преимущественно на нервную систему и нарушающий обмен веществ; влияет также на кровеносные сосуды, органы дыхания, печень, почки	2	0,5
Фуран	При вдыхании паров наблюдается падение кровяного давления, паралич дыхания, судороги. При длительном воздействии паров развиваются дистрофические изменения в печени	2	0,5
Фурфуро-вый спирт	Оказывает угнетающее действие на центральную нервную систему, снижает температуру тела, вызывает головокружение, тошноту	2	0,5

Окончание табл. 8.2

Вещество	Технологическая характеристика	Класс опасности	ПДК, мг/м ³
Фурфурол	Нервный яд, вызывающий паралич; оказывает слабое раздражающее действие на слизистые оболочки	3	10,0
Хром (VI)	Оказывает местное раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки; поражает почки, печень, сердечно-сосудистую систему	2	0,01
Цианистый водород	Вызывает удушье вследствие образования углеводородных соединений с одним из внутренних клеточных дыхательных ферментов	2	0,3

Газовыделения в формовочных и стержневых отделениях

В работе [3] наиболее полно проанализированы различные факторы, влияющие на загазованность литейных цехов, и установлено, что удельное газовыделение зависит прежде всего от связующего материала стержневой смеси и вида технологической операции изготовления отливок (табл. 8.3–8.6).

Как следует из приведенных сравнительных данных (см. табл. 8.3 и 8.5), основная масса газов выделяется при заливке и охлаждении форм из ХТС. При этом абсолютные цифры различаются на порядки. Аналогичная зависимость наблюдается и при анализе смесей, отверждаемых тепловой сушкой (см. табл. 8.4 и 8.6).

Очень важный момент, который необходимо учитывать при анализе экологической ситуации в литейном цехе, — это не только количественный, но и качественный состав выделяющихся газов. Так, например, при использовании в качестве связующего фенолсодержащих смол одним из основных токсичных компонентов является фенол, в связи с чем возникает проблема снижения его выделений на всех стадиях технологического процесса. С этой целью в смеси в качестве добавок вводят химические соединения различных классов.

Таблица 8.3

Удельное газовыделение при изготовлении стержней и форм из ХТС

Связующий материал*	При заполнении ящиков, мг/(кг · ч)				При отверждении, мг/(дм ² · ч)			
	Формаль-дегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Формаль-дегид	Метанол	Фенол	Фурфурол
Карбамидный**:								
М-3	0,66	124,2	—	—	0,09	20,7	—	—
ВК-1	1,20	104,7	—	—	0,15	16,1	—	—
Карбамидоформальдегидно-фурановый:								
КФ-90	2,90	280,8	—	0,72	0,30	43,6	—	0,09
БС-40	3,0	186,0	—	0,45	0,30	21,8	—	0,04
Фуритол-174	7,60	88,2	0,30	2,00	1,0	13,1	0,0	0,20
КФ-МТ (с фурриловым спиртом)	0,30	128,4	—	0,09	0,03	16,8	5,00	0,01
КФ-Ж (с фурриловым спиртом)	0,20	108,0	—	0,50	0,03	16,6	—	0,03
Фенолоформальдегидный:								
ОФ-1	4,90	11,7	1,30	—	0,08	2,0	0,20	—
ОФ-3042	2,00	41,4	2,10	—	0,30	6,2	0,30	—

Окончание табл. 8.3

Связующий материал*	При заполнении ящиков, мг/(кг · ч)				При отверждении, мг/(дм ² · ч)			
	Формаль-дегид	Метанол	Фенол	Фурфурол	Формаль-дегид	Метанол	Фенол	Фурфурол
Карбамидофенолоформаль-дегидно-фурановый:	1,10	25,2	0,50	—	0,10	2,9	0,01	—
	0,80	0,8	—	4,00	0,09	0,1	—	0,50
Карбамидофенолоформаль-дегидный (КФФ-Л)	12,0	148,8	0,96	—	2,23	25,2	0,11	—

* В качестве катализатора для всех карбамидных смол использовалась ортофосфорная кислота, для всех фенольных — бензолсульфокислота.

