

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский федеральный университет»

Институт цветных металлов и материаловедения

Саначева Г.С.  
Степанова Т.Н.  
Баранов В.Н.  
Губанов И.Ю.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Конспект лекций

**Красноярск**  
**2008 г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| МОДУЛЬ 1. Изготовление разовых литейных форм и стержней.....  | 4   |
| Лекция 1. Тема: Возникновение и развитие технологии получения отливок....                                   | 4   |
| Лекция 2. Тема: Схемы технологических процессов получения отливок .....                                     | 12  |
| Лекция 3. Тема: Формовочные и стержневые смеси. Назначение. Способы упрочнения.....                         | 19  |
| Лекция 4. Тема: Ручная формовка в опоках. Почвенная формовка .....  | 27  |
| Лекция 5. Тема: Машинная формовка.....  | 36  |
| Лекция 6. Тема: Получение отливок по газифицируемым моделям .....   | 50  |
| Лекция 7. Тема: Способы формовки на автоматических линиях .....   | 56  |
| Лекция 8. Тема: Технологические процессы изготовления стержней .....  | 68  |
| Лекция 9. Тема: Операции, выполняемые при сборке, заливке и охлаждении форм .....                           | 84  |
| Лекция 10. Тема: Технология заливки форм. Охлаждение отливок.....   | 90  |
| Лекция 11. Тема: Способы выбивки форм и стержней .....  | 101 |
| МОДУЛЬ 2. Обеспечение качества литых изделий .....  | 113 |
| Лекция 12. Тема: Обеспечение качества отливок. Контроль технологического процесса изготовления отливок..... | 113 |
| Лекция 13. Тема: Технология художественного литья .....   | 125 |
| Лекция 14. Тема: Контроль качества формовочных и стержневых смесей. Выбор смесей.....                       | 145 |
| Лекция 15. Тема: Дефекты в отливках. Ч.1. Несоответствие по геометрии ..                                    | 162 |
| Лекция 16. Тема: Дефекты в отливках. Ч.2. Несплошности в теле отливки..                                     | 177 |
| Лекция 17. Тема: Качество литых поверхностей.....   | 185 |
| МОДУЛЬ 3. Основные принципы проектирования технологического процесса получения отливок .....                | 195 |
| Лекция 18. Тема: Модельно-литейная оснастка.....  | 195 |
| Лекция 19. Тема: Материалы для изготовления модельного комплекта. Конструирование моделей .....             | 203 |
| Лекция 20. Тема: Классификация и показатели точности отливок .....  | 212 |

|   |     |
|---|-----|
| Лекция 21. Тема: Конструирование литой детали, отливаемой в песчаные формы.....                   | 221 |
| Лекция 22. Тема: Разработка технологического процесса изготовления отливок.....                   | 238 |
| Лекция 23. Тема: Получение отливок, требуемых размеров и форм .....                               | 247 |
| Лекция 24. Тема: Конструирование стержней.....  | 260 |
| Лекция 25. Тема: Классификация прибылей .....   | 270 |
| Лекция 26. Тема: Конструирование и расчет прибылей .....  | 275 |
| Лекция 27. Тема: Литниковые системы и требования, предъявляемые к ним .....                       | 289 |
| Лекция 28. Тема: Типы литниковых систем. Инженерные методы расчета литниковых систем.....         | 299 |
| Лекция 29. Тема: Холодильники для стальных и чугунных отливок.....                                | 306 |
| Лекция 30. Тема: Определение габаритов опок и расчет крепления форм....                           | 316 |
| Лекция 31. Тема: Оформление и порядок разработки технологического процесса .....                  | 322 |
| Лекция 32. Тема: Особенности получения отливок из разных сплавов в песчано-глинистых формах ..... | 332 |
| Лекция 33. Тема: Технология и основные принципы специальных способов литья.....                   | 345 |
| Лекция 34. Тема: САПР в литейном производстве .....   | 358 |
| Библиографический список .....  | 368 |

# МОДУЛЬ 1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАЗОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

## ЛЕКЦИЯ 1.

### ТЕМА: ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

План лекции

1. Этапы совершенствования технологии литейной формы.
2. Краткий обзор развития литейного производства в России.
3. Понятие литейной формы.
4. Последовательность изготовления разовой литейной формы.

*Этапы совершенствования технологии литейной формы.* Археологические исследования показывают, что первые отливки появились около 6,5 тыс. лет тому назад на территории Анатолии (современная Турция), Месопотамии и Ирана. К 4-5 тысячелетию литейная технология распространилась на Кавказ, северную Африку и Европу. Развитие технологии изготовления литейных форм можно разбить на четыре этапа:

1. Прimitивная технология – от начала возникновения до XIV в. н.э. (примерно 5800 лет). На этом этапе отливки изготавливали преимущественно из медных сплавов и бронз: в начале периода – из меди, в конце – частично из драгоценных металлов. Существовало четыре способа литья: формы, полученные вдавливанием эталона (модели) во влажную глину; каменные формы; глиняные формы, полученные по восковым моделям; начиная с VII в. н.э. формы, изготавливаемые по шаблонам вращения (котлы). Имело место исключительно индивидуальное производство предметов быта, культа, а в конце периода оружия. Письменных документов по технике литья этого времени не сохранилось.

2. Ремесленная технология – от XIV в. до середины XIX в. (около 550 лет). Четырнадцатый век стал переломным в истории литейного производства и металлургии. Возникло производство чугуна, – резко расширились масштабы производства металлических изделий; литье превратилось в самостоятельное ремесло и приобрело серийный характер. Появился ряд способов литья в песчано-глинистые формы, получаемые в опоках по извлекаемым моделям. Первоначально применяли естественные песчано-глинистые пески, заменяемые позднее синтетическими смесями. Для улучшения их свойств в формовочные смеси вводили вино, мочу, солевые растворы, уксус, сусло и др. Получили дальнейшее развитие шаблонная формовка, изготовление форм в почве и в кусках (художественная). Модели делали только из дерева. Основным литейным материалом наряду с бронзой стал чугун. Ручная формовка

достигла совершенства.

К концу этапа начали применять кокильное литье. Во все возрастающих масштабах отливали колокола, пушки, детали. Общее число применяемых способов литья составляло 12. Появились первые печатные описания техники изготовления отливок, которые входят как раздел в новую науку – технологию, которую возглавлял в России акад. В. М. Севергин.

3. Промышленная технология – от середины XIX в. до конца XX в. В это время организуется механизированное массовое производство огромного числа отливок из чугуна, стали, промышленных сплавов на любой основе и неметаллических материалов. Создаются новые способы машинного изготовления форм путем прессования, встряхивания, пескометом из формовочных смесей на основе песка и других огнеупорных материалов. Разрабатываются многочисленные специальные способы литья в металлические и оболочковые формы. Происходит химизация литейного производства, ведущая к применению широкого ассортимента синтетических связующих добавок в формовочные смеси.

4. Автоматизация – конец XX в. Он характеризуется созданием автоматических линий формовки, применением роботов при выполнении тяжелых операций, автоматизацией технологической подготовки литейного производства на основе ЭВМ.

*Краткий обзор развития литейного производства в России.* В России литье металлов и сплавов производилось со времен начала Русского государства, т.е. еще в Киевской Руси. Однако значительное развитие литейное дело получило со времени объединения Руси Иваном III под главенством Москвы. С этих пор начинается в больших масштабах отливка пушек сначала из бронзы, а затем из чугуна. Русская артиллерия того времени становится самой мощной в мире.

С расширением литейного производства совершенствовались и его техника. С тех пор наше литейное производство благодаря талантности русских мастеров дало много замечательных памятников и непревзойденных образцов отливок.

Так, в 1586 г. знаменитым московским литейщиком Андреем Чоховым была отлита находящаяся в Московском Кремле бронзовая Царь-пушка, или Дробовик, весом 2400 пуд. (39400 кг), калибром 730 мм, с весом ядра 120 пуд. (1970 кг) и заряда пороха 30 пуд. (490 кг) (рис. 1).

Другой московский литейщик – Иван Моторин вместе со своим сыном Михаилом отлил в 1735 г. из бронзы величайший в мире Царь-колокол, весящий 12000 пуд. (196800 кг), – поразительный образец литейного искусства как по своей величине, так и по изяществу формы и отделке.

Грандиозной и непревзойденной отливкой является бронзовый памятник Петру I в Санкт Петербурге – «Медный всадник» (рис. 2). Это огромная пустотелая статуя весом 1350 пуд. (22100 кг) имеет в верхней своей части толщину стенки всего 7,5 мм. Статуя отлита жившим в России французским

скульптором и литейщиком Фальконе. Подготовительные работы продолжались 6 лет, а формовка, отливка и чеканка 2 года. Памятник был открыт в 1782 г.



Рис. 1. Царь-пушка



Рис. 2. Памятник Петру I

С изобретением чугуна и началом его применения в артиллерии Московское государство начало строить доменные заводы. Так возникли первые русские чугунолитейные тульско-каширские заводы (30-е годы XVII в.), которые отливали пушки, ядра и гранаты, котлы, гири, печные плиты и пр. Интересно отметить, что производительность доменных печей на этих заводах в 2 раза превышала производительность английских доменных печей того времени.

Во времена Петра I с его многочисленными войнами, основанием Петербурга и постройкой балтийского флота увеличился спрос на чугунные пушки, ядра и гранаты. В связи с этим возникает и развивается огромная по тому времени уральская металлургия (первая половина XVIII в.). Приблизительно к этому же времени относится постройка ряда самостоятельных литейных заводов, не зависящих от доменных металлургических заводов. Чугун на этих новых заводах получался уже путем переплавки доменного чушкового чугуна и лома в вагранках и пламенных печах. Этим было положено начало самостоятельному чугунолитейному производству [1].

XIX век знаменуется тем, что в литейное дело, как и в другие области промышленности, впервые проникает наука. Литейное дело с дедовскими приемами и секретами работы постепенно превращается в литейное производство с научным обоснованием технологических процессов.

Среди работ первостепенной важности в области науки о металлах в XIX в. следует назвать работы русского ученого Д.К. Чернова – основоположника современного металловедения, без которого невозможным было бы создание тех высокопрочных и специальных марок сталей и других сплавов, являющихся основой машиностроения нашего времени.

Однако, в старой, дореволюционной России машиностроение было от-

сталым участком народного хозяйства. Поэтому и литейное производство не получало большого развития.

Рассматривая исторический процесс совершенствования литейного производства в нашей стране можно отметить следующие основные направления его развития в области литейных сплавов и металлургических процессов, в области технологии и в области механизации.

В области литейных сплавов, применяемых для фасонного литья, процесс развития литейного производства характеризуется, прежде всего, научным изучением чугуна как литейного материала и повышением его прочностных свойств. Нормы прочности отливок из перлитного чугуна были резко повышены по сравнению со старыми нормами на обычный серый чугун.

В 30-х годах появляется чугун еще более высокого класса – модифицированный, получаемый с помощью малых добавок в ковш. Наконец, современный чугун со сфероидальным графитом, получаемый с помощью модифицирования жидкого чугуна в ковше магнием, церием и др., имеет примерно вдвое более высокую прочность по сравнению с обычным серым чугуном и обладает значительной пластичностью.

Кроме усовершенствования чугуна как литейного материала, в ходе развития литейного производства исследуются и совершенствуются свойства и методы получения ковкого чугуна и сталей для фасонного литья. Особенно большие успехи достигнуты в освоении легированных сталей, обладающих различными особыми физическими, химическими, электрическими и механическими свойствами. Наконец, реактивная техника наших дней потребовала создания и освоения еще более новых, особых жаростойких и сверхтвердых литейных сплавов типа виталиума и др.

В области технологии литейного производства внимание было направлено главным образом на разрешение проблемы точности отливок и снижения их трудоемкости. Сюда относятся такие средства, как научное изучение и улучшение формовочных и стержневых материалов с применением новых их видов. Возможности получения точных и хорошего качества отливок еще более расширились благодаря разработанным методам скоростной формовки с применением быстросохнущих смесей и продувки форм углекислотой, применению для крупных отливок оболочковых форм на основе химически твердеющих смесей. Для изготовления мелких отливок разработаны процессы литья в корковые формы на основе смоло-песчаных смесей и литья по выплавляемым моделям. Вследствие возросшей точности получаемых отливок стало возможным резкое сокращение объема их механической обработки, что значительно снижает трудоемкость и стоимость деталей машин на заводе. Это направление на дальнейшее сокращение обработки резанием за счет овладения гарантированной точностью геометрии отливок, особенно крупногабаритных и сложных, и является, пожалуй, главным в современном производстве машиностроительного литья.

*Основные понятия и термины.* Согласно ГОСТ 18169-86, литейная

форма есть «система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка». Элементы, образующие рабочую полость, изготавливают по отдельности, и при сборке они составляют литейную форму. Ниже приведены элементы формы.

1. Основные части формы. Они образуют те поверхности рабочей полости, которые оформляют преимущественно внешние поверхности отливки. Внешние боковые поверхности частей формы образуются опокой либо стенками кессона. В первом случае с частью формы можно производить сборочные, транспортные или иные манипуляции; во втором случае соответствующая часть формы неподвижна. Если формовка производится в двух опоках, то при заливке их называют верхней и нижней полуформами. В тех случаях, когда после изготовления части формы опока снимается, а при заливке для прочности заменяется кожухом, формовку называют безопочной. Поверхность соприкосновения двух полуформ называют разъемом (иногда ладом).

2. Литейные стержни образуют те поверхности рабочей полости, которые оформляют преимущественно внутренние поверхности отливки, создавая в них полости и углубления. Сборочные и транспортные операции со стержнями выполняются с помощью знаков. Знаки представляют собой выступы на стержнях, вставляемые при сборке в соответствующие углубления форм.

3. Холодильники, создающие условия для ускоренного охлаждения отдельных частей отливки.

4. Жеребейки, обеспечивающие правильное положение стержней в формах. Подавляющее большинство неметаллических материалов, из которых изготавливаются литейные формы, являются дисперсными системами, основу которых образуют зерна огнеупорных соединений, чаще всего кварца. Такие системы называют формовочными материалами. Различают исходные формовочные материалы и приготавливаемые из них формовочные смеси, подразделяемые на собственно формовочные смеси и стержневые смеси. В составе формовочных смесей выделяют огнеупорную зерновую основу; связующие добавки, обволакивающие поверхность зерен и обеспечивающие превращение дисперсной смеси в монолит, и технологические добавки, обеспечивающие требуемый уровень технологических свойств смеси. Формовочную и стержневую смеси, использованные в технологическом процессе получения отливки и освобождающиеся после ее охлаждения, называют отработанной смесью.

Для образования поверхностей литейной формы служит модельно-опочная оснастка. Опоки представляют собой ящики без дна и крышки, в которых изготавливается верхняя и нижняя полуформы; опоки оформляют наружные боковые поверхности форм. Они имеют приспособления для транспортировки и сборки полуформ. Модели служат для получения рабочих поверхностей полостей форм, а стержневые ящики – для получения стержней. Стержневые ящики имеют вид сосудов, в которых стержневая смесь приобретает заданную конфигурацию и размеры.



Процесс изготовления литейных форм и стержней (с помощью модельно-опочной оснастки) из формовочных и стержневых смесей называют формовкой. Формовка означает не только уплотнение формовочной смеси, в нее входит также заполнение рабочей полости формы смесью, удаление оснастки и сборка формы, т.е. установка и закрепление стержней, установка частей литейной формы друг на друга, их скрепление между собой и загрузка. Приготовление формовочных смесей, получение литейных форм, упрочнение смесей, взаимодействие форм с отливками при их формировании в совокупности называют формовочными процессами.

При изготовлении литейной формы встречаются три вида изготовления модели, формы и отливки. На рис. 3 изображены схемы расположения поверхностей модельного комплекта и формы. Форма (рис. 3, а) представлена с заформованной половиной модели 3, лежащей на модельной плите 1 в опоке 2. Стержень (рис. 3, б) находится в стержневом ящике 7. Рабочая поверхность литейной формы 4 выделена жирной линией; именно по этой поверхности форма после заливки вступит в контакт с отливкой. Поверхности, по которым элементы литейной формы соприкасаются друг с другом, можно назвать технологическими – это поверхности разъема частей формы 6 и знаковые поверхности 5.

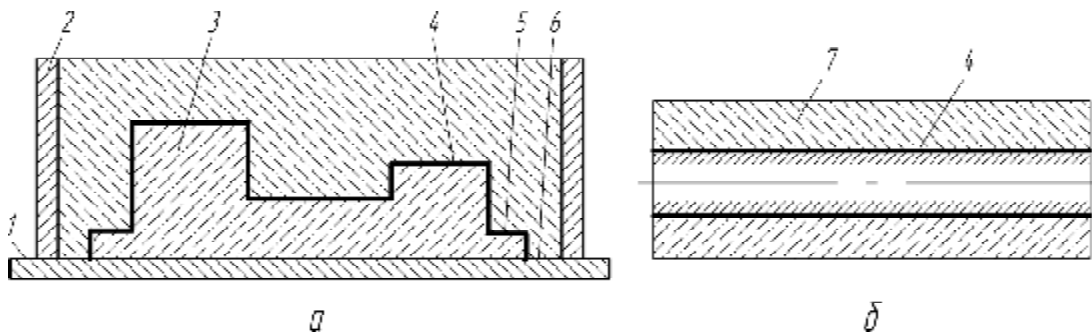


Рис. 3. Расположение рабочих и технологических поверхностей в модели и форме (а), в стержневом ящике и стержне (б)

После сборки литейной формы производится ее заливка жидким расплавом. После затвердевания и охлаждения отливки осуществляются финишные операции, которые состоят из выбивки отливки из формы, очистки, обрубки, а также из исправления дефектов.

В качестве примера рассмотрим изготовление разовой формы для отливки «Тройник» (рис. 4, а). Чтобы получить ту или иную отливку в разовой форме, прежде всего, требуется сделать для нее модельный комплект, который состоит из модели и стержневых ящиков. Модель имеет конфигурацию аналогичную отливке, но размеры ее больше на величину усадки металла. В данном случае модельный комплект выполнен из дерева и состоит из модели и одного стержневого ящика. Разъемная модель (рис. 4, б) состоит из двух частей 2, которые соединяются друг с другом по плоскости разъема с помо-

ЩЬЮ ШИПОВ.

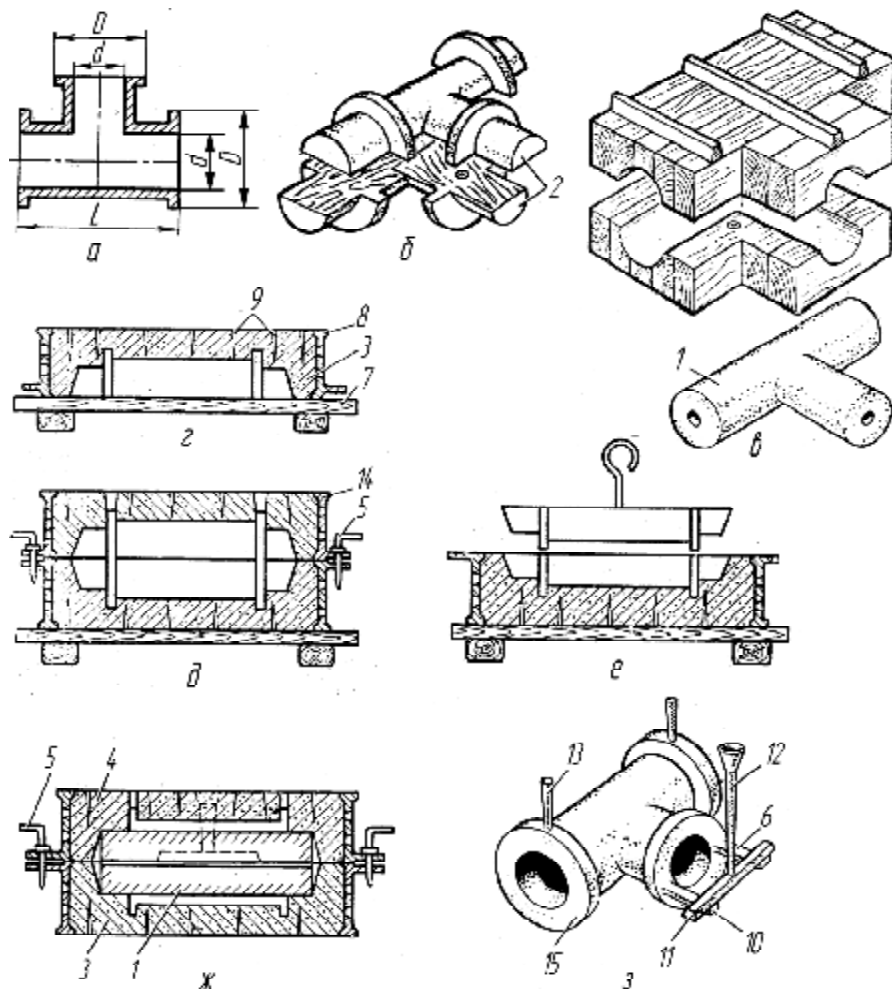


Рис. 4. Последовательность изготовления разовой формы:  
 а – деталь; б – модель; в – стержень; г, д, е, ж – операции  
 изготовления формы; з – отливка

Полость отливки выполняется стержнем, который изготавливают из стержневой смеси, уплотняемой в специальном стержневом ящике (рис. 4, в). После уплотнения смеси ящик разбирают, извлекают стержень, высушивают его и затем устанавливают в форму. Выступающие части стержня *1* называют знаками; знаки служат для установки стержня в форме. Части *2* модели (рис. 4, б), с помощью которых в форме получают стержневые знаки, называют знаковыми.

Для изготовления формы нижнюю половину модели и модели питателей *10* (рис. 4, з), предназначенных для подачи металла в полость формы, устанавливают на модельную плиту *7*, затем ставят опоку *8* (рис. 4, г). Чтобы формовочная смесь не прилипала к поверхностям модели и плиты, их посыпают сухим разделительным составом (графитом или ликоподием). В опоку сначала насыпают облицовочную формовочную смесь слоем 20-25 мм, затем

наполнительную. В условиях массового производства применяют единую формовочную смесь.

В опоке формовочную смесь уплотняют, после чего иглой-шомполом делают наколы 9 для выхода газов из формы во время заливки расплава. Затем нижнюю полуформу 3 переворачивают на 180° и на нее устанавливают верхнюю половину модели и модели литниковой системы (рис. 4, д): питателя 6, шлакоуловителя 11, стояка 12, выпоров 13 (рис. 4, з). Поверхность разъема и модели посыпают разделительным составом, ставят верхнюю опоку 14 по центрирующим штырям 5. В опоку засыпают формовочную смесь, уплотняют, излишек смеси счищают и извлекают модели стояка и выпоров. Затем разбирают опоки и вынимают модели из полуформ (рис. 4, е). В нижнюю полуформу устанавливают стержень 1 (рис. 4, ж). Правильность установки стержня контролируют шаблонами. Затем верхнюю полуформу 4 ставят на нижнюю и скрепляют их скобами или хомутиками. Это необходимо для того, чтобы расплав не приподнимал верхнюю полуформу и не вытекал по разьему формы. Форму заливают расплавом через каналы литниковой системы. После охлаждения и затвердевания отливку 15 (рис. 4, з) извлекают из формы, очищают от пригоревшей смеси, отделяют литниковую систему и выбивают стержни. Затем отливку подвергают контролю: проверяют геометрические размеры плотность и герметичность (если требуется), выявляют внутренние дефекты. После этого отливка поступает на обработку резанием.

Технология изготовления отливки начинается с изготовления модели, стержневых ящиков, опок, модельных плит, шаблонов. Все эти операции выполняют в модельном цехе завода.

#### Контрольные вопросы.

1. Дайте экспериментальную схему устройства разовой литейной формы, назовите назначение каждой ее части.
2. Определите назначение и устройство модели, стержневого ящика и опоки.
3. Назовите этапы совершенствования литейной формы.
4. Чем отличается ремесленная технология получения отливок от промышленной?
5. Назовите автора памятника Петру I – Медный всадник?
6. Чем известен литейщик Иван Моторин?
7. Перечислите этапы совершенствования чугуна как литейного материала в ходе развития литейного производства.
8. Какую функцию выполняют стержни в литейной форме?
9. Что обеспечивает правильное положение стержня в форме?
10. Какие материалы используют для изготовления литейной формы?

## **ЛЕКЦИЯ 2.**

### **ТЕМА: СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК**

#### План лекции

1. Структура выпуска отливок с использованием различных технологий.
2. Общие технологические схемы изготовления отливок.
3. Типы литейного производства.

Во многих случаях литье – единственно возможный способ получения заготовок сложной формы. Сравнивая метод получения фасонных заготовок деталей машин путем отливки с другими методами получения фасонных заготовок – ковкой или штамповкой и сваркой, необходимо отметить следующие преимущества метода отливки:

1. С помощью отливки можно получить заготовки практически любой сложности по конфигурации. Ни путемковки и штамповки, ни путем сварки нельзя изготавливать сложных фасонных заготовок, столько максимально приближающихся к форме готовой чистовой детали.

2. Припуски на механическую обработку в отливках могут быть весьма небольшими. Это преимущество литых заготовок имеет весьма большое технико-экономическое значение, так как механическая обработка деталей является наиболее дорогостоящим процессом во всем цикле машиностроительного производства.

3. Утилизация отходов металла в литейном производстве (литник и брак) не требует значительных затрат средств и времени. Указанные отходы нуждаются лишь в переплавке, и полученный из них жидкий металл снова используется непосредственно для заливки новых деталей. В ковочно-штамповочном же и сварочном производствах для превращения отходов металла снова в листы, профили и болванки, годные к повторному непосредственному использованию, нужна целая цепь дорогостоящих переделов: плавка, нагрев для прокатки, сама прокатка, резка и новый нагрев дляковки или раскрой для сварки.

4. В литейном производстве не требуется столь дорогостоящего и тяжелого оборудования, как в ковочно-штамповочном (прессы, молоты). Поэтому постройка, монтаж и запуск литейного цеха не требуют столь больших капиталовложений и по срокам осуществляются значительно быстрее по сравнению с постройкой кузнечно-прессового цеха. Это преимущество литья представляет особую ценность в условиях, когда требуется максимальная быстрота перестройки или запуска производства на новый вид продукции, например в военное время.

5. Сравнивая полученные различными методами заготовки в отношении качества металла (прочности и надежности), необходимо отметить, что еще

основоположник современной науки о металле русский ученый и металлург Д.К. Чернов в 1868 г. писал: «...прочность литой непрокованной стали несколько не меньше прочности прокованной, если обе имеют одинаковое сложение...». Однако наличие в отливках скрытых раковин, неметаллических включений, более крупнозернистого строения и остаточных внутренних напряжений приводит к тому, что в отношении прочности и надежности литые заготовки в большинстве случаев (но не всегда) уступают кованным и штампованным. При правильно выполненной горячей обработке давлением металл приобретает мелкозернистое и плотное строение. Кроме того, кованая деталь получает в известной мере волокнистое строение, что при надлежащем расположении волокон значительно ее упрочняет.

Однако благодаря углубленному научному изучению литых сплавов за последние десятилетия качество литых изделий также значительно возросло. Об этом свидетельствует непрерывный рост гарантированных норм прочности металла в отливке, расширение номенклатуры сплавов, обладающих специальными свойствами, и замена кованных и штампованных заготовок для ряда ответственных деталей литыми.

Эффективность литейного производства может характеризовать коэффициент использования металла (КИМ) – отношение масс детали и заготовки (табл. 1).

Таблица 1

| Ориентировочные значения КИМ различных заготовок |      |
|--|------|
| Вид заготовки                                    | КИМ  |
| Литье под давлением                              | 0,95 |
| Литье по выплавляемым моделям                    | 0,90 |
| Литье в оболочковые формы                        | 0,80 |
| Литье в кокиль                                   | 0,75 |
| Литье в песчаные формы                           | 0,70 |
| Профильный прокат                                | 0,60 |
| Штамповка (горячая)                              | 0,40 |
| Прутки катаные                                   | 0,35 |
| Ковка свободная                                  | 0,30 |

Суть литейного производства состоит в том, что фасонные детали (заготовки) получают заливкой жидкого металла в литейную форму, полость которой соответствует их размерам и форме. После кристаллизации металла литую деталь (заготовку), называемую отливкой, удаляют из литейной формы и в случае необходимости отправляют в механический цех для последующей обработки.

Общая схема технологического процесса изготовления отливки приведена на рис. 5. Технология изготовления отливки начинается с разработки ее чертежа и рабочих чертежей модельного комплекта (модели и стержневого ящика).

В состав литейного цеха входят отделения: модельное, смесеприготовительное, стержневое, формовочное, плавильное, выбивное, обрубное, очистное. В модельном отделении по рабочим чертежам изготавливают модельный комплект; в смесеприготовительном – формовочную и стержневую смеси; в формовочном – литейную форму; в стержневом – стержни; в плавильном получают жидкий металл. Готовую литейную форму заливают жидким металлом и после его затвердевания в отделении выбивки отливку удаляют из формы, обрубают литниковую систему и очищают от пригара в очистном отделении. Заключительной операцией является контроль качества отливки.



Рис. 5. Схема технологического процесса изготовления отливки

*Выбор технологического процесса формовки.* Выбор технологического процесса для конкретного отделения тесно связан с общими и специальными требованиями, которые предъявляются к готовым отливкам по геометрической точности, эксплуатационной надежности и шероховатости поверхности, герметичности, коррозионной стойкости и др.

В настоящее время имеется большое разнообразие технологических процессов изготовления литейных форм, число которых превысило 50. В

табл. 2 приведены характеристики способов получения отливок в разовой форме и специальными способами.

Каждый из способов имеет свои достоинства, недостатки и определенные области применения в зависимости от вида сплава, габаритов и массы отливки, серийности производства. Этому вопросу посвящены многие литературные источники, а выбор для проектируемого цеха одного или нескольких процессов будет определяться в зависимости от производственной программы. При этом важным обстоятельством при выборе процесса должна быть производительность оборудования отделения и качество литья [2, 3].

Таблица 2

| Классификация и область применения различных способов производства литья |   |  |
|--|---|--|
| Способ производства отливок  | Область применения  | Характеристика литья   |
| Литье в песчаные формы   | машинная формовка   | Индивидуальное, серийное и массовое производство отливок любых сплавов                     |
|  | прессы  | Для мелких и средних отливок небольшой высоты  |
|  | встрягивающие машины  | Для крупных отливок, различных по весу и габаритам   |
|  | пескометы   | Для крупных и средних по весу и габаритам отливок  |
|  | пескодутьно-прессовые машины  | Для мелких и средних по весу и габаритам отливок   |
| Литье в кокиль   | Массовое и серийное производство мелких и средних по весу и габаритам отливок простой и средней сложности из любых сплавов  | Высокое качество поверхности, малые припуски на обработку                                  |
| Центробежное литье на машинах  | Индивидуальное, серийное и массовое производство отливок из любых сплавов, имеющих форму тел вращения со свободной поверхностью   | Высокое качество поверхности, малые припуски на обработку                                  |
| Литье под давлением  | Крупносерийное и массовое производство отливок из цветных сплавов, мелких и средних по весу и габаритам   | Высокий класс точности размеров и чистоты поверхности, не требующей механической обработки |
| Литье по выплавляемым моделям  | Мелкосерийное, серийное и массовое производство отливок, требующих сложной механической обработки при обычных методах, а также для деталей из материалов, трудно поддающихся механической обработке | Высокий класс точности размеров и чистоты поверхности, не требующей механической обработки |

*Типы литейного производства.* Различают следующие основные типы литейного производства: единичное, серийное и массовое (табл. 3).

Единичное производство характерно выпуском в небольших количествах самых разнообразных отливок. При этом выпуск отдельных отливок мо-

жет периодически повторяться. Примером единичного производства может служить выпуск отливок для ремонтных целей в литейных мастерских небольшой мощности или производство очень крупных единичных так называемых уникальных отливок массой в несколько десятков и сотен тонн (для мощных экскаваторов, корпусов крупных турбин и т.п.).

Серийное производство отличается периодическим выпуском отливок ограниченной или широкой номенклатуры значительными или небольшими партиями. Примером серийного производства является выпуск отливок для деталей различных типов металлорежущих станков в литейных цехах станкостроительных заводов. Серийное производство в машиностроении занимает среднее положение между массовым производством, к которому приближается крупносерийное, и единичным, к которому приближается мелкосерийное (табл. 3).

Таблица 3

| Нормы определения серийности производства отливок из чугуна и стали |  |               |            |                |              |
|---|--|---------------|------------|----------------|--------------|
| Распределение отливок по массе, кг                                  | Годовой выпуск отливок одного наименования (номенклатуры), шт. |               |            |                |              |
|   | единичное, не более  | мелкосерийное | серийное   | крупносерийное | массовое     |
| до 20   | 300  | 300-3000      | 3000-35000 | 35000-200000   | свыше 200000 |
| 20-100  | 150  | 150-2000      | 2000-15000 | 15000-100000   | свыше 100000 |
| 100-500   | 75   | 75-1000       | 1000-6000  | 6000-40000     | свыше 40000  |
| 500-1000  | 50   | 50-600        | 600-3000   | 3000-20000     | свыше 20000  |
| 1000-5000   | 20   | 20-100        | 100-300    | 300-4000       | свыше 4000   |
| 5000-10000  | 10   | 10-50         | 50-150     | 150-1000       | свыше 1000   |
| свыше 10000   | 5  | 5-25          | 25-75      | свыше 75       | -            |

Массовое производство характерно выпуском в течение более или менее длительного времени отливок определенной номенклатуры в больших количествах. Примером массового производства может служить выпуск однообразных отливок литейными цехами автомобильных и тракторных заводов.

Тип производства оказывает большое влияние на выбор методов литья и технологию изготовления отливок. На характер применяемого оборудования и организацию труда в литейном цехе. Если единичное производство характерно применением ручного труда, частичной механизацией производственных процессов, то в серийном и особенно в массовом производствах рационально использовать технически совершенное и высокопроизводительное оборудование, специальные приспособления и аппаратуру, обеспечивающие



высокую производительность и качественное выполнение операций.

Наибольшее распространение в практике получили технологии изготовления литейных форм из песчано-глинистых смесей. Типовые разновидности технологических процессов представлены на рис. 6.

*Специальные способы литья.* Принято выделять специальные способы литья. В разное время различные специалисты относили к специальным способам: новые технологические процессы, перспективные, но не получившие еще распространения; литье из новых литейных сплавов; различные виды литья в металлические формы; технологические процессы специфических однотипных отливок, изготавливаемых в больших масштабах (изложницы, трубы, поршневые кольца, ювелирные изделия и др.); литье в песчаные формы, изготовленные «необычными» методами (по выплавляемым моделям, оболочковое, наливное и др.); виды литья, которые на данном этапе развития технологии обеспечивали повышение точности размеров, качества поверхности, возможности механизации по сравнению с распространенными способами.

Стандарт по терминологии содержит понятие «способ литья» [2, 3], но не дает его определения. Технологические процессы, отнесенные к этому понятию, различаются по способам заливки, материалам форм, типу оснастки, способам изготовления литейных форм. По-видимому, способ литья должен включать совокупность основных материалов и процессов, участвующих в изготовлении литейной формы и получении отливки. Параметры указанных материалов и процессов можно разбить на следующие категории: разновидности основ формовочных материалов и разновидности связующих добавок к дисперсным основам формовочных смесей; типы модельно-опочной оснастки, применяемой для изготовления элементов литейных форм из дисперсных материалов; способы уплотнения дисперсных формовочных смесей и сборка литейных форм; способы заполнения литейных форм жидким расплавом.

Каждый самостоятельный способ литья отличается от другого хотя бы по одной из пяти перечисленных позиций; отличие возможно не только по одной, но и по двум-трем позициям.

#### Контрольные вопросы.

1. В чем заключается сущность процесса литья фасонных отливок? Какова при этом роль формы?
2. Укажите преимущества литья как метода получения заготовок машиностроительных деталей.
3. Перечислите достижения технологии литейного производства в XX в.
4. По каким признакам классифицируют отливки? Перечислите требования, предъявляемые к отливкам в современных условиях машиностроительного производства.
5. Укажите методы получения фасонных отливок. Каковы преимущества специальных способов литья?

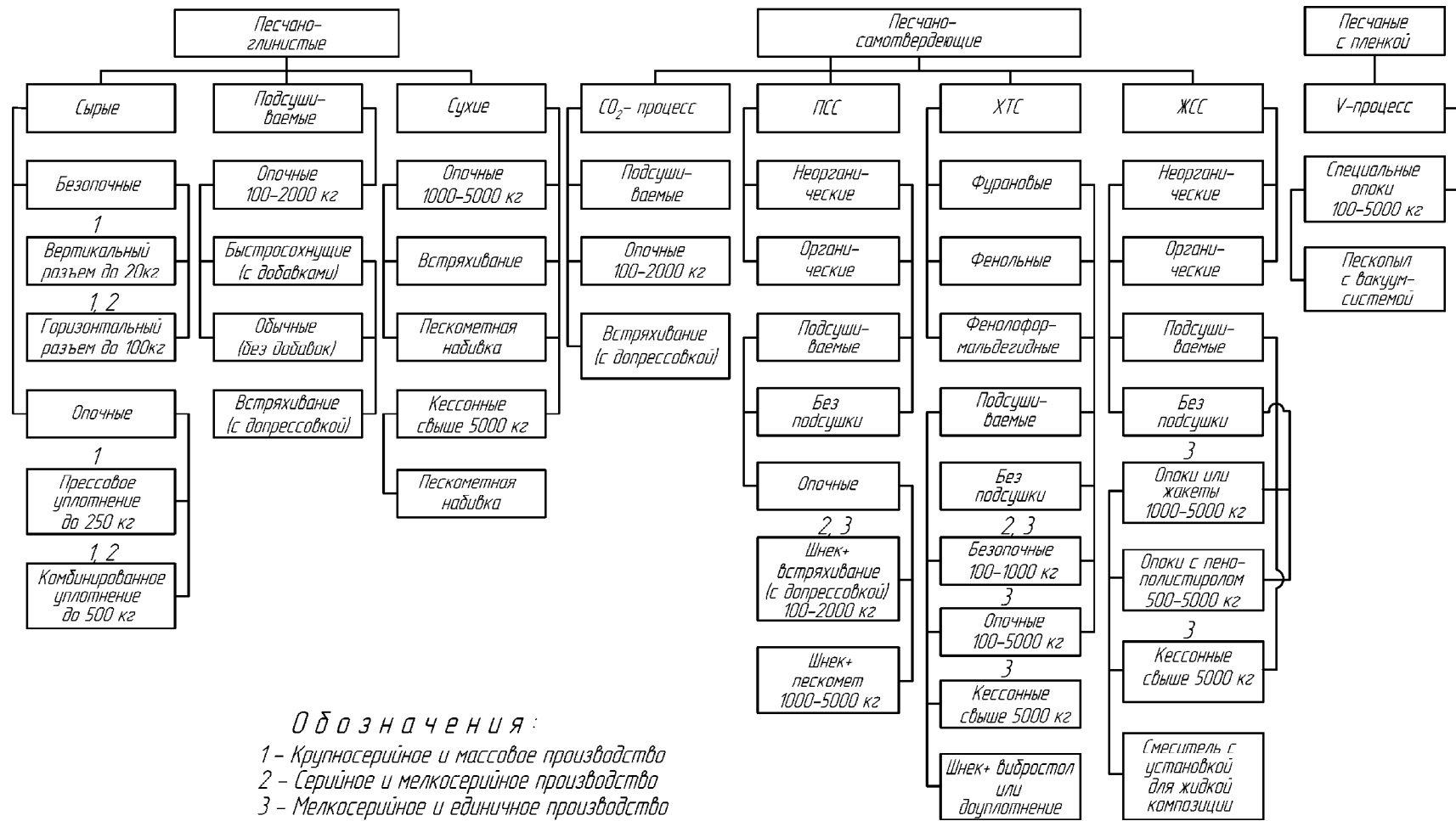


Рис. 6. Типовые технологические процессы изготовления разовых объемных песчаных форм

6. Из каких элементов состоит разовая песчаная форма, укажите их роль в процессе получения отливки?
7. Назовите этапы технологического процесса литья в разовые песчаные формы.
8. Перечислите отделения литейного цеха и укажите их задачи.
9. Назовите типы литейного производства и приведите их краткую характеристику.
10. Что такое коэффициент использования металла (КИМ)?

### **ЛЕКЦИЯ 3.**

#### **ТЕМА: ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ. НАЗНАЧЕНИЕ. СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ**

План лекции

1. Материалы для изготовления литейных форм.
2. Формовочные и стержневые смеси.
3. Уплотнение смесей.

Для получения качественных отливок в песчаных формах большое значение имеют формовочные смеси, качество которых зависит от качества исходных материалов.

Формовочная смесь состоит из наполнителя, связующего и специальных добавок.

*Наполнители* должны обладать относительно высокой огнеупорностью, термической стойкостью, инертностью к расплавленному металлу, механической прочностью, низким коэффициентом термического расширения, однородным зерновым составом и минимальной стоимостью. На первых этапах развития литейного производства в качестве наполнителей применялись кварцевые пески и пылевидный кварц (маршалит). В связи с ростом требований к качеству отливок стали использовать другие природные, а также искусственные материалы.

Наполнители формовочных смесей в первую очередь должны иметь концентрированный гранулометрический состав. Известные наполнители по гранулометрическому составу могут быть разделены на две группы: пески (фракция до 0,1 мм) и порошки (фракция менее 0,063 мм). Пески используются при изготовлении смесей, порошки – противопригарных паст, красок и в качестве добавок.

*Связующие материалы* определяют прочностные характеристики смесей и красок в исходном и нагретом состояниях. В литейном производстве в качестве связующих используется большое количество материалов.

Применительно к поставленной задаче связующие целесообразно рас-

смазывать совместно с добавками или реагентами, предназначенными для их отверждения. Основными характеристиками связующих являются прочность на сжатие смеси связующего с песком в отвержденном состоянии, температура начала деструкции и количество выделяющихся при этом газов (газотворность).

Анализ существующих тенденций в отечественной и зарубежной промышленности показал, что в качестве связующего для изготовления форм целесообразно применять, прежде всего, огнеупорную глину, портландцемент, жидкое стекло, синтетические смолы; для изготовления стержней – жидкое стекло с порошкообразными и жидкими отвердителями, фенолфурановые, фенолформальдегидные, карбамидно-фурановые, а также фосфатные связующие.

*Добавки* служат для регулирования технических свойств смесей. Добавки к наполнителям используют обычно в виде тонкодисперсных материалов (порошков), увеличивающих плотность смеси. Они повышают прочность смеси за счет активации системы «наполнитель – связующее», препятствуют проникновению металла в форму как порозаполнители. Кроме того, имеется большое число добавок, например, ванадий, теллур, магний, алюминий и другие элементы, которые являются основной составляющей красок для поверхностного легирования металла.

Добавки к связующему бывают нескольких типов: отвердители, пенообразователи (поверхностно-активные вещества – ПАВ) и модификаторы.

*Основные требования, предъявляемые к смесям.* Все свойства смесей делятся на технологические, рабочие и общие. *К технологическим свойствам* смесей относятся прочность во влажном и упрочненном состояниях, выбиваемость, осыпаемость, текучесть, живучесть и долговечность; *к рабочим* – прочность в нагретом состоянии, огнеупорность, податливость, газотворность и газопроницаемость, поверхностная прочность, склонность к пригару и теплофизические характеристики смесей. *Общие свойства* зависят от свойств исходных формовочных материалов и определяют объемную массу, пористость, зерновой, минералогический и химический составы. От комплекса свойств смесей наравне с технологическими особенностями зависит качество отливок.

*Процессы, протекающие при уплотнении и упрочнении смеси.* В разрыхленном состоянии смесь, выпущенная из смесителя, имеет очень малую прочность. В процессе уплотнения смеси ее прочность увеличивается, что дает возможность использовать смеси, упрочненные только уплотнением при формовке по-сырому. В процессе уплотнения, кроме формирования прочности, осуществляется плотное облевание смесью всех участков поверхности модели или стержневого ящика.

Для уплотнения смеси применяют различные способы: уплотнение трамбовками, прессование, вибропрессование, встряхивание, вдувание и выстреливание смеси (пескодувный и пескострельный способы), метание пор-

ций смеси (пескометный способ), вакуумирование форм и др. В процессе уплотнения смеси изменяется ее структура и возрастает плотность. Способность смеси к увеличению плотности при уплотнении называется уплотняемостью.

Уплотнение характеризуют работой, затраченной на уплотнение стандартного образца смеси (диаметром и высотой 50 мм), отнесенной к единице объема образца. Так как уплотнение оказывает влияние на многие свойства смеси, то испытания смесей производят при стандартном уплотнении. Образец уплотняется тремя ударами груза копра массой  $M = 6,35$  кг, падающего с высоты  $h = 50$  мм.

Под технологически необходимой степенью уплотнения следует понимать распределение плотности формовочной смеси в форме, обеспечивающее получение бездефектных отливок. Общее положение о том, что в большинстве случаев качественные отливки получаются при относительной плотности смеси 85-90 % от максимально возможной для данного состава, было экспериментально подтверждено при изготовлении отливок разных конфигураций. Были выделены 3 группы сложности моделей (рис. 7) [2, 3].

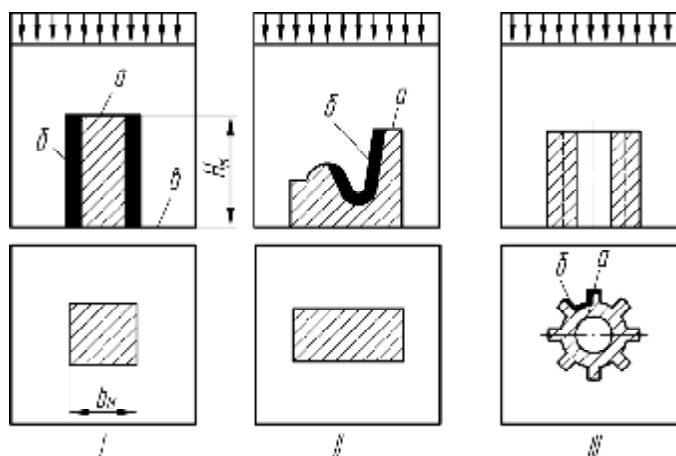


Рис. 7. Группы сложности моделей

К группе *I* отнесены модели с отношением высоты  $H_m$  к поперечному размеру  $b_m$ , значительно превышающим 1. К группе *II* отнесены модели, имеющие сравнительно небольшую высоту, но сложный контур поверхности. Трудноуплотняемым местом в этом случае оказывается поверхность кармана *б*. Для моделей группы *III* трудноуплотняемыми являются «межреберные» цилиндрические поверхности с большой высотой по образующей, перпендикулярной к разъему, а также вертикальные поверхности образующие конфигурацию ребер (поверхности *а* и *б*).