** Содержание связующего в смеси — 3% (по массе) на 100% (по массе) песка, во всех остальных смесях — не более 2% (по массе).

Таблица 8.4
Удельное газовыделение, мг/кг, и условная токсичность смесей при тепловом отверждении (240 °С)

Связующий материал		Формальдегид	Фурфурол	Акролеин	Метанол	Фуриловый спирт	Условная токсичность, ед.
Марка	Содержание в смеси, %						
КО	2,0	7,8/1,2	0,7/0,1	27,0/0,5	7,0/0,7	—	152,1
КО + ЛСТ	2,0 + 3,0	20,9/2,9	6,1/0,5	27,7/2,0	123/19,0	—	205,5
УСК-1	2,0	7,1/0,6	0,6/0,4	25,0/0,9	4,0/0,7	—	140,1
УСК-1 + ЛСТ	2,0 + 3,0	16,0/2,7	6,5/0,3	24,0/0,8	100/15,2	—	172,7
СКТ-11	2,0	12,4/2,4	2,3/0,2	20,6/0,7	3,2/0,5	115/2,6	358,6
СКТ-1М + ЛСТ	2,0 + 3,0	31,7/4,1	4,5/1,1	25,6/1,3	108/0,5	89/11,7	391/4
ЛСТ	5,0	7,0/1,7	5,9/0,5	—	100/22,6	—	34/6

Примечание. В числителе указаны значения при отверждении смеси, в знаменателе — при охлаждении.

Таблица 8.5
Удельное газовыделение при заливке и охлаждении форм из ХТС, мг/кг

Связующий материал*	Оксид углерода	Метанол	Фенол	Бензол	Формальдегид	Фурфурол	Аммиак	Цианиды
Карбамидный**:								
М-3	45,6	72,3	—	—	46,3	—	383,0	107,9
ВК-1	61,6	41,7	—	—	39,4	—	205,8	75,5
Карбамидоформальдегидно-фурановый:								
КФ-90	587,1	12,1	—	—	—	0,2	190,1	56,2
БС-40	146,1	20,9	—	—	0,1	0,1	815,3	84,5
Фуритол-174	225,0	6,6	39,5	0,6	—	1,1	776,4	52,9
КФ-МТ (с фурриловым спиртом)	456,0	7,2	—	—	—	2,0	1 002,2	124,3
КФ-Ж (с фурриловым спиртом)	426,0	1,4	—	—	—	2,1	832,6	139,5
Фенолоформальдегидный:								
ОФ-1	551,2	5,5	389,7	418,3	—	—	—	—
ОФ-3042	498,6	15,8	222,5	419,4	—	—	—	—

Карбамидофеноло- формальдегидно-фурановый:									
Фуритол-68	1 754,9	22,1	38,4	278,1	1,5	1,1	—	—	—
ФФ-65	173,9	5,4	—	538,6	—	0,9	—	—	—
Карбамидофенолоформаль- дегидный КФФ-Л	461,8	192,4	66,0	15,8	—	—	629,2	—	698,0

* В качестве катализатора для всех карбамидных смол и КФФ-Л использовалась ортофосфорная кислота, для всех фенольных — бензосульфокислота.

** Содержание связующего в смеси — 3% (по массе) на 100% (по массе) песка, во всех остальных смесях — не более 2% (по массе).

Одни из них — щелочи (30...40%-й раствор), блокируя гидроксильную группу фенола, образуют соли — феноляты. Окислители — перманганат и персульфат калия, диоксид марганца и другие — превращают фенол при неполном окислении в малотоксичные кислоты (малеиновую, глиоксильную), а при полном окислении — в диоксид углерода и воду. Оксиды металлов в различных сочетаниях выполняют роль окислителя и адсорбента. Хлориды металлов образуют с фенолом комплексные соединения; при этом прочность смесей возрастает на 40...45%, что позволяет снижать содержание связующего в смеси примерно в 1,5 раза и уменьшать выделение токсичных веществ в воздух в 2 раза. К аналогичному результату приводит использование в составах ХТС 1% от массы наполнителя таких добавок, как FeCl_3 , CuO , KMnO_4 , железная руда.