Технологически необходимую степень уплотнения следует определять по минимально допустимому значению плотности смеси в трудноуплотняемом месте поверхностного слоя формы, непосредственно контактирующего с металлом при заливке. Очевидно, что при верхнем прессовании жесткой ко-

лодкой значения этих плотностей могут быть достигнуты только за счет переуплотнения верхних слоев формы, контактирующих с прессовой колодкой. Эти слои характеризуются пониженной газопроницаемостью, что при значительном переуплотнении может приводить к образованию газовых раковин, вскипов и т.д. В связи с этим степень переуплотнения верхних слоев формы, обуславливающая снижение газопроницаемости, ниже некоторого «критического» значения, и определяют границу применения способа уплотнения жесткой прессовой колодкой.

В табл. 4 определены трудно уплотняемые поверхности при уплотнении форм с моделями различных групп и приведены ориентировочные значения минимально допустимой плотности смеси для возможности получения качественных отливок (абсолютные и относительные значения).

Таблица 4

Минимально допустимые плотности смеси

| Вид поверхности  | Группа моделей | Минимально допустимая плотность смеси |       |
|--|----------------|---------------------------------------|-------|
|  |                | г/см <sup>3</sup>                     | %     |
| Цилиндрические поверхности, перпендикулярные к ладу полуформы          | I              | 1,55                                  | 80    |
| Криволинейные полости различной глубины                                | II             | 1,55-1,65                             | 80-85 |
| Межреберные цилиндрические поверхности с большой высотой по образующей | III            | 1,55-1,65                             | 80-85 |

В качестве ориентировочных рекомендовано применять следующие значения плотности смеси в трудноуплотняемом месте контура: для отливок моделей II и III группы  $\delta_{\min} = 1,55-1,60$  г/см<sup>3</sup>; для ответственных отливок моделей I группы  $\delta_{\min} = 1,55$  г/см<sup>3</sup>; для неответственных отливок моделей I группы  $\delta_{\min} = 1,5$  г/см<sup>3</sup>.

Приведенные в таблице абсолютные и относительные значения плотностей получены применительно к смесям конвейерной формовки, имеющим следующий уровень свойств: прочность на сжатие 0,06 МПа, влажность 4,3 %, газопроницаемость 126 ед., текучесть по Г.М. Орлову 60-70 %. Значение максимально возможной плотности для данной смеси принималось равным 1,94 г/см<sup>3</sup>. Коэффициент неравномерности уплотнения для выделенных групп моделей составлял 0,9-0,95 [2, 3].

*Формовочные смеси и способы их упрочнения.*

*Смеси для формовки по-сырому.* Изготовление отливок в сырых невысушенных формах имеет много преимуществ в сравнении с традиционной технологией заливки по-сухому. При этом сохраняется производственный цикл от изготовления формы до заливки, увеличивается съём литья с единицы площади литейного цеха.

Заливка по-сырому ограничена величиной и массой отливки, тепловое

поле которой влияет на состояние и поведение сырой формы.

В зависимости от способа приготовления формовочные смеси для изготовления отливок по-сырому делятся на: природные (содержат все компоненты смеси в естественном состоянии); синтетические (отдельные составляющие смеси – связующее, наполнитель и добавки взаимно перемешиваются в процессе приготовления).

По способу применения смеси разделяют на: облицовочные; наполнительные; единые.

В зависимости от вида заливаемого металла различают смеси для: стального литья; серого и ковкого чугуна; цветного литья.

*Смеси для формовки по-сырому.* Масса отливки, ее сложность и толщина стенок ограничивают возможность применения заливки по-сырому. При сушке повышается прочность форм. Прочность смеси после сушки зависит от типа и содержания связующего, исходной влажности и температурного режима сушки. Для сухих форм при производстве средних и тяжелых отливок применяются как естественные пески, так и полусинтетические и синтетические смеси. Синтетические смеси для формовки по-сырому готовят из кварцевых песков и соответствующего глинистого связующего. Бентонитовые глины, вследствие их низкого содержания в смеси, не обеспечивают достаточной прочности после сушки, поэтому применяются гидрослюдистые и каолиновые глины. Их количество в смеси выбирается от 10 до 20 % в зависимости от требуемой прочности по сырому (минимум 60 кПа) и после сушки (до 1000 кПа).

Для повышения газопроницаемости сухих форм в смесь вводятся добавки опилок, ЛСТ в количестве 2-4 %.

*Смеси с жидким стеклом.* Жидкое стекло представляет собой коллоидный раствор, силикатов щелочных металлов.

В зависимости от способа отверждения жидкого стекла в формовочных смесях их можно разделить на следующие виды: смеси, отверждаемые углекислым газом; смеси, отверждаемые при добавке кислых катализаторов или путем иной дегидратации.

К первой группе относится так называемая базовая химически твердеющая смесь по  $\text{CO}_2$ -процессу, которая отверждается при продувке углекислого газа через смесь кварцевого песка и жидкого стекла. Эта смесь чаще всего содержит чистый кварцевый песок и 5-7 % жидкого стекла плотностью 1,48-1,52 г/см<sup>3</sup>. Влажность смеси выбирают, исходя, прежде всего, из условия достижения наибольшей прочности.

В базовый состав смеси вводятся добавки, придающие смеси различные специальные свойства. Небольшое повышение прочности смеси в сыром состоянии обеспечивается добавкой сахаридов, более значительное добавками глинистых связующих при одновременной стабилизации жидкого стекла гидроксидами щелочных металлов. Улучшение выбиваемости после заливки обеспечивают добавками органических или минеральных веществ, химиче-

скую инертность по отношению к легированным сталям – применением в качестве наполнителя хромомагнезита, корунда, циркона и др.

Ко второй группе смесей относятся: смеси, отверждаемые путем физической дегидратации; смеси, отверждаемые при взаимодействии жидкого стекла и кислых катализаторов.

К смесям, самозатвердевающим при сушке на воздухе или подсушиваемым газом, относится базовая химически твердеющая смесь по  $\text{CO}_2$ -процессу с добавкой примерно 4 % бентонита и стабилизированная примерно 0,5 %  $\text{NaOH}$ . Эта смесь обладает достаточной прочностью в сыром состоянии и некоторой пластичностью. После извлечения модели форму оставляют для подсушки на воздухе, в результате чего жидкое стекло переходит в высушенный гидратированный силикат натрия.

Смесь с жидким стеклом отверждается без существенного экзотермического эффекта добавками двухкальциевого силиката  $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ . При этом протекает процесс, подобный затвердеванию цемента. Феррохромовый шлак, содержащий около 70 % двухкальциевого силиката, в количестве 3-4 % перемешивается со смесью, содержащей 6-8 % жидкого стекла. Смесь должна быть использована в течении весьма короткого промежутка времени и поэтому рекомендуется при непрерывном изготовлении стержней и форм. Другим вариантом этой смеси является жидкоподвижная формовочная смесь, в которой вследствие добавок поверхностно – активных веществ раствор жидкого стекла вспенивается (снижение поверхностного натяжения раствора жидкое стекло – вода) и вспененная формовочная смесь заливается в вибрируемые стержневые ящики. Такие смеси называют наливными, жидкотекучими, вспененными и др.

Быстротвердеющей является также формовочная смесь, состоящая из кварцевого песка, жидкого стекла и порошкообразного 75 %-го ферросилиция, причем затвердевание смеси сопровождается существенным экзотермическим эффектом. Для протекания оптимального процесса затвердевания выбирается строго определенное соотношение количества жидкого стекла и ферросилиция, которое для жидкого стекла с модулем  $m = 2,4$  составляет 3,8-3,9.

Недостатками жидкостекольных смесей являются затрудненная выбиваемость и сложность регенерации. Поэтому в последнее время для жидкостекольных смесей получают распространение жидкие отвердители, в качестве которых применяют сложные эфиры уксусной кислоты и глицерина (моноацетин, диацетин, триацетин) или эфиры уксусной кислоты и этиленгликоля (этилен-гликольдиацетат), либо кремнефтористо-водородную кислоту (6-12 % водный раствор), что существенно улучшает выбиваемость и вымываемость смесей.

*Формовочные смеси с фенолоформальдегидными смолами.* Фенолоформальдегидные смолы в зависимости от способа производства и применения разделяются на: фенолформальдегидные или крезолоформальдегидные вод-



ные растворы; фенолоформальдегидные порошковые связующие (новолаки).

Жидкие резоли ФФ производят конденсацией фенола и формальдегида в присутствии щелочного катализатора. Базовые смолы часто модифицируются полиамидами, стабилизаторами, сахарами и веществами, препятствующими высыханию. В формовочных смесях в зависимости от требуемой прочности после сушки содержание смолы составляет 2-4 %.

Жидкие фенольные связующие отверждаются при температурах 190-220 °С или при добавках сильных катализаторов при нормальной температуре. Порошкообразные фенольные связующие применяются при изготовлении оболочковых форм и стержней. Порошкообразное связующее при нагреве не отверждается, однако твердеет при добавках гексаметилентетрамин и повышении температуры. Смеси для оболочковых форм готовят путем так называемого плакирования. Этот метод состоит в обволакивании зерен песка смолой, находящейся в виде раствора в этаноле, либо жидкой смолой с последующим испарением примененного растворителя и сепарацией отдельных зерен смеси. Затем добавляется соответствующее количество гексаметилентетрамина. Смесь отверждается при контакте с нагретой модельной плитой или стержневым ящиком.

*Формовочные смеси с мочевиноформальдегидными смолами.* Из технических аминовых смол в литейном производстве чаще всего применяются мочевиноформальдегидные, так называемые термореактивные карбамидные. Они образуются при поликонденсации 1 молекулы мочевины с 1,8-2,2 молекулами формальдегида в слабокислой среде.

Смолы обычно находятся в виде водного раствора, иногда частично упариваются или сушатся для повышения стабильности. Известно большое количество технологических процессов их получения, которые отличаются молекулярным отношением, концентрацией исходных составляющих, условиями протекания реакции (температурой, временем, показателем рН и др.).

Карбамидные смолы во многих случаях модифицируются различными веществами с целью улучшения или повышения некоторых их специфических свойств: негигроскопичности, стабильности, пластичности и др. Модифицирование связующего добавками происходит либо в процессе производства смолы, либо при приготовлении литейной стержневой смеси.

Отверждение связующего осуществляется путем нагрева смеси или с помощью катализаторов. Поскольку отверждение при нагреве протекает относительно медленно, его ускоряют, вводя кислые катализаторы. Наиболее пригодны так называемые инертные катализаторы, которые при нормальной температуре и нормальных условиях хранения смеси не проявляют каталитического действия. К наиболее эффективным инертным катализаторам относятся борная кислота, высвобождающая ионы  $H^+$  лишь при температурах отверждения смеси, когда проявляется так называемый тепловой (термический) катализ.

Количество карбамидной смолы в смесях выбирается аналогично сме-

сям с фенолоформальдегидными смолами, температура отверждения этой смеси, однако, более низкая и колеблется в интервале 150-170 °С. Амидные смолы содержат большое количество азота, что приводит к появлению в стальных отливках сито видной пористости, поэтому они применяются только в формовочных смесях для отливок из серого чугуна и цветных металлов.

*Формовочные смеси с фурановыми смолами.* Литейные фурановые смолы являются сополимерами фурфуролового спирта и мочевины или фенола и формальдегида.

В качестве связующего фурановые смолы применяются, прежде всего, для приготовления смесей, быстро твердеющих при нормальной температуре. Скорость твердения регулируется количеством катализатора, температурой смеси и скоростью перемешивания. Катализ происходит чаще всего в присутствии минеральных кислот (фосфорной, соляной, серной в растворах этанола). Отверждение происходит в течение нескольких минут, поэтому смеси с фурановыми связующими готовят в шнековых смесителях непрерывного действия, обеспечивающих непрерывное приготовление смеси так, чтобы она не твердела в смесителе.

При исключении или снижении количества катализатора в смеси ее живучесть увеличивается, при этом возможно отверждение при нагреве. Температура отверждения составляет 230-250 °С.

#### Контрольные вопросы.

1. Приведете главные требования, предъявляемые к смесям для форм, заливаемым без просушки, с поверхностной и полной просушкой, разница в составе смесей, содержании в них влаги и связующих веществ?
2. Какие формовочные смеси применяют при изготовлении форм для крупных отливок и для охлаждения их массивных частей взамен металлических холодильников?
3. Классификация стержней и стержневых смесей по условиям их службы в литейной форме. Какие типовые составы и свойства смесей целесообразно иметь для каждого класса стержней?
4. Режимы сушки стержней в зависимости от состава смесей, веса и габарита стержней?
5. Укажите преимущества стержневых смесей ХТС и ГТС?
6. Чем вызывается применение для стержневых и для некоторых формовочных смесей специальных связующих материалов и новых теплопроводных формовочных материалов. Какие это новые материалы, их краткая минералогическая характеристика, огнеупорность, химическая активность и области применения?
7. Какие в настоящее время известны быстровысыхающие материалы, и какие из них наиболее широко применяются в промышленности?

вследствие сравнительной дешевизны, недефицитности и эффективности?

8. Какие материалы употребляются в качестве противопригарных формовочных материалов?

#### ЛЕКЦИЯ 4.

#### ТЕМА: РУЧНАЯ ФОРМОВКА В ОПОКАХ. ПОЧВЕННАЯ ФОРМОВКА

План лекции

1. Почвенная формовка.
2. Ручная формовка в опоках.
3. Разновидности процессов формовки.

*Формовкой в почве* называют процесс изготовления форм на земляном плацу формовочного отделения. Открытая почвенная формовка применяется для неотвественных отливок с плоской верхней стороной (рис. 8, а). Работа начинается с приготовления постели. Для этого на формовочном плацу роют яму, диаметр которой немного больше размера проекции модели, а глубина больше высоты модели (примерно на длину лопаты).

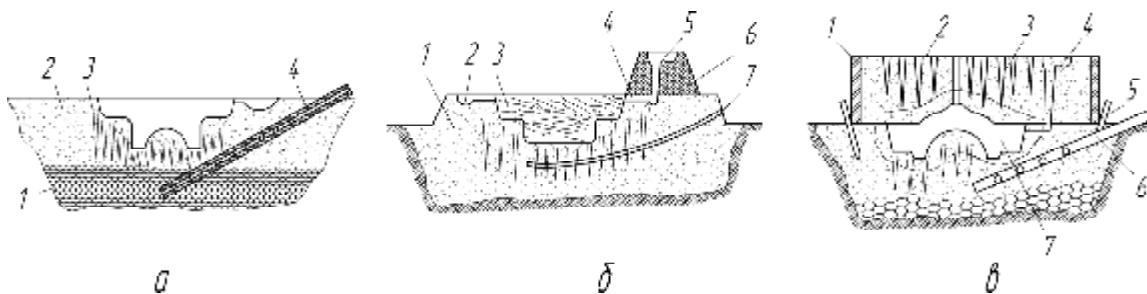


Рис. 8. Почвенная формовка

В приготовленную яму укладывается ровным слоем кокс 1 (твердая постель), а на него – оставшаяся от вскапывания ямы земля 2, обычно представляющая собой старый формовочный материал. Коксовая постель подготавливается для лучшего удаления из формы газов, выделяющихся при отливке. Для этой же цели и лучшего охлаждения отливки в постель можно укладывать трубы 4 и накалывать каналы 3.

При отливках небольшой толщины (например, плиты), которые не выделяют на единицу горизонтальной поверхности модели значительного количества газов, можно сделать мягкую постель вместо коксовой.

На подготовленную постель 1 (рис. 8, б) кладут модель 3 лицевой сто-

роной книзу и несколькими ударами деревянного молотка осторожно осаживают ее. Горизонтальность верхней плоскости осаженной модели проверяют уровнем. По бокам до верхней кромки модель обкладывают формовочной смесью и утрамбовывают. Смесью зачищают в уровень с моделью, а поверхность заглаживают, затем вырезают литниковое углубление под чашу и от него прорезают канал для прохода металла в форму 4. На противоположной стороне модели проделывается такой же канал с приямком 2 для слива из формы лишнего металла. Для повышения газопроницаемости уплотненной смеси изогнутым душником накалывают каналы 7. После выемки модели и отделки форму припыливают и заливают металлом через литниковую чашу 5, выполняемую в небольшой приставной опоке б или стержне. При этом поверхность залитого металла сразу же посыпают слоем мелкого древесно-угольного порошка и поверх него сухой землей.

Для получения крупных и тяжелых отливок применяется закрытая почвенная формовка, при которой верхняя часть отливки получается в опоке, а нижняя – в твердой постели (рис. 8, в). При этом способе после окончательного осаживания модели плоскости разъема формы приглаживают и присыпают сухим разделительным песком. Затем модель накрывают опокой 1, устанавливают модели стояка и выпора и набивают формовочной смесью верхнюю часть формы 2.

После набивки опоки и накалывания в ней вентиляционных каналов 3 прорезают литниковую чашу 4 и вытаскивают модели стояков и выпоров. Затем верхнюю опоку снимают, удаляют модель, отделяют форму, углы и выступающие места укрепляют шпильками (прошпиливают), посыпают угольным порошком и нижнюю часть формы накрывают верхней опокой. Во избежание перекосов верхнюю опоку устанавливают по направляющим кольшкам 5, которые вбивают в постель еще до начала формовки верхней опоки. Собранный форма нагружается, и затем полость формы 7 заливается жидким металлом. Вывод газов осуществляется по трубам б.

*Формовка по шаблону.* При изготовлении индивидуальных отливок иногда технически целесообразно и экономически выгодно применять шаблоны (рис. 9).

Шаблон представляет собой доску, имеющую металлическую окантовку по профилю, соответствующему получаемой форме.

После установления стального шпинделя (оси) 1 с надетым на него шаблоном I насыпают вокруг опоры постель 4 и для выхода газов прокладывают наружу газоотводную трубу 3. Затем сверху кладут формовочную смесь 2 соответственно форме шаблона и утрамбовывают ее. Поворачивая шаблон и снимая излишек смеси, получают поверхность земляной модели, соответствующую наружной поверхности отливки (рис. 9, а). Эту поверхность посыпают разделительным песком или покрывают тонкой бумагой, сверху накладывают опоку 5, устанавливают модель литника и заформовывают опоку (рис. 9, б). После набивки и снятия опоки на шпиндель надевают шаблон II

для получения выемки, соответствующей внутренней поверхности отливки (рис. 9, в).

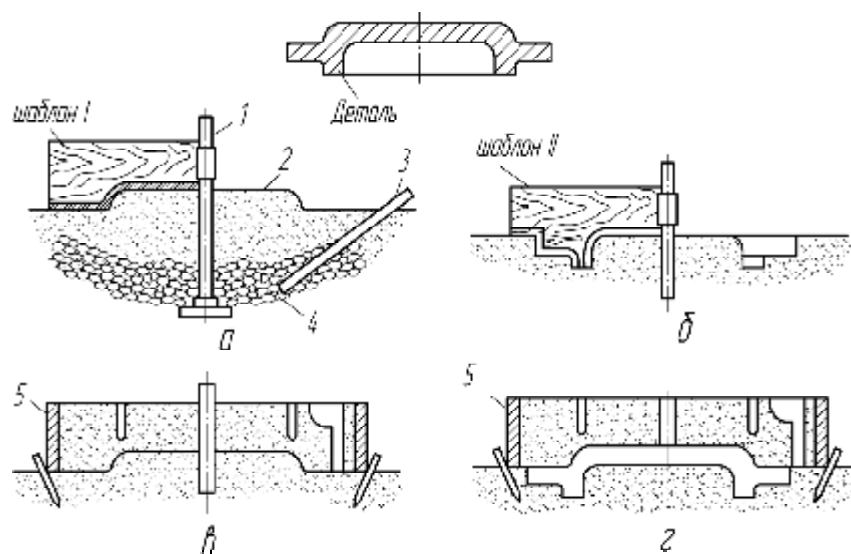


Рис. 9. Формовка по шаблону вращения

После изготовления нижней части формы шпindel убирается, а отверстие заделывается землей. Опокой 5 перекрывают нижнюю часть формы и производят заливку (рис. 9, г).

В зависимости от конфигурации и размера отливок, а также от количества, изготавливаемых отливок ручная формовка может выполняться несколькими – способами.

*Формовка по скелетной модели.* Формовка по скелетной модели – формовка для крупногабаритных отливок, представляющая собой комбинацию формовки по модели и формовки по протяжному шаблону (рис. 10). Скелетную модель, толщина стенок которой равна толщине стенок будущей отливки, заформовывают в почве. Отделяют внутреннюю поверхность формы и застилают бумагой. По полученному своеобразному стержневому ящику изготавливают стержень, верхняя часть которого зачищают шаблоном.

Затем снимают верхнюю часть модели, вынимают стержень и тем же шаблоном удаляют смесь между брусками в нижней модели. Извлекают нижнюю часть модели, форму отделяют и выполняют литниковую систему.

*Формовка в двух опоках* производится как по цельной, так и по разъемной модели и очень широко распространена в литейных цехах машиностроительных заводов. Если модели мелкие, их можно формовать в одной опоке сразу по несколько штук. При этом расстояние между отдельными моделями берется 20-25 мм и от края опок 20-30 мм. Отливку обычно размещают в нижней опоке, а каналы литниковой системы и выпоры в верхней.

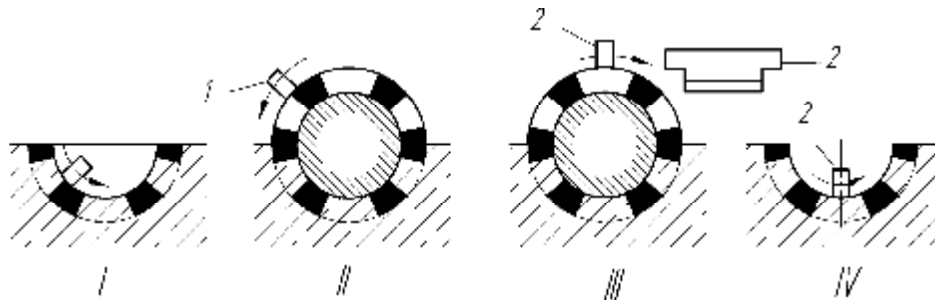


Рис. 10. Схема формовки по скелетным моделям:  
 I – отделка внутренней поверхности формы; II – формовка стержня; III – отделка стержня;  
 IV – отделка внешней поверхности формы; 1, 2 – шаблоны

*Формовка по цельной модели в двух опоках.* Формовка (рис. 11) выполняется следующим образом. Модель очищают от формовочной смеси, припыливают и кладут гладкой поверхностью на подмодельную доску (рис. 11, а). Затем на нее ставят нижнюю опоку, через сито насеивают слой облицовочной смеси, после чего в несколько приемов слоями толщиной до 50-70 мм засыпают наполнительную смесь и утрамбовывают ее.

Излишек смеси сверху опоки срезают линейкой и делают душником наколы 1, не доходящие до модели на 10-15 мм (рис. 11, б). Набитую нижнюю опоку поворачивают на 180°, плоскость разъема опок заглаживают гладилкой, посыпают разделительным песком и модель накрывают верхней опокой.

После этого в верхней опоке размещают модели стояка и выпоров с таким расчетом, чтобы они были достаточно удалены от стенок и крестовин опоки (рис. 11, в). После уплотнения смеси в верхней опоке и извлечения из формы модели стояка и выпоров опоку поднимают и кладут на ребро или поворачивают на 180°. Если не применяют модели питателей и шлакоуловителей, литниковые каналы прорезают вручную до момента извлечения модели из формы. После удаления модели форму исправляют, обдувают и припыливают; при необходимости ставят стержни. Затем верхнюю опоку по штырям осторожно устанавливают на нижнюю (рис. 11, г).

Точное центрирование при спаривании опок производится с помощью контрольных штырей, вставляемых в отверстия центрирующих ушков. Различают два способа спаривания опок – «штырем» или «на штырь». В первом случае штыри вставляются в ушки верхней опоки и при сборке формы проходят в отверстия втулок нижней опоки. При сборке «на штырь» контрольные штыри удерживаются в ушках нижней опоки, а верхняя опока «садится» на штыри своими центрирующими отверстиями. В условиях серийного и массового производства этот способ наиболее распространен. Во избежание прорыва металла через плоскость разъема во время заливки опоки скрепляются металлическими скобами. Центрирующие штыри после спаривания опок вынимают и используют для центровки следующей пары опок.

*Формовка в двух опоках по разъемной модели.* При формовке в двух опоках по разъемной модели (рис. 12) на модельную плиту устанавливают

нижнюю часть модели лицевой стороной кверху и на эту же доску ставят нижнюю опоку ушками книзу. Модель, предварительно протертую керосином, припудривают модельной пудрой и засеивают тонким слоем (15-20 мм) облицовочной смеси. Затем заполняют опоку наполнительной смесью и утрамбовывают вначале клиновой трамбовкой по углам, а затем плоской по всей поверхности. Набитую опоку накалывают душником, переворачивают на 180° и ставят на выровненную площадку на плацу.

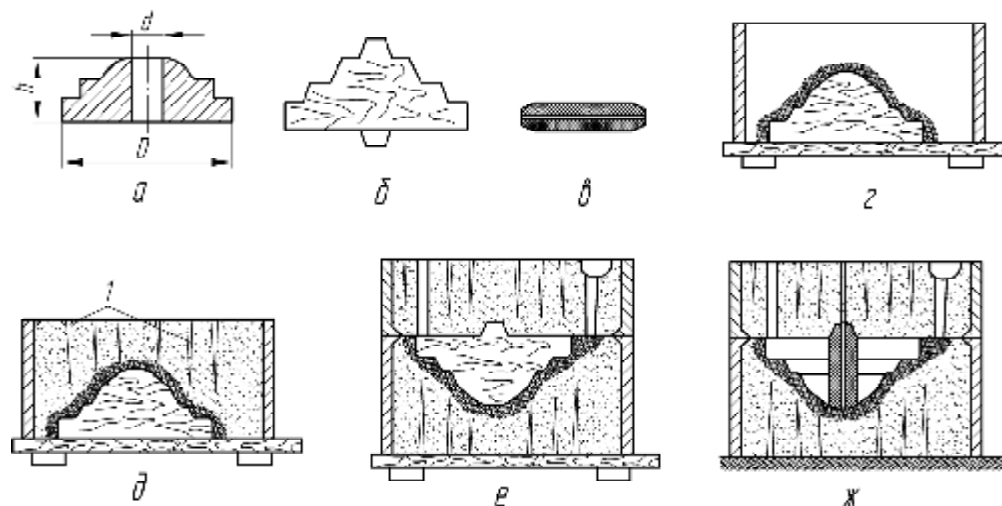


Рис. 11. Формовка в двух опоках по цельной модели:  
*а* – отливка; *б* – модель; *в* – стержень; *г, д, е, ж* – операции формовки

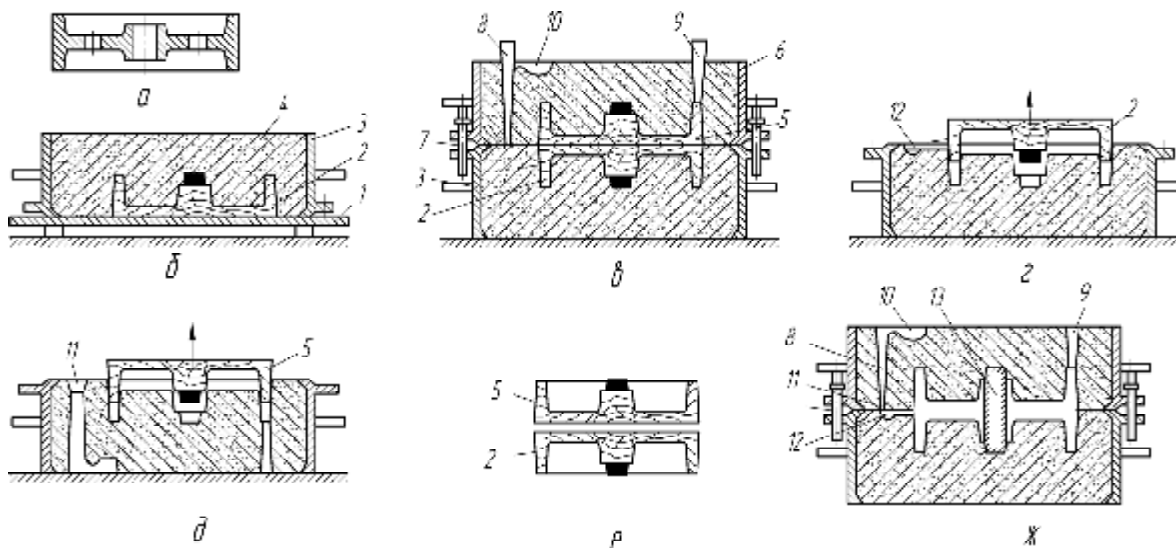


Рис. 12. Форма для изготовления шкива, выполненная в двух опоках:  
*а* – деталь; *б, в, г, д* – операции изготовления формы; *е* – модель; *ж* – собранная форма

На нижнюю половину модели по центрирующим штырям устанавлива-

ют верхнюю половину, и плоскость разъема формы посыпают сухим разделительным песком.

Затем на нижнюю опоку ставят верхнюю, припудривают модель, устанавливают модели литников и выпора и заформовывают верхнюю опоку в таком же порядке, как нижнюю. После набивки верхней опоки и накалывания в ней вентиляционных каналов вытаскивают из верхней опоки модель стояка и выпоров и расширяют верхнюю часть стояка в виде литниковой чаши.

Затем снимают верхнюю опоку, устанавливают ее плоскостью разъема вверх, прорезают питатели на нижней полуформе и смачивают кромки обеих полуформ в местах соприкосновения их с половинками моделей для предупреждения осыпания формовочной смеси при выемке модели. После этого вынимают подъемником модели из формы, исправляют возможные повреждения, припыливают и приглаживают поверхности, устанавливают стержень и, наконец, собирают форму для заливки, опустив верхнюю опоку на нижнюю по направляющим штырям.

Модели сложных отливок иногда требуют большого количества плоскостей разъема, так как при одной плоскости удаление отдельных частей модели невозможно.

В этом случае применяют формовку в трех или более опоках.

*Формовка с подрезкой.* Применяется для изготовления отливок по неразъемной модели со сложной или криволинейной конфигурацией. Пример формовки с подрезкой показан на рис. 13. Модель кладут плоскостью разъема на подмодельный щиток и заформовывают в нижней опоке (рис. 13, в). Затем нижнюю опоку поворачивают на  $180^\circ$  и при помощи ланцета – или гладилки подрезают плоскость разъема (рис. 13, г), т.е. выбирают формовочную смесь по периметру модели так, чтобы ее можно было извлечь без нарушения формы. Подрезать необходимо до частей модели, мешающих свободному удалению ее из формы. После подрезки в форме получается выемка, стенки которой делаются пологими, чтобы земляной выступ (земляной болван), образующийся при изготовлении верхней полуформы, легче вынимался.

Плоскость разъема заглаживают и посыпают разделительным песком. Далее на нижнюю опоку ставят верхнюю, устанавливают модели литниковой системы и производят набивку верхней опоки. Формовку верхней полуформы производят обычным способом. При съеме верхней опоки необходимо соблюдать осторожность, чтобы земляной болван, образованный контуром подрезки, не обвалился. Затем модель из нижней опоки удаляют, форму отделяют и собирают для заливки (рис. 13, д).

Метод формовки с подрезкой применяется при изготовлении небольшого количества отливок.

*Формовка с фальшивой опокой.* Формовка с фальшивой опокой является разновидностью формовки с подрезкой. Фальшивая опока служит фасонным подмодельным щитком и участвует только в процессе формовки.

Процесс формовки с применением фальшивой опоки (рис. 14) заключа-



ется в следующем. На подмодельный щиток ставят опоку, насыпают в нее формовочную смесь и плотно набивают. Излишек смеси срезают линейкой, опоку поворачивают на  $180^\circ$  и кладут разъемом кверху. Поверхность разъема заглаживают, в форме делают углубление, подобное очертаниям модели, в которое легкими ударами деревянного молотка в несколько приемов осаживают модель (рис. 14, б), затем расталкивают ее и вынимают. Поверхность отпечатка модели посыпают разделительным песком, после чего модель снова укладывают в форму. На эту так называемую фальшивую опоку устанавливают опоку низа, в которой производят формовку нижней полуформы (рис. 14, в). После набивки обе опоки поворачивают на  $180^\circ$  и снимают фальшивую опоку. Модель при этом остается в нижней опоке (рис. 14, г). Дальнейший процесс изготовления формы осуществляется как обычно (рис. 14, д).

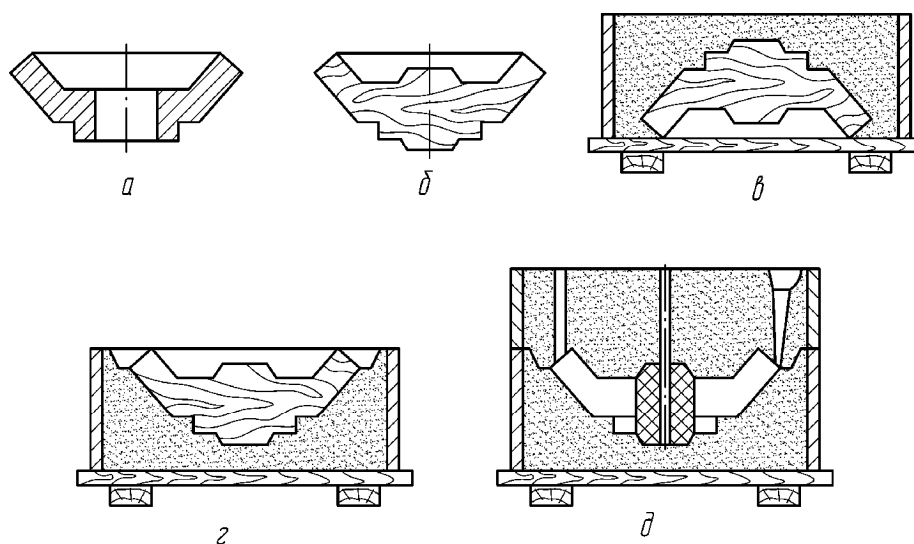


Рис. 13. Формовка с подрезкой:  
а – деталь; б – модель; в, г, д – операции формовки

Для большой партии отливок фальшивую опоку делают из гипса, глины или других прочных материалов, и она служит в качестве фигурного подмодельного щитка.

*Формовка по модели с отъемными частями.* Способ формовки по модели с отъемными частями почти не отличается от ранее описанных способов. На рис. 15 показана формовка по модели с отъемными частями, укрепленными на шпильках.

Модель ставится на подмодельный щиток, накрывается опокой и набивается формовочной смесью (рис. 15, б). При набивке формы необходимо осторожно уплотнять смесь около отъемных частей модели, чтобы их не сместить. После этого шпильки 1 вытаскивают, опоку поворачивают на  $180^\circ$  (рис. 15, в). Затем на опоку низа устанавливают верхнюю опоку, формовочную

смесь вокруг отъемных частей 2 осторожно уплотняют, шпильки вынимают из формы и заканчивают набивку (рис. 15, з). После извлечения модели и отъемных частей форму отделяют и собирают для заливки (рис. 15, д).

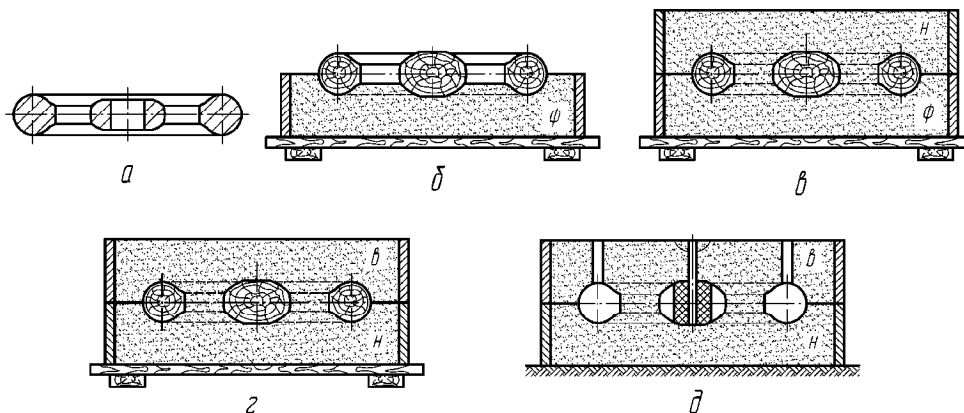


Рис. 14. Формовка с фальшивой опокой:  
а – деталь; б, в, г, д – операции формовки

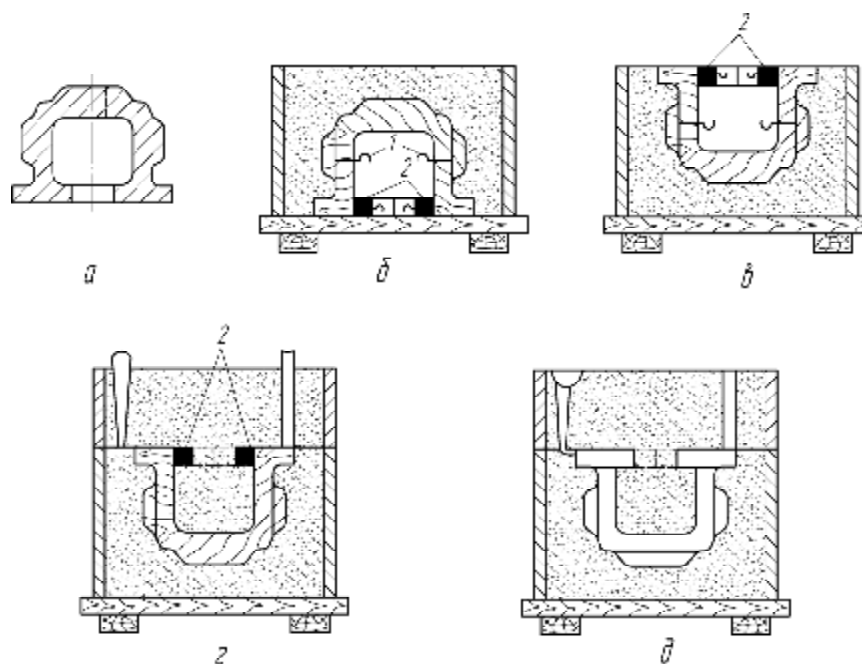


Рис. 15. Формовка по модели с отъемными частями:  
а – деталь; б, в, г, д – операции формовки

**Формовка в стержнях.** Применяется для изготовления отливок сложной конфигурации (ребристые цилиндры, турбины, коленчатые валы), а также отливок, требующих повышенной точности и чистоты поверхности. Для этого форма собирается из отдельных частей (сухих стержней), которые скрепляются между собой с помощью струбцин или специальных зажимов.

Иногда сборку стержней производят в специальных жакетах. Жакетная

формовка позволяет получать отливки с чистыми поверхностями без пригара и с минимальными припусками на обработку. Этот способ упрощает операцию производства отливок, так как при нем полностью исключается комплекс операций по приготовлению формовочной смеси. Кроме того, при изготовлении стержней по прогрессивной технологии, например из быстросохнущих смесей, с отвердеванием стержней непосредственно в стержневых ящиках, отпадает необходимость в сушке стержней.

Для устранения пригара поверхность стержней перед сборкой окрашивается быстросохнущей краской. Однако, несмотря на эти преимущества, способ формовки в стержнях может оказаться сравнительно дорогим. Поэтому при решении вопроса о его применении нужно учитывать экономическую целесообразность.

Рассмотренные выше процессы изготовления форм связаны с необходимостью набивки формовочных смесей в опоки и их дополнительного уплотнения. Кроме низкой производительности этот процесс связан с тяжелым физическим трудом рабочих-формовщиков.

*Формовка по модели с перекидным «болваном».* Способ формовки по разъемной модели с глубокими внешними или внутренними полостями и впадинами, оформляемые без стержней с «болваном» (рис. 16). Способ применяют при единичном и мелкосерийном производстве с целью уменьшения затрат на изготовление стержневой оснастки.

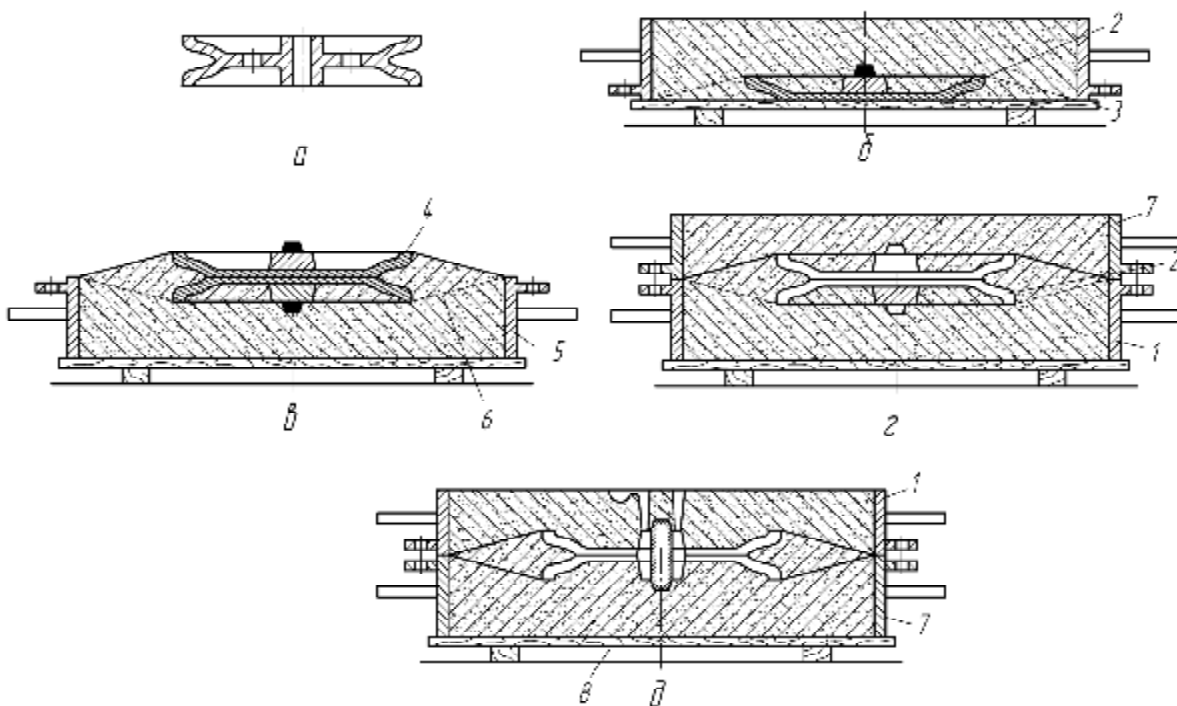


Рис. 16. Схема формовки по модели с перекидным «болваном»:  
а – деталь; б, в, г, д, е – этапы формовки

## Контрольные вопросы.

1. Перечислите способы ручного изготовления форм в опоках.
2. Укажите последовательность операций при изготовлении формы в одной и двух опоках по неразъемной модели.
3. Перечислите последовательность операций при изготовлении формы в двух опоках по разъемной модели.
4. Каковы особенности изготовления форм с песчаным болваном?
5. Укажите последовательность операций при изготовлении форм по моделям с отъемными частями.
6. Каковы цели и особенности изготовления форм с применением подрезки?
7. Каковы цели и особенности изготовления форм с применением фальшивой опоки?
8. Укажите последовательность операций при изготовлении форм с перекидным болваном.
9. Что называют почвенной формовкой? Назовите виды формовки в почве.

## **ЛЕКЦИЯ 5.**

### **ТЕМА: МАШИННАЯ ФОРМОВКА**

#### План лекции

1. Назначение, способы машинной формовки.
2. Способы уплотнения смесей на машинах при изготовлении форм и стержней.
3. Способы извлечения моделей.

Машинная формовка применяется для повышения производительности труда и точности отливок.

Технологический процесс изготовления литейных форм на машинах складывается из ряда операций: установки опоки на машину, обдувки модельной плиты, нанесения разделительного состава, засыпки формовочной смеси, уплотнения, транспортирования, сборки форм.

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

Существует несколько способов уплотнения смеси на машинах: прессование, прессование с вибрацией, встряхивание, встряхивание с подпрессовкой с помощью пескомета, пескодувный способ и др.

Особенность машинной формовки – высокая производительность тру-

да, которая достигается за счет исключения ручных операций: устройства вентиляционных отверстий, подрезки, использования отъемных частей, перекидных болванов.

Применение облицовочной и наполнительной смесей также снижает производительность оборудования, поэтому для машинной формовки в крупносерийном и массовом производствах используют единые формовочные смеси, имеющие высокую прочность и газопроницаемость.

На рис. 17 приведены схемы изготовления формы для получения отливки крышки подшипника при ручной формовке с подрезкой (рис. 17, а) и машинной формовке (рис. 17, б). Использование фасонной модельной плиты при машинной формовке исключает операцию подрезки.