Таблица 8.6

Удельное газовыделение, мг/кг, и условная токсичность смесей теплового отверждения при термодеструкции

Связующий материал*		Оксид углерода	Метан	Условная токсичность, ед.
Марка	Содержание в смеси, %			
КО	2,0	8 820	1 635	446,4
КО + ЛСТ	2,0 + 3,0	9 810	1 796	496,4
УСК-1	2,0	8 305	242	416,0
УСК-1 + ЛСТ	2,0 + 3,0	16 560	1 795	833,7
СКТ-11	2,0	4 060	790	205,5
СКТ-11 + ЛСТ	2,0 + 3,0	5 100	1 280	259,3
ЛСТ	5,0	5 276	520	265,5

* Температура отверждения 240 °С, температура деструкции 1000 °С.

Одним из важнейших путей снижения токсичности смесей является уменьшение содержания связующего путем повышения прочности смеси. Эта проблема решается с помощью силанизации смолы; ее содержание в ХТС может быть снижено до 1,0...1,5%. Для фенолоформальдегидно-фурановых смол используется феноксипропилтриэтоксисилан (продукт 11-223); для карбамидоформальдегидно-фурановых — силан АГМ-9.

Расход связующего зависит от качества используемых песков. Особое значение имеет содержание в песке щелочных оксидов, глины, пылевидных фракций и влаги. Применение некондиционных песков ведет к увеличению расхода смолы и катализатора в 1,5–2 раза. Снижение содержания в песках мелких фракций с 0,5 до 0,3% позволяет сократить количество связующего на 20...30%. При получении лакированных смесей «горячим» способом рекомендуется применять кислотную обработку песка. Такая обработка способствует смыванию с песчинок оболочки из примесей и позволяет снижать расход связующего на 20...30%. Наиболее эффективным средством снижения газовыделения из песчано-смоляных смесей, позволяющим зачастую и улучшать их технологические свойства, является все-таки не связывание выделяющихся токсичных газов, а предотвращение причин их образования, т.е. создание таких связующих систем, которые не выделяли бы вредные для здоровья человека и окружающей среды вещества. Примером являются новые разработанные за рубежом и пока не нашедшие широкого применения технологии изготовления форм и стержней замораживанием, а также из специальных солевых практически не токсичных смесей.

Вместе с тем, учитывая весьма широкое применение песчано-смоляных смесей, актуальным вопросом, связанным с защитой окружающей среды, является нейтрализация и обезвреживание токсичных газообразных веществ (фенола, формальдегида, метанола, фурфурола и др.). Для этих целей применяются следующие способы очистки: *физические* (дожигание и каталитическое окисление), *химические* (абсорбционные), *физико-химические* (адсорбционные), *физиологические* (дезодорация), *биологические*. Каждый способ имеет свои особенности, преимущества и недостатки.

Из физических способов очистки наиболее эффективным является глубокое каталитическое окисление, применяемое при сложном составе газовой смеси. Суть его заключается в хемосорбционном улавливании и каталитическом окислении органических веществ (фенола, формальдегида, метанола и др.) при температуре 200...345 °С до воды и оксида углерода. В качестве катализаторов используются оксиды металлов переменной валентности — меди, хрома, кобальта, марганца, никеля, железа. Технологическая схема процесса достаточно проста, оборудование

несложное, что обуславливает легкость его обслуживания. Однако процесс этот энергоемок. При каталитическом окислении необходима тщательная очистка газа от пыли, которая снижает активность катализатора.

Традиционными способами очистки газовых выбросов от фенола и формальдегида являются абсорбционные и адсорбционные. При этом в качестве абсорбентов чаще всего используют водные растворы едкого натра, смеси серной и фосфорной кислот, растворы, содержащие уротропин. Преимущество указанных способов заключается в возможности очистки большого количества газов, в осуществлении непрерывного технологического процесса. Мокрая очистка позволяет очищать воздух как от химически вредных веществ, так и от пыли, что невозможно при использовании более эффективного каталитического способа. Их недостатком является образование сточных вод. Степень очистки абсорбционным способом обусловлена специфическим действием абсорбента.