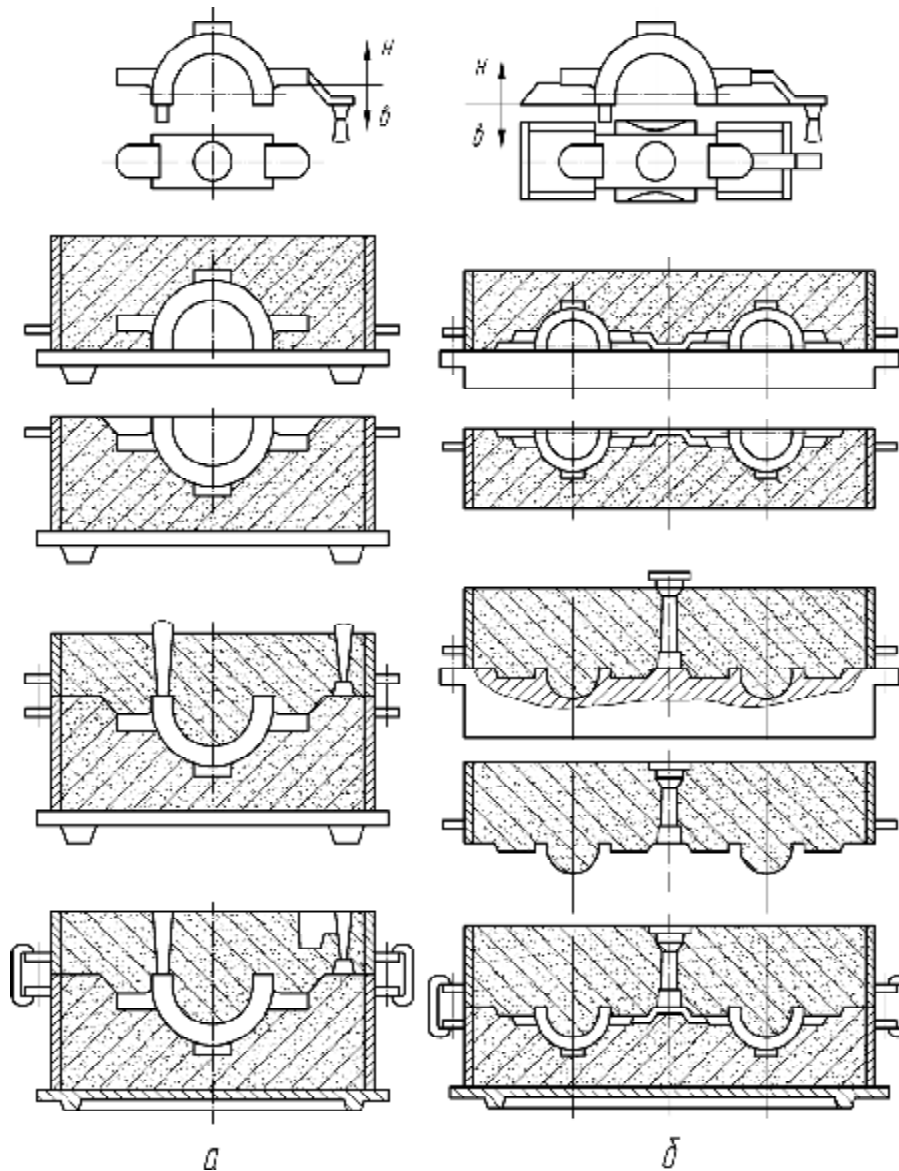


Рис. 17. Схемы изготовления формы для получения отливки крышки подшипника вручную (а) и на машинах (б)

На рис. 18 приведены схемы изготовления формы для отливки шкива вручную (рис. 18, а) и на машинах (рис. 18, б). При ручной формовке в трех опоках с подрезкой применяют модель с отъемными частями *ОЧМ1* и *ОЧМ2*. Болваны укрепляют металлическими крючками, литниковую систему выполняют вручную. При машинной формовке для получения канавки шкива применяют стержень *См2*, формовку осуществляют в двух опоках по фасонной модельной плите.

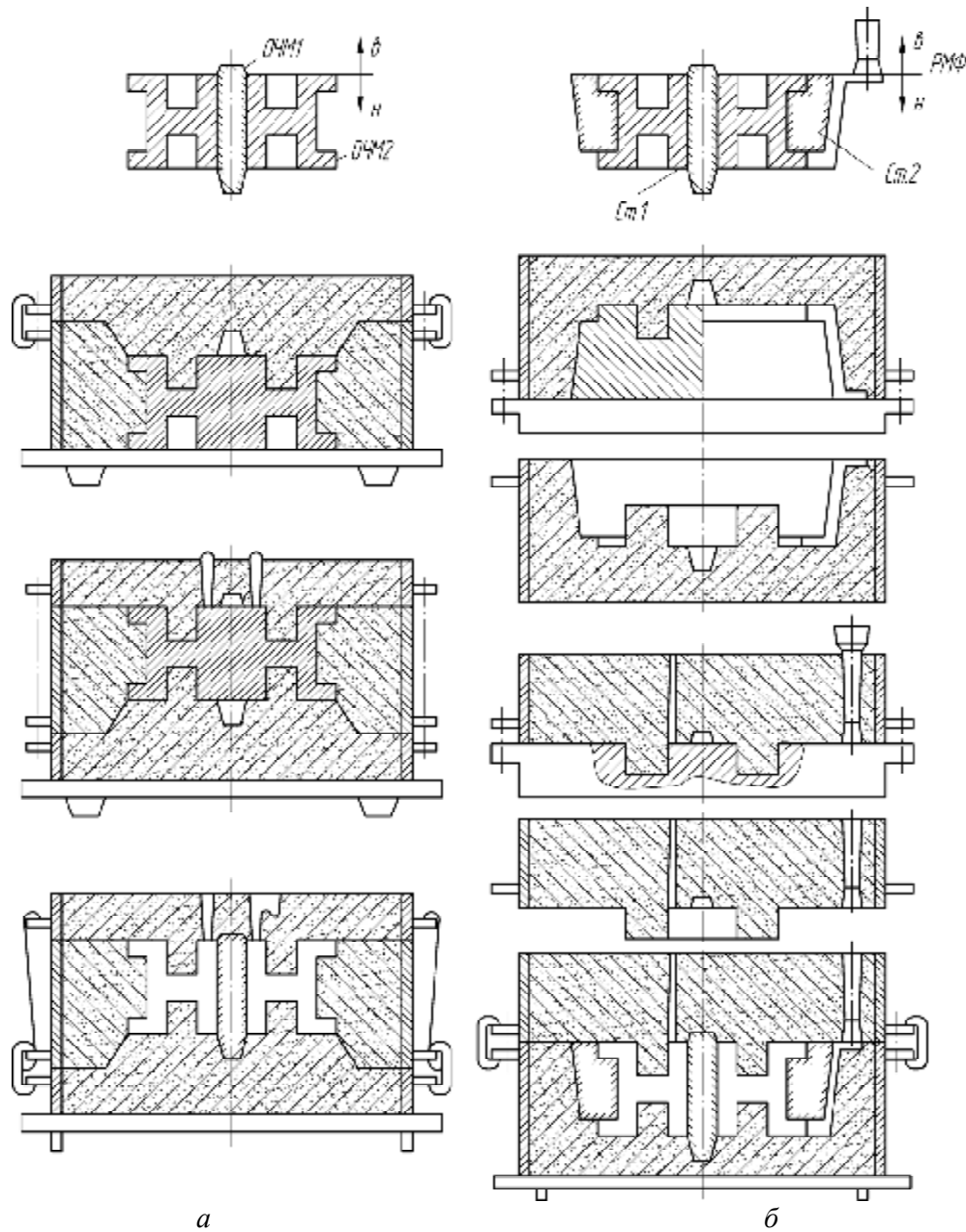


Рис. 18. Схемы изготовления формы для отливки шкива вручную (а) и на машинах (б)

Существует большое разнообразие формовочных машин, упрощенная классификация которых приведена в табл. 5 [2, 3]. На заводах массового производства (автомобильных, тракторных и др.) действуют автоматизированные формовочные линии. На рис. 19 приведены схемы уплотнения смесей на некоторых формовочных машинах.

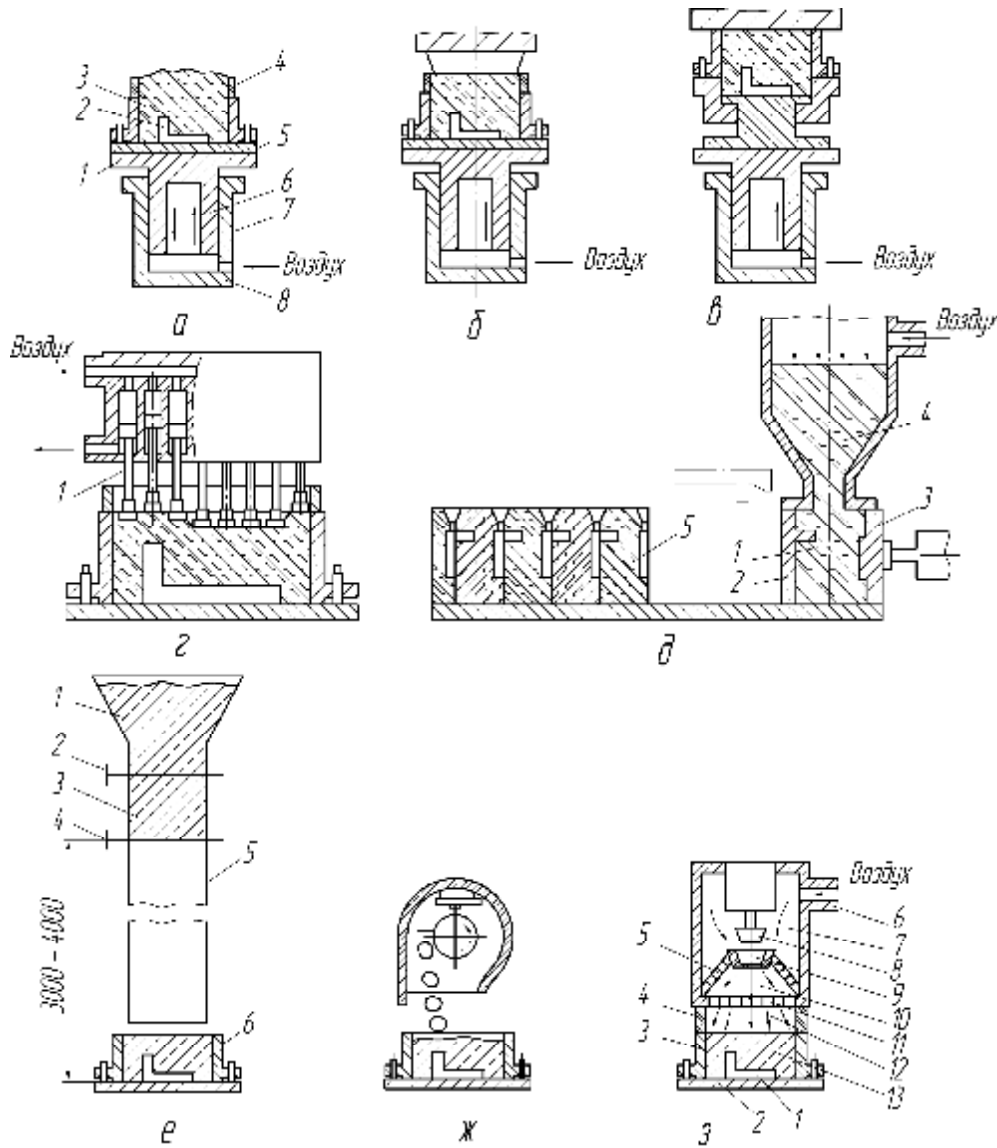


Рис. 19. Схемы уплотнения смесей различными методами

При уплотнении на встряхивающих формовочных машинах (рис. 19, а) модельная плита 1 с моделью 2, опокой 3 и наполнительной рамкой 4 устанавливаются на стол формовочной машины 5. Из бункера сверху в опоку насыпают смесь. Под поршень 6 подается воздух под давлением  $(5-6) \times 10^5$  Па, поднимающий стол до тех пор, пока не откроется выпускное отверстие 7, че-

рез которое воздух из-под поршня уходит в атмосферу. Стол при этом резко опускается вниз, ударяясь о цилиндр 8. Смесь уплотняется за счет движения по инерции вниз. Так повторяется несколько десятков раз. Смесь хорошо уплотняется у модели, верхние же ее слои остаются недоуплотненными. Доуплотнение осуществляют вручную или допрессовкой на той же машине. В России работают встряхивающие и встряхивающе-прессовые машины с наибольшими габаритными размерами опок в свету 2500×2000×800 мм, грузоподъемностью до 10 т производительностью 8 полуформ в час.

Таблица 5

| Классификация формовочных машин        |   |
|--|---|
| Классификационный признак              | Типы машин  |
| Способ уплотнения смеси                | Встряхивающие   |
|  | Прессовые   |
|  | Встряхивающе-прессовые  |
|  | Вибропрессовые  |
|  | Пескодуювно-прессовые   |
|  | Гравитационные  |
|  | Пескометы   |
|  | Импульсивные  |
| Извлечение модели из уплотненной формы | С поворотным столом   |
|  | С перекидным столом   |
|  | С штифтовым подъемом  |
|  | С протяжной плитой  |
| Степень автоматизации                  | Полуавтоматические (включаемые при каждом новом цикле)          |
|  | Автоматические (управляемые автоматически без участия человека) |

Прессование полуформ может быть верхним и нижним. При верхнем прессовании сначала уплотняются слои формовочной смеси, расположенные в верхней наполнительной рамке (рис. 19, б), независимо от того, поднимается ли опока к прессовой колодке (как это показано на рисунке), опускается ли прессовая колодка на формовочную смесь, расположенную в наполнительной рамке. При нижнем прессовании (рис. 19, в) сначала уплотняются слои смеси, находящиеся на модельной плите и самой модели. Для достижения большей равномерности уплотнения формовочной смеси по высоте опоки прессовая колодка иногда делается профильной, повторяя профиль модели. Прессовые формовочные машины производят до 120 полуформ в час с наибольшими размерами опок в свету 760×180×110 мм.

Разновидностью верхнего прессования является уплотнение формовочной смеси так называемой многоплунжерной прессовой головкой (рис. 19, г), состоящей из нескольких десятков независимых друг от друга плунжеров 1, работающих под давлением масла или воздуха. Такое прессование обеспечивает наибольшую равномерность уплотнения по всему объему опоки.



При пескочувственно-прессовом уплотнении (рис. 19, *д*) весь процесс осуществляется в два этапа. Сначала в полость 1, заключенную между вертикально расположенными модельными плитами 2 и 3, формовочная смесь 4 подается пескочувственным методом с помощью воздушного давления, предварительно уплотняясь. Затем модельная плита 3 подается поршнем влево, прессуя смесь. По окончании прессования плита 2 сначала отходит влево, затем разворачивается вверх, занимая положение, показанное штрихпунктиром на рисунке. Ком смеси модельной плитой 3 подается влево до упора в предыдущий ком 5, плотно прилегая к ранее изготовленным формам, после чего все формы передвигаются влево к заливочной установке. Весь процесс от уплотнения смеси до заливки металлом автоматизирован. Производительность автоматизированной формовочной линии составляет 360 форм в час и более (при наличии стержней – 300 форм в час).

При гравитационном уплотнении (рис. 19, *е*) смесь поднимается на определенную высоту в бункер 1, из которого через шибер 2 попадает в дозатор 3. Благодаря быстрому открыванию дна дозатора 4 смесь в виде компактного кома по шахте 5 свободно попадает в опоку или стержневой ящик 6. Уплотнения только гравитационным способом недостаточно. Поэтому для доуплотнения применяют подпрессовку усилием  $(5-10) \times 10^5$  Па (гравитационно-прессовый способ) или вибрацию (гравитационно-вибрационный способ).

При единичном и мелкосерийном производстве крупных отливок для уплотнения форм используют пескометный способ (рис. 19, *ж*). Формовочная смесь ленточным транспортером подается на быстро вращающийся ротор с ковшем. Последний, захватывая смесь, бросает ее в опоку, установленную на модельной плите (или в стержневой ящик), производя, таким образом, уплотнение. Пескометная головка может перемещаться в горизонтальной плоскости. Управление пескометом осуществляется оператором, наблюдающим одновременно за процессом наполнения опоки. Производительность пескометов колеблется от 6 до 50 м<sup>3</sup>/час уплотненной формовочной смеси.

При изготовлении форм импульсным методом (рис. 19, *з*) на модельную плиту 1 с вентилями 2 (тонкие отверстия, через которые проходит воздух, но не проходит смесь) устанавливаются опока 3 и наполнительная рамка 4, после чего они заполняются формовочной смесью. Над наполнительной рамкой устанавливается импульсная головка 5, и вся оснастка прижимается друг к другу (герметизируется). Из специальной магистрали 6 в ресивер 7 головки поступает сжатый воздух. При уплотнении запорный клапан 8 поднимается вверх, пропуская сжатый воздух через отверстие 9 в полость 10. Из полости 10 через отверстия 11 воздух устремляется в полость прессования 12, уплотняя смесь 13. Пройдя через смесь, воздух уходит в атмосферу через вентили 2. При этом давление над смесью от максимального падает до атмосферного за доли секунды. Под действием сжатого воздуха смесь наполнительной рамки перемещается в опоку и уплотняется. Уплотнение производится однократным

импульсом.

Разновидностью импульсного воздушного уплотнения является уплотнение взрывом. С этой целью вместо воздуха в импульсную головку, содержащую взрывное устройство, подается взрывчатая смесь, которая в нужный момент взрывается. Продукты взрыва направляются к формовочной смеси, уплотняя ее аналогично воздушному импульсу.

Операции при изготовлении стержней могут быть следующими. Сначала стержневой ящик частично заполняется смесью, слегка уплотняется, затем в него устанавливают металлическую арматуру – каркасы, необходимые для придания стержню манипуляторной прочности. После очистки излишков смеси для улучшения вентиляции стержень прокалывают душником. Если стержень подвергается сушке (связующие – формовочная глина, растительные масла или другие материалы), то его извлекают из стержневого ящика, устанавливают на сушильной плите и помещают в сушило, где производят сушку с целью его упрочнения. Иногда (хотя сравнительно редко) стержни устанавливают в форму без сушки, сырыми. Если же связующее – жидкое стекло, то стержень, подвергается продувке углекислым газом или другими реагентами. При использовании жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) смесь в стержневом ящике выдерживается, пока прочность не достигнет необходимого значения. Сложные стержни изготавливают из двух и более частей, которые впоследствии склеивают между собой. Большую часть литейных стержней изготавливают различными машинными способами. Основные типы стержневых машин: встряхивающие с поворотным столом, встряхивающие с перекидным столом, вибропрессовые, мундштучные, пескодувные и пескострельные машины. Первые три типа не отличаются от машин для изготовления форм. При изготовлении стержней на этих машинах вместо модельных плит и опок устанавливают стержневые ящики.

В мундштучных машинах стержневой ящик заменен сменной гильзой-мундштуком, сечение которого определяет сечение стержня. Стержень любой длины получают выдавливанием через калиброванный мундштук машины уплотненной смеси. Уплотнение производится при возвратно-поступательном движении поршня машины или шнеком.

Схемы пескодувных и пескострельных машин представлены на рис. 20. К надувной плите снизу пневмопоршнем поднимается стержневой ящик. Рабочее давление воздуха составляет  $(5-10) \times 10^5$  Па. В случае пескодувной машины (рис. 20, а), сжатый воздух 1 подается на верхнюю поверхность стержневой смеси 2, находящийся в резервуаре 3. Смесь вместе с воздухом через вдвухные отверстия 4 надувной плиты 5 машины попадает в полость стержневого ящика 6. Воздух через венты 7 уходит в атмосферу цеха. В пескострельный резервуар (рис. 20, б) смонтирована специальная гильза 1 с щелевыми отверстиями 2, 3, вертикальными в нижней части и горизонтальными в верхней. Через эти отверстия воздух из ресивера в момент выстрела с большой скоростью устремляется в резервуар со смесью, выталкивая ее в полость

стержневого ящика 4. Стержни могут отверждаться сушкой в сушилах или непосредственно в стержневых ящиках после уплотнения. В этом случае стержневые ящики могут быть холодными или нагреваться электрическим током или газом. В обоих случаях в качестве связующего используются синтетические смолы. Однако при горячем отверждении основным активатором отверждения является тепло, при холодном только катализаторы отверждения. Последние могут быть введены в смесь при ее приготовлении (так называемые ХТС – холодно твердеющие смеси) или после уплотнения смеси в стержневом ящике путем продувки газообразными катализаторами.

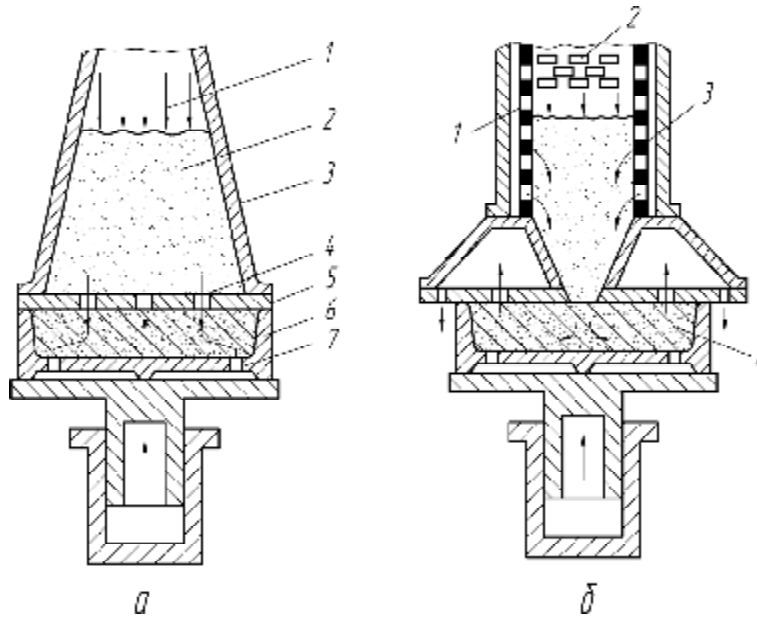


Рис. 20. Схемы пескодувной (а) и пескострельной (б) машин для изготовления стержней

Для изготовления мелких отливок применяется безопочная формовка. Она производится на встряхивающих машинах с допрессовкой в съемных опоках, изготовленных из легких сплавов.

Машинная формовка широко внедряется в практику работы литейных цехов не только массового и крупносерийного производства, но также мелкосерийного и даже единичного. До недавнего времени это сдерживалось в основном из-за необходимости частой смены модельных плит и настройки формовочных машин при переходе на другую модельную плиту. Сейчас это затруднение ликвидировано в связи с применением координатных модельных плит и унификацией опок.

Координатная модельная плита (рис. 21) в отличие от обычных имеет базовые отверстия для фиксации и крепления моделей. Эти отверстия расположены так, что образуют сетку с равными расстояниями между осями. Для установки на эти плиты моделей по заранее определенным координатам каж-

дое базовое отверстие имеет свой шифр.

На рис. 21 показаны горизонтальные оси, обозначенные цифрами, и вертикальные оси, обозначенные буквами. Тогда крайнее левое отверстие на изображенных плитах получает шифр *A1*, отверстие ниже его имеет шифр *B1* и т.д.

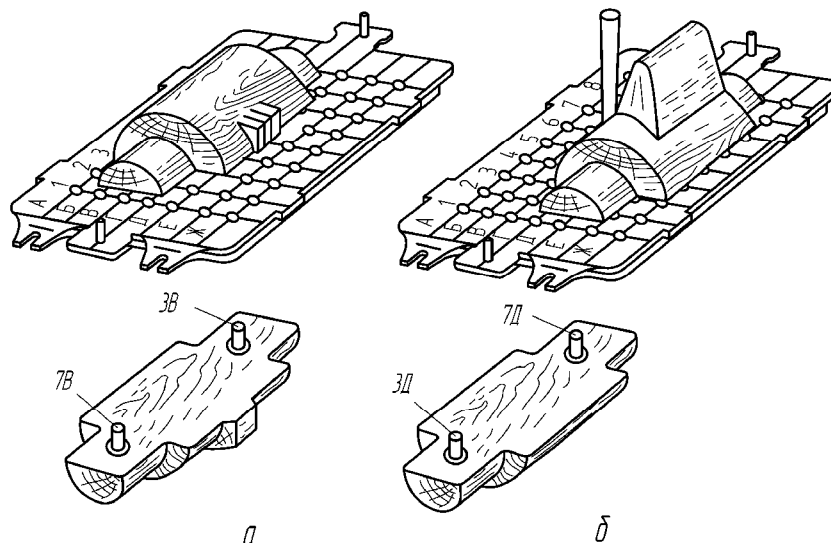


Рис. 21. Монтаж моделей на координатной плите:  
*a* – монтаж модели «низа»; *б* – монтаж модели «верха»

Половинки моделей, показанные на рис. 21 монтируются штифтами *3B* и *7B* на нижней плите, и штифтами *3D* и *7D* – на верхней.

Значительный эффект от применения машинной формовки в условиях единичного производства дает также использование быстросменных модельных плит (рис. 22).

Такая плита имеет рамку *1* с гнездами *5*, в которых могут устанавливаться сменные модели *2*, прикрепленные к модельным плитам-вставкам *3*. Эти вставки укрепляются в общей рамке при помощи винтовых прижимов *4*.

Таким образом, на модельной плите могут быть смонтированы модели для нескольких отливок. Установка такого сборного модельного комплекта занимает очень мало времени (1-2 мин), поэтому этот способ формовки становится достаточно экономичным и оправдывает себя при изготовлении даже очень мелкой партии отливок (10-20 штук).

Формовочные машины предназначены не только для механизации процесса уплотнения формовочной смеси, но и для извлечения моделей из уплотненных опок. Удаление моделей из полуформ осуществляется несколькими способами.

На рис. 23 показана схема машины со штифтовым съемом. При ходе вверх четырех штифтов *4*, расположенных по углам опоки *1*, уплотненная полуформа снимается с модельной плиты *3*, прикрепленной к столу *5* формо-

вочной машины. На рис. 23, *а* показано положение штифтов до съема, а на рис. 23, *б* после съема полуформы.

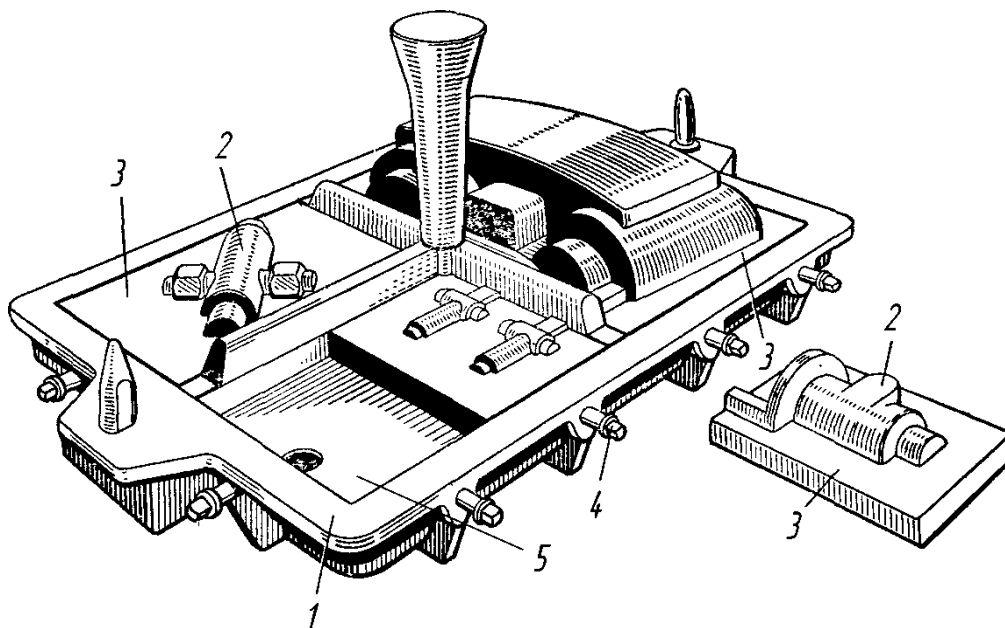


Рис. 22. Быстросменные модельные плиты

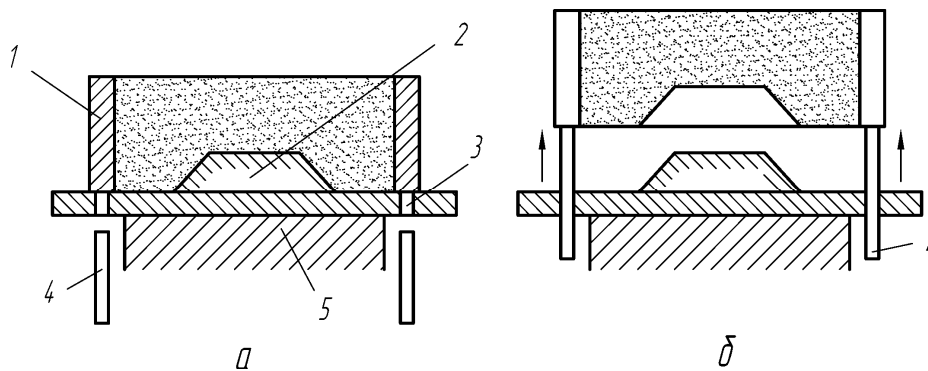


Рис. 23. Штифтовый съём опок плиты

Для прохода штифтов в модельной плите имеются специальные отверстия или вырезы. Отделение модели 2 от формы на машинах со штифтовым съемом опок применяется только при формовке простых и невысоких моделей с пологими боковыми поверхностями, так как кромки глубоких полостей при съеме опки легко могут обвалиться.

Отделение высоких моделей или моделей с вертикальными стенками производится на машинах с протяжными плитами (рис. 24, *а*). Модель 1 опускается вместе с опускным столом 2, а заформованная опока остается на протяжной плите 3. Существуют конструкции машин (рис. 24, *б*), при которых стол машины 2 с модельной плитой и моделью 1 остается неподвижным,

а протяжная плита 3 с установленной на ней опокой поднимается вверх при помощи штифтов 4. Протяжная плита предотвращает опасность обвала смеси в форме.

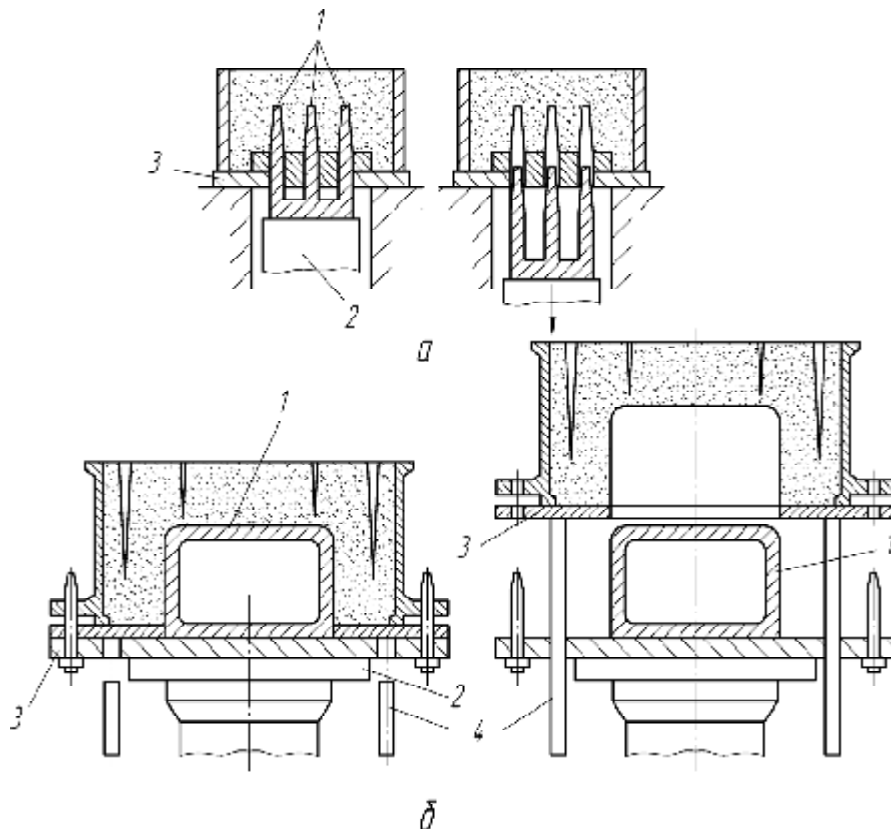


Рис. 24. Формовочная машина с протяжной плитой

При изготовлении форм с массивными земляными «выступами» и при формовке нижних опок отделение модели от формы обычно производится на машинах с поворотной плитой или перекидным столом (рис. 25). При формовке на этих машинах перед отделением модели 2 от формы опока 1 поворачивается на 180° и опускается на приемное устройство, которое в поворотных машинах находится непосредственно под плитой, а у перекидных – вынесено в сторону.

В литейных цехах большое распространение получили литейные конвейеры, объединяющие в единый производственный поток ряд операций, выполняемых на машинах и установках с различной степенью механизации (рис. 26).

Литейный конвейер представляет собой множество платформ 9, непрерывно движущихся по рельсам 10 при помощи тяговой замкнутой цепи, приводимой в движение от приводной станции 8. Литейные формы 4 со сборочных рольгангов 5, примыкающих к формовочному участку, передаются в за-

ливочное отделение. Заливка производится рабочим, находящимся на движущейся платформе 1, при помощи наклона разливочного ковша 2, который поступает из плавильного отделения по монорельсу 3. Формы, залитые металлом, движутся под охлаждающий кожух 7 и после остывания – на выбивную решетку 6. Выбитые отливки проваливаются в люк выбивной решетки и пластинчатым транспортером передаются в обрубное отделение. Выбитая из опок формовочная смесь проваливается через решетку на ленточный транспортер и, пройдя сепарацию, подается в смесеприготовительное отделение. Освобожденные опоки возвращаются на участок формовки для повторного использования.

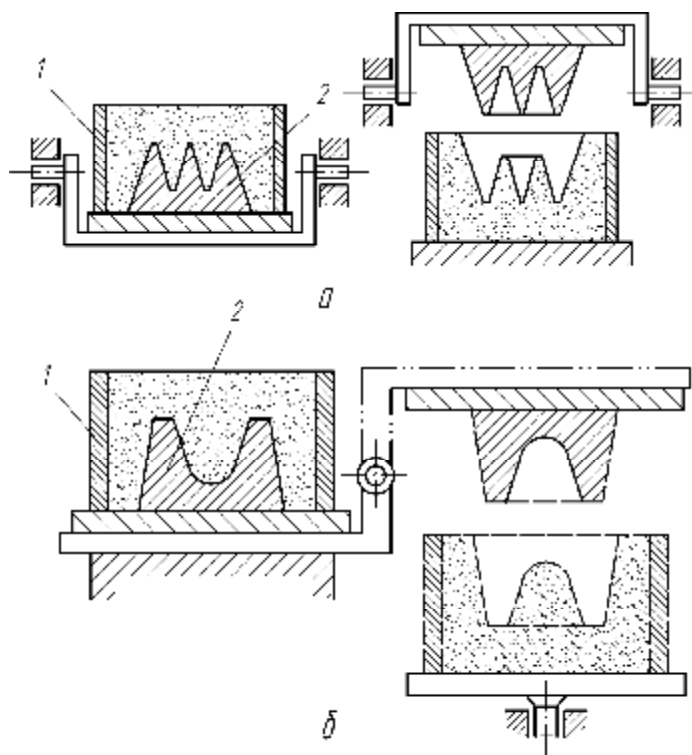


Рис. 25. Машины с поворотной плитой (а) и с перекидным столом (б)

В литейных цехах нашли применение автоматические формовочные линии, на которых изготовление форм происходит без участия человека, а только под его контролем и наблюдением. На рис. 27 показана принципиальная схема такой линии.

В линию вмонтированы формовочные автоматы 3 и 5, на которых формируются соответственно нижняя и верхняя полуформы. При помощи кантователя 4 нижние полуформы поворачиваются на  $180^\circ$  и передаются на транспортную линию 7 для установки стержней.

Сборка нижней и верхней полуформ производится механизмом 8, после чего готовые к заливке формы подаются на заливочный конвейер 9 (на рис. 27

показана только его часть). Для скрепления полуформ на них накладываются грузы, а затем собранные формы подаются последовательно на заливочный участок, в зону охлаждения, на позицию 10 для удаления сплесков металла и на автоматическую выбивную установку 11.

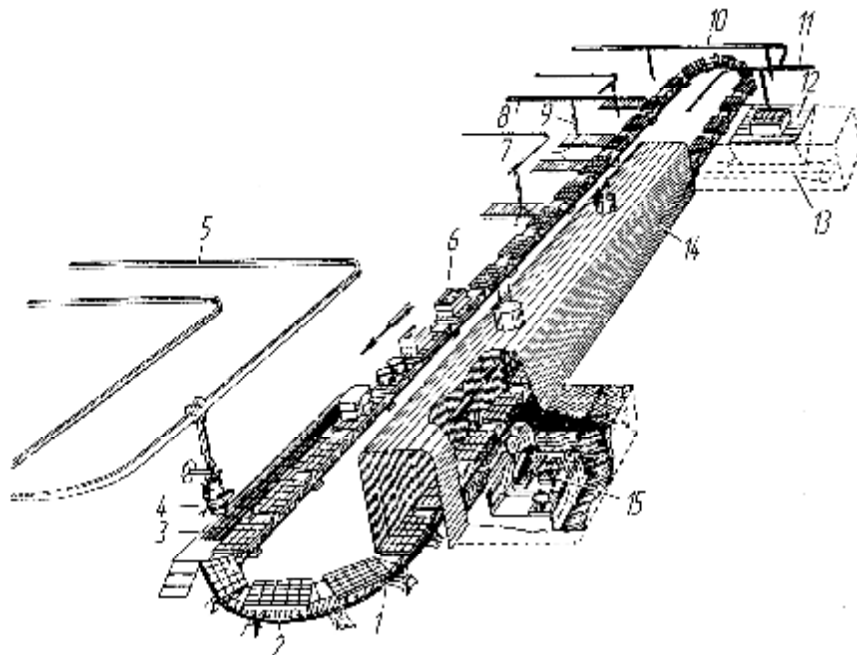


Рис. 26. Литейный конвейер:

1 – заливочная площадка; 2 – заливочный ковш; 3 – монорельс; 4 – форма; 5 – формовочные машины; 6 – роляганги; 7 – пневматический подъемник; 8 – выбивная решетка; 9 – транспортер; 10 – охлаждающая камера; 11 – привод; 12 – тележки; 13 – рельсы

В современных линиях перекладка грузов, скрепляющих полуформы, с охлаждающей зоны конвейера на зону сборки осуществляется автоматически при помощи специальных механизмов грузоукладчиков.

Освобождающиеся после выбивки опоки механизмом съема и распаровки 12 разделяются на два потока: нижние опоки передаются на линию 13, а верхние – на линию 6. В дальнейшем процессы повторяются по описанной выше схеме.

Формовочная смесь, необходимая для изготовления полуформ, из смесеприготовительного отделения при помощи транспортной ленты 1 подается к бункерам с дозаторами 2, установленным над формовочными автоматами.

Учитывая повышенные требования, предъявляемые к формовочным смесям, применяемым на автоматизированных установках, многие формовочные линии изготавливаются совместно со смесеприготовительными установками.

В современных литейных цехах осуществляются принципы комплекс-



ной автоматизации. С этой целью автоматические формовочные линии объединяются с блок-линиями для изготовления стержней, автоматическими линиями для заливки и выбивки форм, поточными линиями для очистки, зачистки и окраски форм.

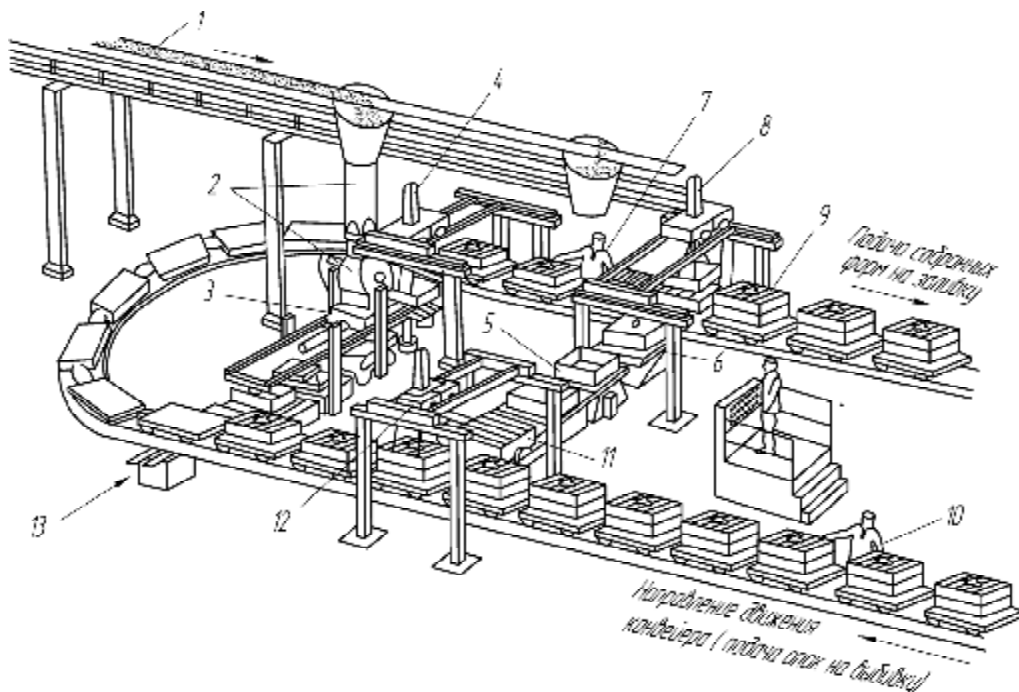


Рис. 27. Автоматическая формовочная линия:

- 1 – транспортерная лента; 2 – бункер с дозатором; 3 – формовочный автомат нижних опок; 4 – механизм кантователя и подаватель нижних опок; 5 – формовочный автомат верхних опок; 6 – линия верхних опок; 7 – установка стержней; 8 – механизм сборки форм; 9 – заливочный конвейер; 10 – удаление сплесков металла; 11 – автоматическая выбивная установка; 12 – механизм съема и распарковки опок; 13 – линия нижних опок

Для обеспечения надежных связей между отдельными агрегатами, входящими в состав автоматических линий, предусматриваются соответствующие накопители для опок, готовых форм и др.

Внедрение автоматизации в литейном производстве ликвидирует тяжелый ручной труд, позволяет значительно улучшить условия труда и общее санитарно-гигиеническое состояние цеха.

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается преимущество машинной формовки перед ручными способами изготовления форм?
2. По каким признакам классифицируют формовочные машины?
3. Какие существуют методы уплотнения смесей при машинной фор-

мовке?

4. Дайте сравнительную характеристику способам уплотнения смесей при машинной формовке.
5. Назовите способы извлечения моделей из полуформ и укажите область их применения.
6. Дайте сравнительную характеристику способам извлечения моделей из полуформ.
7. В чем заключаются специфические особенности технологического процесса машинного изготовления опочных и безопочных форм?
8. Назовите преимущества машинной формовки с использованием самотвердеющих смесей.

## **ЛЕКЦИЯ 6.**

### **ТЕМА: ПОЛУЧЕНИЕ ОТЛИВОК ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

План лекции

1. Характеристика способа.
2. Изготовление моделей и форм.
3. Влияние технологических факторов на качество отливок.

При получении отливок в формах по газифицируемым моделям используется разовая модельная оснастка, изготовленная из вспененного полистирола – пенополистирола с плотностью до  $10 \text{ кг/м}^3$ .

Перед заливкой металла такие модели выжигают, после чего образуется оболочковая форма, перед заливкой ее прокаливают.

Достоинством данного процесса является снижение трудоемкости на этапах изготовления моделей, форм, обрубки и выбивки, сокращение цикла производства отливок, расширение возможностей механизации и автоматизации.

В условиях единичного и мелкосерийного производства экономия достигается в результате: снижения трудоемкости изготовления модельного комплекта благодаря ликвидации стержневых ящиков и более легкой по сравнению с деревом обрабатываемости пенополистирола; снижения трудоемкости изготовления форм благодаря отсутствию операций извлечения моделей, изготовления стержней, сборки форм и их отделки; снижения трудоемкости на операции обрубки благодаря отсутствию заливок; ликвидации брака по перекосам благодаря отсутствию в форме разъемов; понижения расхода жидкого металла благодаря отсутствию литейных уклонов; сокращения цеховых грузопотоков благодаря малой массе моделей и возможности их ручной транспортировки.

Основные преимущества процесса в условиях крупносерийного и массового производства: снижение трудоемкости при нанесении керамической оболочки вследствие сокращения числа наносимых слоев; сокращение расхода материалов, идущих на изготовление керамической оболочки; снижение трудоемкости и энергозатрат вследствие ликвидации операций удаления модельной массы и операции проковки форм; снижение трудоемкости на выбивке форм вследствие отсутствия на отливках толстой керамической оболочки.

Необходимо добавить, что процесс изготовления отливок по газифицируемым моделям, особенно в условиях единичного и мелкосерийного производства, может быть легко внедрен, так как не требует значительных капитальных затрат.

Однако процесс имеет и недостатки, к которым относятся токсичность выделяемых в атмосферу цеха продуктов разложения модели и нестабильность качества отливок вследствие образования специфических дефектов. При правильно построенном технологическом процессе этих недостатков можно избежать.

В настоящее время в качестве модельного материала наибольшее распространение получил вспенивающийся полистирол, представляющий собой синтетический полимер, полученный в результате полимеризации стирола. Порообразователями служат легкоиспаряющиеся вещества, замешиваемые в стирол, например изопентан с температурой испарения  $28^{\circ}\text{C}$ .

Конечный продукт химического производства представляет собой матовые шаровидные гранулы размером от десятых долей до нескольких миллиметров. Гранулы перерабатываются в пенополистироловые плиты, из которых изготавливают модели отливок в условиях единичного и мелкосерийного производства. Модели массового производства изготавливают непосредственно из гранул по двухстадийной технологии вспенивания.

Схема процесса получения отливок литьем по газифицируемым моделям приведена на рис. 28 [4].

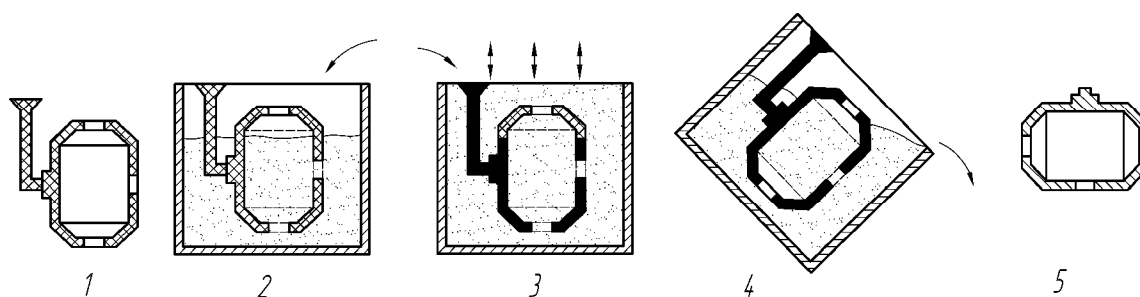


Рис. 28. Схема процесса получения отливок литьем по газифицируемым моделям:  
1 – модель; 2 – изготовление форм; 3 – заливка форм; 4 – выбивка форм; 5 – отливка

*Технология изготовления газифицируемых моделей. Материал для изго-*

товления моделей должен отвечать следующим требованиям: при заливке формы металлом модель должна полностью газифицироваться с минимальным поглощением тепла; материал при низкой плотности должен обладать достаточной механической прочностью при изготовлении модели, ее транспортировке и формовке; материал должен обеспечить получение качественной поверхности модели при ее тепловой или механической обработке; модели не должны терять свои технологические, механические и теплофизические свойства при длительном хранении; материал для производства моделей и отливок не должен быть дорогим и токсичным.