Совершенствование абсорбционного способа очистки привело к созданию комбинированного способа, заключающегося в хемосорбции с последующим окислением. На первой стадии процесса абсорбент (раствор серной кислоты или едкого натра и озона) поглощает основную часть вредных примесей. На второй стадии окислитель (раствор перманганата калия или серной кислоты и озона) окисляет оставшуюся часть примесей.

Широкое распространение получил адсорбционный способ очистки газовых выбросов от вредных веществ. Его применение исключает образование сточных вод, не требует значительных энергозатрат, позволяет относительно малым количеством сорбента обрабатывать большие объемы газа. Основные адсорбенты — активированный уголь, оксиды алюминия и марганца, молекулярные ситацеолиты, силикагель. Известны адсорбенты на основе активированного угля, пропитанного соединениями металлов, карбонатами меди и калия, нитратом хрома, фторидами калия и натрия. Высокой адсорбционной способностью по отношению к фенолу и формальдегиду обладает пиролюзит. Недостатки способа — быстрое загрязнение и трудность регенерации адсорбентов, их низкая избирательность.

Применение традиционных абсорбционных и адсорбционных способов ограничено сложным составом и переменной концентрацией вредных примесей в газовых выбросах литейных цехов.

Для очистки воздуха от дурнопахнущих веществ (сероводорода, меркаптанов, аммиака, аминов, альдегидов, кетонов) может быть использован способ дезодорации. При распылении небольших количеств душистых эмульсий входящие в их состав активные вещества соприкасаются с дурнопахнущими примесями и нейтрализуют их либо конденсируют и осаждают. В качестве дезодорантов используют душистые эмульсии, озон и 0,5...10% -й раствор перекиси водорода, щелочной раствор оксида хлора. В последние годы все более широко применяются биологические способы очистки воздуха от вредных примесей. Они основаны на обработке отходящих газов водой с последующей биологической очисткой особой популяцией микробов.

Широкая химизация литейного производства привела к тому, что необходимо постоянно принимать меры по улучшению экологической ситуации не только внутри литейного цеха, но и за его пределами, в частности в местах складирования отработанных формовочных и стержневых смесей, а также при эксплуатации оборотной воды в системах гидрогенерации. В отработанных смесях (особенно песчано-смоляных) содержатся остатки фенола, карбоновых кислот, формальдегида. При этом фенолы, хорошо растворяясь в воде, при неправильном хранении отвалных стержневых смесей способны проникать в артезианские источники и водоемы, что может сделать эти водные ресурсы непригодными для использования.

По составу и степени воздействия на окружающую среду отработанные формовочные и стержневые смеси подразделяются на три категории опасности:

1) практически инертные; это смеси, содержащие в качестве связующего глину, бентонит, цемент;

2) отходы, содержащие биохимически окисляемые вещества; это смеси после заливки, связующими в которых являются синтетические и природные композиции;

3) отходы, содержащие слаботоксичные, малорастворимые в воде вещества; это жидкостекольные смеси, неотожженные песчано-смоляные смеси, а также смеси, отверждаемые соединениями цветных и тяжелых металлов.

Полигоны отработанных смесей следует располагать в обособленных, свободных от застройки местах, которые допускают осуществление мероприятий, исключающих возможность загряз-

нения населенных пунктов, зон массового отдыха и источников водопользования, а также объектов рыбохозяйственного назначения. Полигоны следует размещать на участках со слабо фильтрующими грунтами (глина, суглинок, сланцы). Сточные воды литейных цехов (в первую очередь участков гидроочистки, электрогидровывивки, гидрорегенерации песков) могут содержать некоторое количество фенола, формальдегида и других вредных веществ. Такие воды перед сбросом в водоемы должны подвергаться биологической или другим видам очистки. Содержание вредных веществ в сточных водах после очистки перед сбросом их в водоемы не должно превышать ПДК. Сточные воды с повышенной кислотностью необходимо предварительно нейтрализовать до рН 6...8.