В табл. 6 приведены теплофизические свойства пенопластов, используемых в производстве при литье по газифицируемым моделям.

Таблица 6

| Теплофизические свойства пенопластов                   |                |                |                  |
|--|----------------|----------------|------------------|
| Свойства пенопласта                                    | Пенопласты     |                |                  |
|  | пенополистирол | пенополиуретан | фторопласт ФРП-1 |
| Температура начала полимеризации, °С                   | 120            | 190            | 140              |
| Температура начала испарения (деполимеризации), °С     | 320            | 230            | 400              |
| Температура горения, °С                                | 560            | 580            | 780              |
| Негазифицируемый остаток, %                            | 0,015          | 14             | 44               |
| Удельное газовыделение при 1000 °С, см <sup>3</sup> /г | 105            | 730            | 600              |
| Время горения образца, с                               | 10-20          | 30-40          | 65-110           |

Полистирол в наибольшей степени отвечает требованиям к пенопластам.

Объемная масса моделей является важнейшим показателем ее качества. С одной стороны, чем больше объемная масса модели, тем она прочней и тем выше чистота ее поверхности, что соответственно повысит точность и чистоту поверхности отливки. С другой стороны, чем меньше объемная масса модели, тем меньше продуктов разложения материала модели вступит в реакцию с заливаемым металлом и тем меньшее количество паров и газов выделится в атмосферу при заливке, то есть с уменьшением объемной массы модели уменьшается количество специфических дефектов и улучшаются условия труда.

При производстве газифицируемых моделей применяется двухстадийная тепловая переработка суспензионного вспенивающегося полистирола.

На первой стадии этого процесса производится тепловая обработка (предвспенивание) исходных гранул пенополистирола, которая необходима для получения подвспененных гранул, а, следовательно, и моделей с заданной объемной массой.

Во время предварительного вспенивания легкокипящий изопентан,

входящий в пенополистирол, при температуре 28 °С испаряется и создает в объеме гранул давление. При температуре 80 °С полистирол начинает размягчаться и под действием паров изопентана гранула растягивается и в несколько раз увеличивается в объеме, принимая ячеистое строение. Ячейки при этом имеют размеры 80-150 мкм, а стенки их представляют собой пленки толщиной 1,0-1,2 мкм.

Объемная масса подвспененных гранул уменьшается с увеличением времени их нагрева до определенного предела, оставаясь затем постоянной в результате выхода из их ячеек порообразователя. По этой причине гранулы, достигшие предельного значения объемной массы при вторичной тепловой обработке в пресс-формах, не спекутся в изделие (модель).

Следовательно, объемная масса гранул для получения качественной модели должна быть ниже предельного значения этой величины.

После подвспенивания гранулы сушат, а затем помещают на специальные стеллажи с сетчатым дном, где выдерживают на воздухе определенное время (время активации).

В процессе выдержки подвспененных гранул на воздухе происходит диффузия воздуха внутрь ячеек и обратная диффузия паров изопентана из ячеек, что в значительной степени влияет на увеличение объема гранул во время окончательного вспенивания при формовании моделей.

Изготовление моделей заключается во вторичном нагреве подвспененных гранул, засыпанных в пресс-формы, горячей водой, паром или токами высокой частоты.

*Подготовка пенополистирола и изготовление моделей.* В условиях серийного производства операция предварительного вспенивания полистирола производится в подвспенивателях.

Подвспенивание проводят в специальных установках-автоклавах. Перед загрузкой пенополистирола в дозатор автоклав прогревают паром. По достижении заданной температуры в камеру автоклава подается полистирол.

По истечении времени пропаривания прекращается подача пара и производится слив конденсата. Затем последовательно производится вакуумирование автоклава для удаления переувлажненного, насыщенного парами пентана горячего воздуха, открывается дно автоклава, включается продувка сжатым воздухом и пенополистирол высыпается в камеру сушки. Сушка пенополистирола в камере осуществляется в кипящем слое, дробление комьев гранул в измельчителе и выгрузка из него производится непрерывно. Температура подогрева воздуха, подаваемого в камеру сушки, должна быть в пределах 40-50 °С.

*Изготовление моделей* основано на процессе вторичной тепловой обработки гранул в объеме пресс-формы. Технологически процесс изготовления моделей состоит из следующих операций: подготовка гранул пенополистирола, подготовка пресс-формы, заполнение пресс-формы гранулами пенополистирола, тепловая обработка пресс-формы, охлаждение пресс-формы, извле-

чение модели из пресс-формы, сушка модели, выдержка модели после сушки и контроль качества модели.

Изготовление моделей осуществляется способом внешнего теплового удара, заключающегося в подаче острого пара под давлением 0,2-0,25 МПа при температуре 115-135 °С.

На рис. 29 приведена схема пресс-формы для изготовления моделей внешним тепловым ударом.

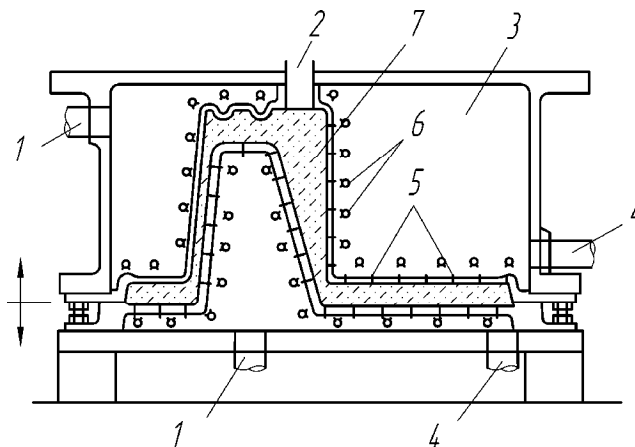


Рис. 29. Пресс форма для изготовления моделей внешним тепловым ударом:  
1 – подача пара, воды, воздуха; 2 – отверстие для заполнения пресс-формы гранулами пенополистирола; 3 – камера; 4 – выход пара, воды, воздуха; 5 – вентили; 6 – водяные форсунки; 7 – модель из пенополистирола

Из паровой камеры пар поступает через вентили в пресс-форму, которая предварительно заполняется гранулами вспененного полистирола. Пар, конденсируясь, отдает свое тепло гранулам пенополистирола, в результате чего происходит его расширение и формирование модели. Время цикла изготовления модели не превышает 120 с. Процесс изготовления моделей внешним тепловым ударом обеспечивает их высокое качество при объемной плотности от 16 кг/м<sup>3</sup>.

В условиях массового и крупносерийного производства готовые модели или звенья моделей склеивают, сваривают или собирают бесклеевым способом в блоки. Собранные блоки передают на окраску, которую производят окунанием или распылением пульверизатором. Толщина покрытия 0,2-6,0 мм. Краски должны иметь хорошую адгезию к пенополистиролу и не растворять его.

*Подготовка форм к заливке.* В серийном производстве применяются формы из сыпучих огнеупорных материалов, к которым предъявляются следующие требования: формовочный материал должен обладать хорошей уплотняемостью при вибрации; гранулометрический состав сыпучего огнеупорного материала должен после вибрации обеспечить максимальную плотность формы при минимальной пористости и высокую газопроницаемость; содер-

жание фракций размером менее 0,05 не допускается или должно быть предельно минимальным (не более 0,5 %); влажность материала не должна быть более 1,0 %; огнеупорность материала должна быть выше температуры заливаемого в форму металла; материал должен быть недефицитным и недорогим; материал не должен оказывать вредное влияние на здоровье человека.

Вышеперечисленным требованиям в большей степени удовлетворяет кварцевый песок класса 1К<sub>2</sub>О<sub>1</sub>02, 1К<sub>2</sub>О<sub>1</sub>016 зернистостью 020 и 016 (ГОСТ 2138-91) с остроугольной или округленной формой зерна. Для повышения плотности формы при виброуплотнении применяются смешанные пески двух фракций 0315 и 016 в соотношении 1:1, при этом сохраняется, при низкой пористости, высокая газопроницаемость. Для получения отливок с повышенными механическими свойствами применяются металлические колотые и литые дробы марок ДСК-03 и ДЧК-03, которые соответствуют фракционному составу кварцевого песка марки 1К<sub>2</sub>О<sub>1</sub>03.

*Заливка форм.* При заливке форм металлом при литье по газифицируемым моделям необходимо соблюдать следующие требования:

- температура металла должна назначаться с учетом потерь тепла на термодеструкцию модели, отклонение от заданной температуры допускается в пределах 10 °С;

- заливка металла должна производиться с оптимальной скоростью подъема его в полости литейной формы;

- заливку формы металлом через чашу и стояк из пенополистирола следует сначала производить слабой струей, а затем по мере выхода газов продолжать заливку при заполненном стояке и чаше;

- форму с керамическим стояком и чашей необходимо заливать быстро при заполненной металлом чаше;

- при заливке формы из песка не допускается прерывания струи и незаполненности литниковой чаши;

- заливку металлом следует производить из чайниковых ковшей;

- на автоматических и поточных линиях рационально осуществлять заливку металла при помощи заливочных установок на базе индукционных тигельных и канальных печей, обеспечивающих постоянство температуры и вековой расход металла.

*Выбивка, очистка, обрубка и зачистка отливок.* Выбивка отливок в серийном производстве значительно упрощена и сводится к извлечению их из формы во время освобождения опоки от песка. В единичном производстве крупных отливок процесс выбивки формы идентичен процессу при литье в песчано-глинистые формы по извлекаемым моделям.

Контрольные вопросы.

1. Какие основные преимущества и недостатки способа литья по газифицируемым моделям?

2. В чем сущность физико-химического и механического взаимодействия в системе металл – модель – форма?
3. Каковы особенности технологии изготовления моделей для единичного и мелкосерийного производства?
4. Каковы особенности технологии изготовления моделей для массового производства? Назовите способы изготовления моделей из бисера пенополистирола.
5. Какие основные принципы проектирования технологического процесса и способы формовки в единичном и мелкосерийном производстве?
6. Каковы особенности формовки в сухой песок без связующего?
7. Какие типы специфических дефектов чугуновых отливок и способы их устранения?
8. Каковы особенности правил техники безопасности при использовании газифицируемых моделей?

## **ЛЕКЦИЯ 7.**

### **ТЕМА: СПОСОБЫ ФОРМОВКИ НА АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ**

#### План лекции

1. Автоматические линии. Изготовление песчано-глинистых форм на АФЛ.
2. Технология безопочной формовки.
3. Вакуумно-пленочная формовка.

Автоматическая линия – комплексы оборудования, расположенные в технологической последовательности, связанные транспортом и объединенные системой управления, обеспечивающей автоматическое выполнение переходов и операций технологического процесса под контролем операторов.

Автоматическая линия формовки, заливки и набивки (рис. 30) предназначена для производства отливок в разовых песчано-глинистых формах в сталелитейных и чугунолитейных цехах в условиях серийного и крупносерийного производства отливок. Линия создана на базе двух трехпозиционных формовочных машин, соединенных в единый комплекс рольгангами, и горизонтально-замкнутого тележечного литейного конвейера пульсирующего типа.

Уплотнение смеси происходит встряхиванием с последующим прессованием. Основные узлы: литейный пульсирующий конвейер, механизм съема форм с литейного конвейера, рольганга, механизм выдавливания «кома», механизм очистки опок, конвейер дополнительного охлаждения, выбивные ре-



щетки, распаровщик, трехпозиционные формовочные машины для формовки нижних и верхних полуформ, кантователь, установщик нижних полуформ на конвейер, сборщик форм, грузоукладчик, электрооборудование, гидрооборудование.

Работа линии происходит следующим образом. Залитые и охлажденные формы поступают на позицию механизма съема форм, поднимаются над литейным конвейером и по рольгангу перемещаются к механизму выдавливания «кома», где происходит выдавливание комьев смеси с отливками вверх, откуда они попадают на конвейер дополнительного охлаждения. Этот конвейер позволяет резко сократить парк опок и сэкономить производственные площади за счет уменьшения длины литейного конвейера.

Далее комья смеси с отливками, перемещаясь по конвейеру, попадают на выбивную решетку, где происходит отделение отливок от горелой смеси.

Пустые опоки по рольгангу поступают на позицию механизма очистки опок, где очищаются от остатков смеси и передаются на рольганг, а затем – в распаровщик. После распаровщика опоки низа поступают в формовочную машину для изготовления нижних полуформ, а опоки верха по рольгангу двигаются к формовочной машине изготовления верхних полуформ. Изготовленные нижние полуформы передаются на кантователь, где они кантуются и поступают на позицию установщика нижних полуформ, откуда литейным конвейером передаются к сборщику форм.

На участке литейного конвейера между установщиком нижних полуформ и сборщиком происходит установка стержней в нижние полуформы.

Полуформы верха, изготовленные на формовочной машине, передаются на кантователь, кантуются для осмотра, затем снова переворачиваются и поступают на позицию сборщика, где собираются с нижними полуформами.

Собранные формы, перемещаясь по литейному конвейеру, нагружаются с помощью грузоукладчика и поступают на участок заливки, где происходит заливка их металлом. После заливки, постепенно охлаждаясь, формы перемещаются к позиции механизма съема форм, и цикл повторяется.

Охлаждение форм на литейном конвейере происходит в охладительном кожухе с вытяжной вентиляцией. Система управления линии выполнена на бесконтактной аппаратуре на логических элементах. Аппаратура расположена в многосекционных шкафах управления.

Учитывая повышенные требования, предъявляемые к формовочным смесям, применяемым на автоматизированных установках, многие формовочные линии изготавливаются совместно со смесеприготовительными установками.

В современных литейных цехах осуществляются принципы комплексной автоматизации. С этой целью автоматические формовочные линии объединяются с блок-линиями для изготовления стержней, автоматическими линиями для заливки и выбивки форм, поточными линиями для очистки, зачистки и окраски форм.

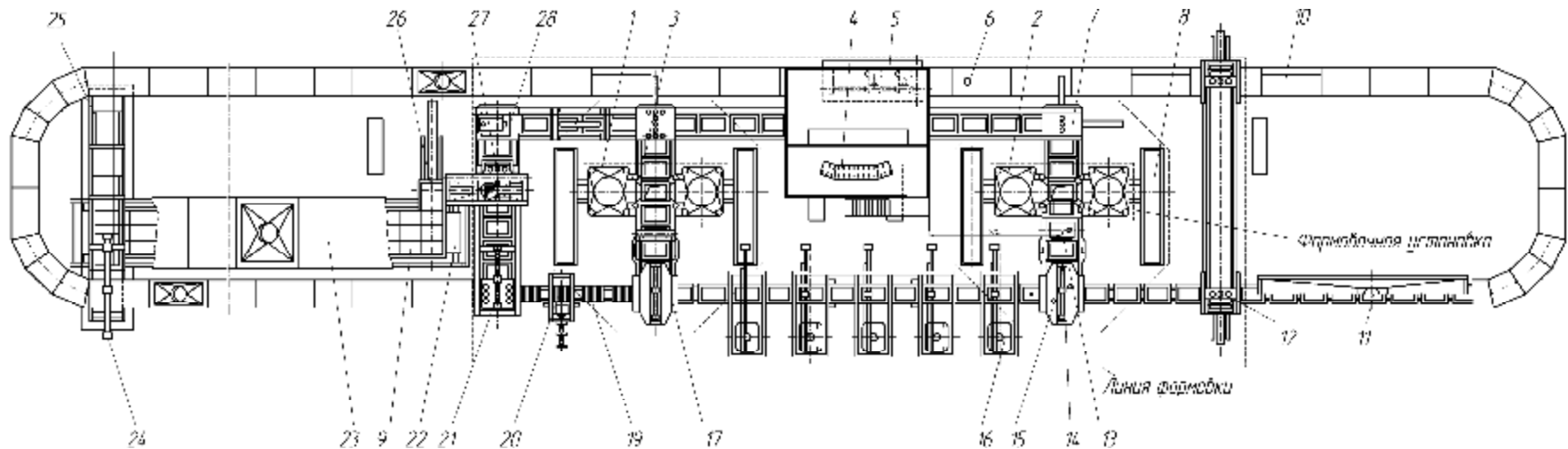


Рис. 30. Схема планировки комплексной автоматической линии модели Л450А:

1, 2 – формовочная установка мод. 3019; 3 – распаровщик; 4 – центральный пульт управления; 5 – каретка силовых гидроцилиндров литейного конвейера; 6 – рольганг; 7 – устройство передачи верхних опок к формовочному автомату; 8 – устройство для замены модельных комплектов; 9 – брикеты на конвейере охлаждения; 10 – охлаждающий тоннель; 11 – место заливки; 12 – укладчик грузов; 13 – механизм накалывания вентиляционных каналов; 14 – кантователь верхних полуформ; 15 – сборщик форм; 16 – стержнеукладчик; 17 – устройство передачи нижних полуформ на литейный конвейер; 18 – устройство для срезания излишка смеси; 19 – тележка конвейера; 20 – устройство для очистки тележек; 21 – устройство для передачи залитых форм с литейного конвейера на выбивку; 22 – охлаждающий конвейер; 23 – тоннель интенсивного охлаждения; 24 – толкатель брикетов на выбивку; 25 – выбивная решетка; 26 – толкатель брикетов на конвейер охлаждения; 27 – установка выдавливания брикетов с отливками из опок; 28 – устройство передачи комплекта пустых опок; 29 – литейный пульсирующий конвейер; 30 – кантователь нижних полуформ

Для обеспечения надежных связей между отдельными агрегатами, входящими в состав автоматических линий, предусматриваются соответствующие накопители для опок, готовых форм и др.

Внедрение автоматизации в литейном производстве ликвидирует тяжелый ручной труд, позволяет значительно улучшить условия труда и общее санитарно-гигиеническое состояние цеха.

Для изготовления мелких отливок применяют автоматические линии безопочной формовки.

Наиболее применяемыми являются линии безопочной формовки со сборкой форм в горизонтальную опоку. Основные преимущества изготовления отливок на таких линиях по сравнению с опочной формовкой на автоматических линиях следующие: отсутствие опочной оснастки; отсутствие транспортных средств и механизмов для перемещения и манипуляций с пустыми опоками; простота устройств для выбивки безопочных форм; отсутствие устройств для нагружения форм во время заливки.

На рис. 31 показана комплексная автоматическая линия безопочной горизонтально-стопочной формовки. В табл. 7 приведена техническая характеристика линии АЛ23714 [5].

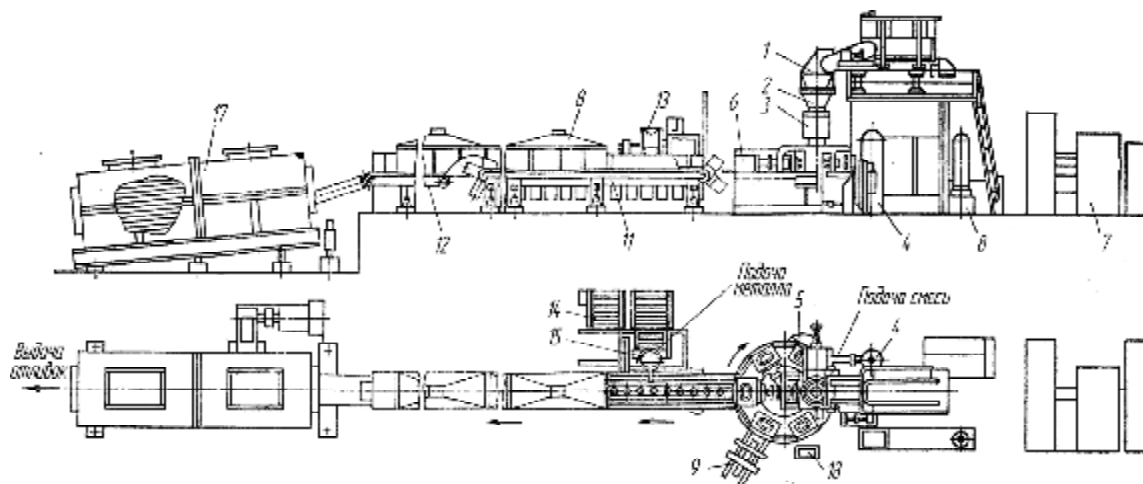


Рис. 31. Комплексная автоматическая линия АЛ23714 безопочной горизонтально-стопочной формовки, сборки, заливки и выбивки:

1 – дозатор ленточный 19613; 2 – бункер; 3 – пескодувная головка; 4 – ресивер; 5 – формовочный автомат; 6 – поворотный стол; 7 – гидроагрегат; 8 – гидроаккумулятор УГ.210.000; 9 – стержнеукладчик; 10 – шаговый конвейер; 11 – цепной конвейер; 12 – ленточный конвейер; 13 – заливочная машина 4126А; 14 – роликовый конвейер заливочной машины; 15 – заливочный ковш; 16 – выбивающая вибрационно-инерционная решетка 31222; 17 – выбивающий барабан 31312; 18 – пульт управления линией

На рис. 32 приведена схема процесса безопочной формовки с горизонтальным разъемом формы.

На столе машины (рис. 32, а) устанавливаются верхнюю опоку в опрокинутом положении и на нее кладут двустороннюю модельную плиту. На эту

плиту ставят нижнюю опоку, затем засыпают в нее смесь, которую уплотняют встряхиванием. После этого опоку устанавливают на подпочный щиток и переворачивают на 180°, затем в верхнюю опоку засыпают смесь и уплотняют при помощи встряхивания и последующего прессования (рис. 32, б). Далее прорезают стояк, снимают верхнюю опоку, удаляют модель (рис. 32, в), устанавливают стержни и осуществляют сборку формы (рис. 32, г).

Таблица 7

| Техническая характеристика линии АЛ23714 |         |
|--|---------|
| Параметр                                 | Норма   |
| Габаритные размеры форм (брикетов), мм   | 800×600 |
| Высота формы в стопке, мм                | 250-400 |
| Цикловая производительность, форм/ч      | 300     |
| Металлоемкость формы, кг                 |         |
| средняя                                  | 40      |
| наибольшая                               | 80      |
| Давление прессования, МПа                | до 2,5  |

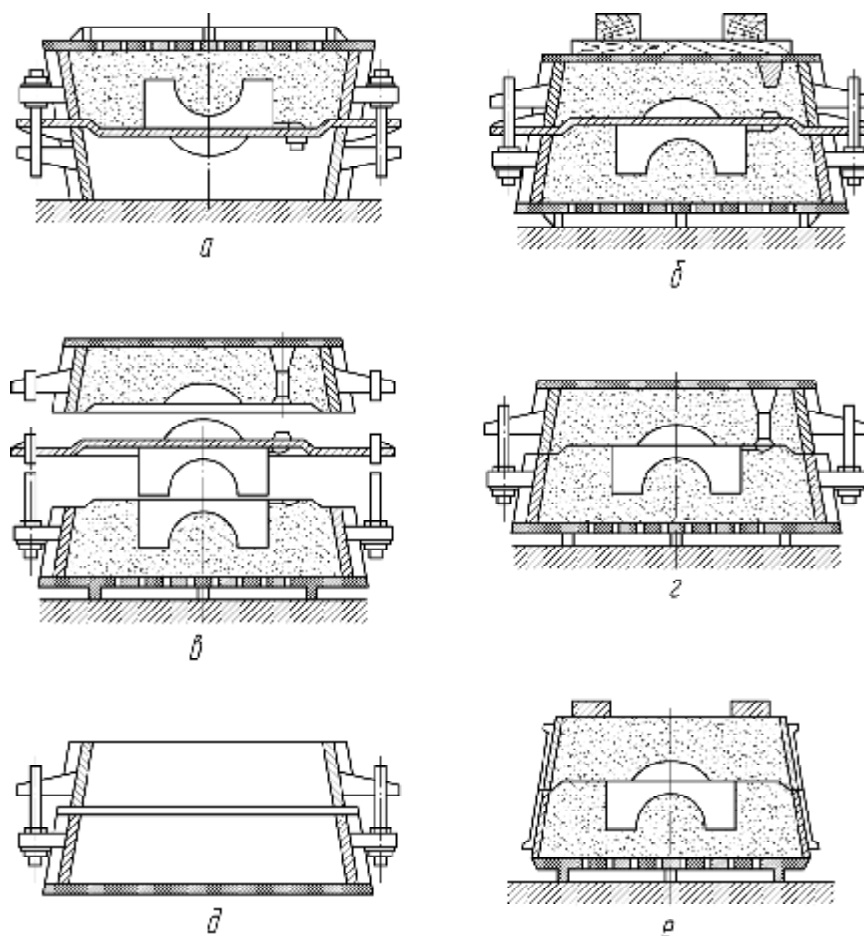


Рис. 32. Безопочная формовка

После этого опоки снимают (рис. 32, *д*), а форму на подпочном щитке ставят на конвейер для заливки. Перед заливкой на форму надевают жакет (рис. 32, *е*) и сверху кладут груз для предотвращения подъема верхней половины формы под давлением жидкого металла.