Наиболее радикальными мерами по снижению экологической опасности отходов литейного производства являются:

- использование смесей, либо не содержащих, либо включающих минимальное количество токсичных компонентов;
- широкое использование систем регенерации формовочных песков с целью их многократного применения в составах формовочных и стержневых смесей;
- вторичное использование отработанных формовочных и стержневых смесей в составах для изготовления кирпича, тротуарной плитки, строительных материалов и т.д.

Литература

1. *Аксенов П.Н.* Оборудование литейных цехов / П.Н. Аксенов. М. : Машиностроение, 1977.
2. *Баландин Г.Ф.* Основы теории формирования отливки / Г.Ф. Баландин. М. : Машиностроение, 1976.
3. *Болдин А.Н.* Газовыделение из смесей горячего и холодного отверждения / А.Н. Болдин, А.И. Яковлев, Д.А. Соляков. М. : Спутник, 2001.
4. *Гуляев Б.Б.* Формовочные процессы / Б.Б. Гуляев, О.А. Корнюшкин, А.В. Кузин. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987.
5. *Кукуй Д.М.* Теория и технология литейного производства: формовочные материалы и смеси / Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов. Минск : Изд-во БНТУ, 2005.
6. *Орлов Г.М.* Автоматизация и механизация процессов изготовления литейных форм / Г.М. Орлов. М. : Машиностроение, 1988.
7. *Соляков Д.А.* Процессы газовойделения из стержней горячего и холодного отверждения / Д.А. Соляков, А.Н. Болдин, А.И. Яковлев. М. : Машиностроение-1, 2004.
8. Технология литейного производства / Б.С.Чуркин [и др.]; под ред. Б.С.Чуркина. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000.
9. Технология литейного производства: литье в песчаные формы / А.П. Трухов [и др.]; под ред. А.П.Трухова. М. : Академия. 2005.
10. Технология литейного производства: формовочные и стержневые смеси. Брянск : Изд-во БГТУ, 2002.

Оглавление

Предисловие	3
1. Технология ручных способов изготовления литейных форм	5
1.1. Формовочная оснастка и инструмент	5
1.2. Разновидности ручной формовки в опоках	12
1.3. Почвенная формовка	24
1.4. Схемы организации участков ручной формовки	35
1.5. Требования безопасности труда при ручной формовке	37
2. Технология машинной формовки	39
2.1. Основы теории уплотнения смесей	39
2.2. Машинные способы уплотнения литейных форм	46
2.2.1. Области применения и преимущества машинных способов уплотнения	46
2.2.2. Прессовые способы уплотнения литейных форм	47
2.2.3. Динамические способы уплотнения литейных форм	58
2.2.4. Комбинированные способы уплотнения литейных форм	74
2.2.5. Пескометное уплотнение литейных форм	80
2.3. Анализ качества форм, уплотненных различными способами ..	83
2.4. Специальные способы уплотнения литейных форм	87
2.4.1. Вакуумно-пленочный процесс	87
2.4.2. Магнитная формовка	91
2.5. Технологии извлечения моделей из полуформ	94
2.6. Комплексно-механизированные и автоматизированные линии изготовления литейных форм	98
2.7. Требования безопасности труда при машинной формовке	115
3. Технология изготовления стержней	117
3.1. Классификация литейных стержней	117
3.2. Конструктивные и технологические элементы стержней	122
3.3. Стержневая оснастка	132
3.4. Изготовление стержней вручную	140
3.5. Машинные способы изготовления стержней	145
3.6. Тепловая сушка форм и стержней	148
3.7. Окрашивание, отделка, контроль и хранение стержней	158
3.8. Организация труда в стержневых отделениях	163
3.9. Техника безопасности при изготовлении стержней	166
4. Проектирование технологической оснастки для разовых форм	169
4.1. Требования, предъявляемые к конструкциям литых деталей ...	169
4.2. Основные принципы конструирования литых деталей	170
4.3. Разработка литейно-модельных указаний	178
4.4. Проектирование моделей	186
4.5. Проектирование стержневых ящиков	205

4.5.1. Виды стержневых ящиков	205
4.5.2. Вытряхные стержневые ящики	205
4.5.3. Разъемные стержневые ящики для пескоудовного процесса	226
4.5.4. Рекомендации по выбору основных технологических параметров оснастки	231
4.5.5. Конструктивные элементы закрытых стержневых ящиков	232
4.6. Материалы для изготовления металлических модельных комплектов	247
4.7. Технологические процессы изготовления деревянных моделей	249
4.8. Изготовление моделей из пластполимеров	257
4.9. Проектирование опок	262
4.9.1. Технические требования к опокам	282
5. Проектирование и расчет литниковых систем	285
5.1. Конструкции литниковых систем	285
5.2. Методики расчета элементов литниково-питающей системы ...	301
5.2.1. Методика расчета типовых литниковых систем	301
5.2.2. Методика расчета дроссельной литниковой системы	309
5.2.3. Методика расчета литниковой системы для формы с вертикальной плоскостью разъема	316
5.2.4. Использование фильтрующих элементов в литниковых системах	318
5.2.5. Назначение, типы и методика расчета прибылей и холодильников	320
6. Заливка литейных форм, выбивка, обрубка и очистка отливок ...	334
6.1. Заливка литейных форм	334
6.2. Технологические схемы выбивки отливок из форм	341
6.3. Обрубка, очистка и отделка отливок	347
6.4. Способы исправления дефектов отливок	353
6.5. Требования безопасности труда на финишных операциях изготовления отливок	357
7. Контроль качества отливок	361
7.1. Классификация дефектов отливок и причины их возникновения	361
7.2. Классификация и физические основы методов контроля	370
8. Экология в формовочных и стержневых отделениях	387
8.1. Основные виды вредных веществ, образующихся в литейных цехах	387
8.2. Газовыделения в формовочных и стержневых отделениях	392
Литература	403

По вопросам приобретения книг обращайтесь:

Республика Беларусь

ООО «Новое знание»
220050, а/я 79, Минск,
пр. Пушкина, д. 15а
Тел./факс: (10-375-17) 211-50-38
E-mail: nk@wnk.biz
<http://wnk.biz>

Российская Федерация

Отдел оптовых продаж «ИНФРА-М»:
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в, стр. 1
Тел. (495) 380-4260; факс (495) 363-9212
E-mail: books@infra-m.ru
Отдел «Книга—почтой»:
Тел. (495) 363-4260 (доб. 232, 246)

Учебное издание

Высшее образование

Кукуй Давыд Михайлович
Скворцов Валерий Александрович
Андрианов Николай Викторович

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебник

В 2 частях

Часть 2. Технология изготовления отливок в разовых формах

Ведущий редактор	С.В. Исаенко
Редактор	О.В. Литвинова
Художник обложки	С.В. Ковалевский
Компьютерная верстка	С.И. Лученок
Корректор	К.А. Степанова

Оригинал-макет подготовлен ООО «Новое знание»

Подписано в печать 25.12.2010.
Формат 60×90 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 26,0. Уч.-изд. л. 22,12.
Тираж 500 экз. Заказ №

Общество с ограниченной ответственностью «Новое знание»
ЛИ № 02330/0133439 от 30.04.2004.
Ул. Шаранговича, 7–2136, 220015, Минск, Республика Беларусь
Почтовый адрес: а/я 79, 220050, Минск, Республика Беларусь
Телефон/факс: (10-375-17) 211-50-38
E-mail: nk@wnk.biz <http://wnk.biz>

Издательский Дом «ИНФРА-М»
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в
Тел.: (495) 380-05-40, 380-05-43. Факс: (495) 363-92-12
E-mail: books@infra-m.ru <http://www.infra-m.ru>