Для предотвращения сдвига верхней полуформы относительно нижней, а также для предупреждения прорыва металла по разьему формы модельные плиты для безопочной формовки обычно делаются с уступом-замком высотой 10 мм и уклоном 45°.

Безопочная формовка применяется обычно при массовом производстве мелкого литья (массой до 5 кг).

В практике получения отливок безопочной формовкой на многих заводах в нашей стране и за рубежом нашли применение автоматические формовочные линии изготовления безопочных форм с вертикальным разьемом по технологии Дисаматик. Такая технология обеспечивает: повышение выхода годного литья; снижение затрат на зачистку литья; снижение эксплуатационных расходов; более эффективное использование формовочной смеси; повышение точности отливок; улучшение структуры отливок и повышение качества поверхностей; экономия производственных площадей; улучшение условий труда благодаря опыту ДИСА в литейном деле.

Линии Дисаматик компактны, удобны в эксплуатации.

На рис. 33 приведена схема изготовления безопочных форм с вертикальным разьемом на линии Дисаматик мод. 2110 [5].

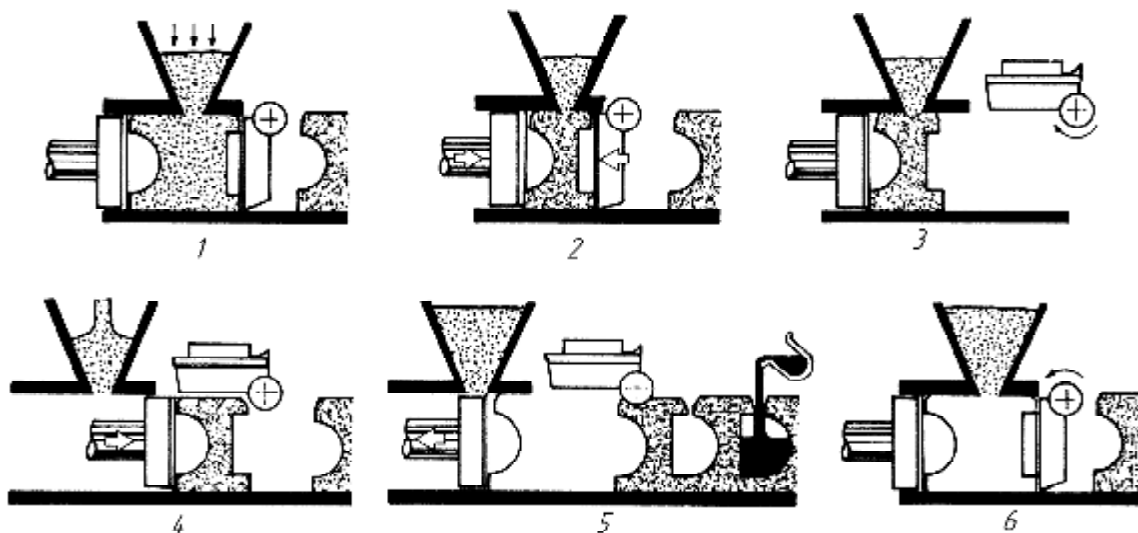


Рис. 33. Последовательность операций формовки:

1 – надув смеси; 2 – прессование смеси; 3 – отделение поворотной пресс-плиты; 4 – сборка форм и транспортировка стопки форм; 5 – отделение пресс-плиты; 6 – закрывание формовочной камеры

Операции изготовления форм на линии происходят в следующей по-

следовательности:

1. Надув смеси – открывается шибер и с помощью сжатого воздуха смесь вдувается в формовочную камеру. Одновременно могут включаться вибраторы на пресс-плите и на поворотной пресс-плите.

2. Прессование смеси – поворотная пресс-плита и пресс-плита, оснащенные модельными комплектами, движутся навстречу друг другу до достижения заданного давления. Одновременно включаются вибраторы. Давление прессования может регулироваться для получения форм необходимой прочности. Продолжительность прессования может быть увеличена для повышения качества формовки при сложных моделях. При этом происходит выравнивание внутренних напряжений в форме перед вытяжкой модели.

3. Отделение поворотной пресс-плиты – поворотная пресс-плита медленно отделяется от формы и откидывается в горизонтальное положение, открывая формовочную камеру. Во время вытяжки модели могут включаться вибраторы. На этой операции может производиться обдув поверхности формы для удаления лишней смеси. Жесткая конструкция машины и точная вытяжка модели практически исключают разрыв даже при сложных моделях.

4. Сборка форм и транспортировка стопки форм – пресс-плита выталкивает новую форму из камеры. Скорость движения формы непосредственно перед ее сборкой со стопкой замедляется. По достижении необходимого усилия сборки пресс-плита синхронно с автоматическим конвейером форм (АКФ) перемещает всю стопку вперед на величину толщины одной формы. Прецизионный ход пресс-плиты и специальная конструкция АКФ исключают возможность несогласованности и повреждения форм.

5. Отделение пресс-плиты – пресс-плита медленно отделяется и возвращается в исходное положение в формовочной камере. В это же время на обе модельные плиты наносится разделительная жидкость. В процессе отделения могут включаться вибраторы. Одновременно может производиться заливка предыдущей формы.

6. Закрывание формовочной камеры – поворотная пресс-плита поворачивается вниз и занимает исходное вертикальное положение в формовочной камере. Исходное положение может регулироваться, что позволяет отцентрировать пресс-плиты относительно пескодувной щели. Толщина формы может регулироваться в широких пределах для получения оптимального соотношения между количеством смеси и металла.

Основные характеристики линии 2110 представлены в табл. 8.

На линии используют формовочную смесь следующего состава, % по массе:

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| оборотная смесь    | 92,8-96,8 |
| кварцевый песок    | 3,0-6,0   |
| бентонитовая глина | 0,4-1,0   |

Средний размер зерна наполнителя смеси определяется требованиями к качеству поверхности отливки.

Средний размер зерна 0,15-0,28 по *DIN*.  
 Прочность на сжатие сырой смеси 0,13 МПа.  
 Прочность на разрыв сырой смеси 0,02 МПа.  
 Прочность на разрушение 0,03 МПа.  
 Уплотняемость  $40 \pm 2$  %.  
 Влажность подбирается для достижения уплотняемости  $40 \pm 2$  %.  
 Глиносодержание по *AFS* 11-13 %.  
 Содержание активной глины более 7 %.  
 Потери при прокаливании 3,5-7,5 %.  
 Летучие вещества 1,5-3,0 %.

Таблица 8

| Техническая характеристика линии 2110   |         |
|---|---------|
| Параметр  | Норма   |
| Размер форм, мм:  |         |
| высота  | 400     |
| ширина  | 500     |
| толщина   | 100-315 |
| Давление прессования, МПа   | 0-1,2   |
| Максимальная длина конвейера, м   | 47      |
| Время охлаждения при толщине форм 200 мм и производительности 205 форм/ч, мин | 61      |

*Вакуумный способ изготовления литейных форм.* Вакуумная формовка (V-процесс) имеет ряд преимуществ по сравнению с технологией литья в разовые песчано-глинистые формы: повышение качества отливок; резкое уменьшение расхода исходных материалов; снижение трудоемкости процесса формообразования; отсутствие связующего в формовочном материале. Вакуумирование формы в процессе заливки и охлаждения металла позволяет исключить выделение газов. Что улучшает условия труда, уменьшает загрязнение окружающей среды и способствует сокращению капитальных затрат и эксплуатационных расходов на вентиляцию производственных помещений.

Суть способа и последовательность операций иллюстрируются на рис. 34. Модельная плита 5 с закрепленной на ней моделью 2 смонтирована на вакуумной камере 1. Полость этой камеры соединена сквозными тонкими каналами 4 с поверхностью плиты и модели.

Синтетическую пленку 3 толщиной до 0,1 мм с площадью поверхности, равной площади модельной плиты на плане в течение нескольких секунд нагревают до перевода ее в пластическое состояние. Нагретую пленку накладывают сверху на модель и подключают полость камеры 1 через патрубок 6 к вакуумному насосу. Пленка плотно облепает поверхность модельной плиты и модели, точно воспроизводя ее контур. На модельную плиту с пленкой устанавливают коробчатую опоку 7, внутренняя стенка которой имеет отверстия 10. Опока через патрубок 11 соединена с вакуум-насосом. В нее засыпают ог-

неупорный наполнитель 9, и модельную плиту вибрируют.

Далее отформовывают литниковую чашу и линейкой укладывают избыток песка из полуформы, выполняя ровный контрлад. На последний накладывают синтетическую пленку 8 (без нагрева) и подключают опоку к вакуумному насосу. Полуформа в результате вакуумирования приобретает необходимую прочность. Для съема полуформ с модельной плиты вакуумную камеру 1 отключают от вакуумного насоса. Верхнюю полуформу соединяют с нижней, которую изготавливают аналогичным способом. В процессе сборки полуформ, заливки металлом и затвердевания отливки опоки подключены к вакуум-насосу. После затвердевания отливки 14 вакуум-насос отключают, и отливка вместе с песком вываливается из опок. Песок после охлаждения вновь используется для формовки. Уплотнение песка производится при вакууме порядка 50 кПа.

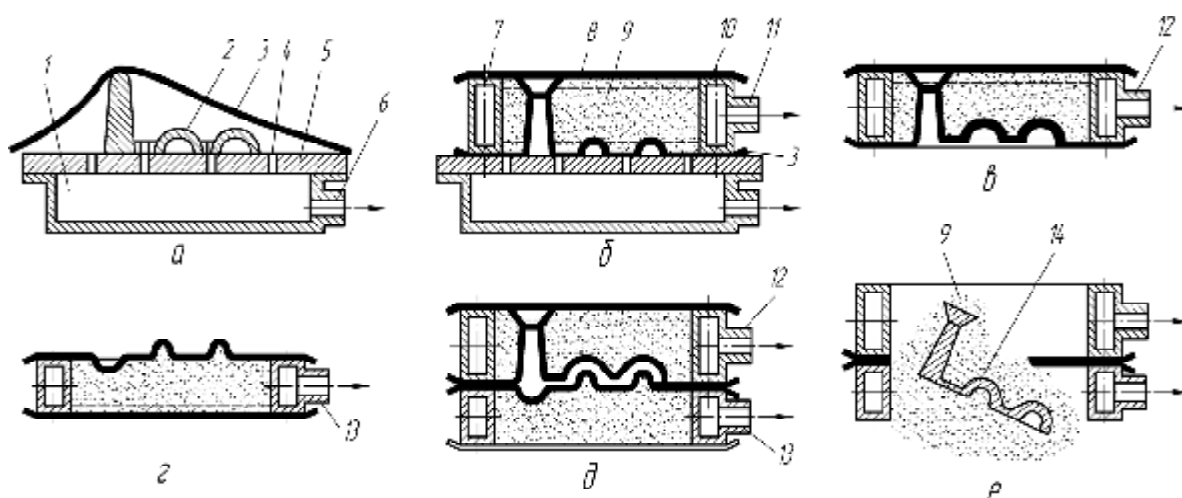


Рис. 34. Последовательность операций при вакуумно-пленочной формовке:  
*а* – накладывание пленки на модельную плиту; *б* – изготовление верхней полуформы; *в* – верхняя полуформа; *г* – нижняя полуформа; *д* – форма в сборе; *е* – выбивка отливки; 1 – вакуумная камера; 2 – модель; 3 – пленка; 4 – отверстие в модельной плите; 5 – модельная плита; 6 – патрубок; 7 – коробчатая опока; 8 – пленка; 9 – наполнитель; 10 – отверстие в опоке; 11, 12, 13 – патрубки; 14 – отливка

На рис. 35 приведена схема линии вакуумной формовки Дисаматик. Технология получения отливок на линии рассчитана на использование как низких, так и высоких моделей, поскольку толщина формы регулируется в зависимости от размера модели. Модель может быть заменена в течение рабочего цикла. В зависимости от производственной необходимости можно изготавливать большие и мелкие партии отливок из любого металла от стали до алюминия. Техническая характеристика линии приведена в табл. 9.

В состав линии входят следующие компоненты: формовочная машина 1; устройство для подачи модельных плит 2; стержнеукладчик 3; устройство для быстрой замены модельных плит 4; бункер для песка 5; вакуумная установка 6; гидравлическая установка 7; установка для перемещения поддонов и



зажимов 8; зона заливки 9; линия заливки и охлаждения 10; конвейер охлаждения (двухдорожечный) 11.

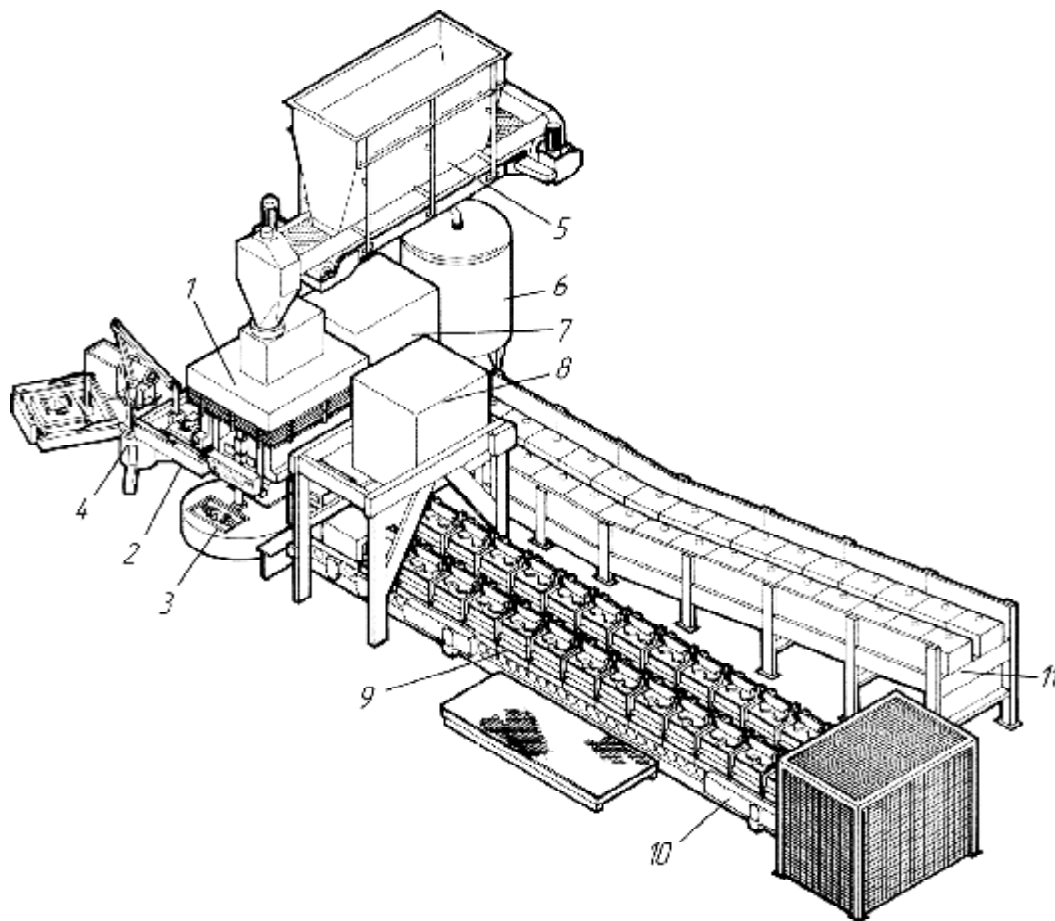


Рис. 35. Схема линии вакуумной формовки Дисаматик:

1 – формовочная машина; 2 – устройство для подачи модельных плит; 3 – стержнеукладчик; 4 – устройство для быстрой замены модельных плит; 5 – бункер для песка; 6 – вакуумная установка; 7 – гидравлическая установка; 8 – установка для перемещения поддонов и зажимов; 9 – зона заливки; 10 – линия заливки и охлаждения; 11 – конвейер охлаждения (двухдорожечный)

Таблица 9

Техническая характеристика линии вакуумной формовки Дисаматик

| Параметр  | Норма           |
|---|-----------------|
| Размер форм, мм:  |                 |
| длина   | 720             |
| ширина  | 560             |
| высота  | 130/130-250/250 |
| Производительность при высоте форм 150/150 мм, форм/ч                                   | 165             |
| Расход песка, м <sup>3</sup> /ч   | 45              |
| Расход воды для охлаждения при 15 °С, л/мин   | 60              |
| Конвейер форм: минимальная длина линии заливки и охлаждения, м                          | 12              |
| Пластинчатый конвейер для длительного охлаждения отливок в форме: максимальная длина, м | 48              |

### *Материалы формы.*

*Наполнитель.* Свойства формовочного материала определяют прочность форм и качество поверхности отливки. Главной особенностью формовочных материалов, используемых в вакуумно-пленочной формовке, является отсутствие в них связующего, поэтому огнеупорность формы зависит только от огнеупорности применяемого наполнителя. Прочность формы, полученной при разрезании, в значительной степени зависит от насыпной массы применяемого песка.

В свою очередь насыпная масса зависит от крупности песка, его типа (кварцевые, цирконовые и др.) и формы (угловатый или округлый), а также соотношения крупной и мелкой фракцией (табл. 10).

При использовании мелкого песка обеспечивается гладкая поверхность отливки ( $R_z = 18$  мкм), более крупный песок имеет тенденцию к просечке (табл. 11).

Таблица 10

| Размер зерна 0,2 мм, %            | 100  | 80   | 60   | 40   | 20   | 0    |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Размер зерна 0,05 мм, %           | 0    | 20   | 40   | 60   | 80   | 100  |
| Насыпная масса, кг/м <sup>3</sup> | 1500 | 1700 | 1700 | 1600 | 1420 | 1230 |

*Примечание.* Максимальная насыпная масса 1800 кг/м<sup>3</sup> получена при соотношении крупная фракция – мелкая фракция 70:30.

Таблица 11

| Песок кварцевый с размером песчинок, мм | Значение $R_z$ , мкм, при толщине образца, мм |          |          |          |
|---|---|----------|----------|----------|
|   | 3   | 6        | 12       | 24       |
| 0,315                                   | просечка                                      | просечка | просечка | просечка |
| 0,160                                   | то же   | то же    | то же    | то же    |
| 0,063                                   | 50  | 50       | « «      | « «      |
| смешанный                               | 18  | 18       | 18       | 25       |

*Примечание.* Степень разряжения 47 кПа. Пленка EVA толщиной 0,075 мкм.

*Герметизирующие покрытия.* В качестве материала для герметизации форм используются синтетическая пленка, фольга, бумага или самотвердеющие композиты. Чаще всего применяется синтетическая пленка.

На этапе наложения на модель к пленке предъявляются следующие требования: плотное прилегание нагретой пленки к модели; отсутствие разрывов; малая зависимость пластичности пленки от длительности ее нагрева.

На этапе заливки формы требуются: малая термическая усадка пленки при контакте с нагретым жидким металлом (сжимающаяся пленка не должна обнажать слишком большой участок формы, на котором зерна песка удержи-

ваются только за счет вакуумирования); медленное протекание процессов деструкции пленки при минимальной толщине слоя песка, в который проникают продукты деструкции (во избежание образования пригара и попадания в отливку включений песка); незначительное выделение газов в атмосферу цеха; малая стоимость пленки.

Применяются пленки из различных синтетических материалов – полиэтилена низкой плотности (*PE*-пленка ГОСТ 10354-82), полипропилена (*PP*-пленка), полистирола (*PS*-пленка) и этилвинилацетата (*EVA*-пленка).

*EVA*-пленка имеет наиболее высокие показатели удлинения, пластической деформации, обладает способностью к деформированию и образованию складок, однако требует для деформирования определенных усилий. По совокупности свойств *EVA*-пленка наиболее пригодна для использования при вакуумно-пленочной формовке.

*Огнеупорные покрытия.* В качестве огнеупорного покрытия используются графит, тальк, каолин, циркон, алюминиевая пудра, в качестве жидкой фазы – растворители и компоненты, которые не вступают в химическую реакцию с пленкой, метанол, изопропанол и этанол. Водные покрытия не используются, так как они на пленке высыхают долго и не смачивают ее. При применении метанола и изопропанола требуются более жесткие правила техники безопасности, чем при работе с этанолом; последний более перспективен, хотя и дороже.

Краски большей частью наносят на пленку, покрывающую модель. В отдельных случаях красят поверхность формы после съема модели. При этом краска и песок разделены пленкой.

#### Контрольные вопросы.

1. Преимущества получения отливок на автоматических формовочных линиях (АФЛ) в сравнении с ручной формовкой.
2. Перечислите последовательность операции изготовления отливок на линии безопочной формовки.
3. Перечислите последовательность операции изготовления отливок на линии вакуумной формовки.
4. Обозначьте требования к формовочным смесям для автоматических формовочных линий.
5. Укажите преимущества вакуумной формовки в сравнении с формовкой в ПГ-формах.
6. Укажите требования к модельной оснастке для АФЛ.
7. Какие материалы используют при вакуумной формовке?
8. Отметьте особенности заполнения форм расплавом при вакуумной формовке.
9. При каком из способе формовке (безопочная, опочная) применяется окрашивание форм?

10. При каких условиях производства применяют безопасную формовку?

## **ЛЕКЦИЯ 8.**

### **ТЕМА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ**

План лекции

1. Классификация процессов.
2. Уплотнение стержневой смеси.
3. Современные технологии изготовления стержней.

*Классификация технологических процессов.* Технологические процессы изготовления стержней делят на две группы. Первая группа включает в себя традиционные процессы, давно применяемые в литейных цехах. Они характеризуются отверждением стержней вне оснастки, как правило, с помощью тепловой сушки. Первоначальная прочность стержней достигается повышенной сырой прочностью стержневых смесей, высокой степенью уплотнения стержней, а также применением металлических каркасов.

Вторая группа процессов обеспечивает отверждение стержней непосредственно в оснастке в основном за счет химического или физико-химического упрочнения материалов, входящих в состав стержневых смесей. К этой группе относятся процессы, основанные на использовании самотвердеющих смесей или смесей, твердеющих при продувке газом-отвердителем в нагреваемой оснастке, а также процессы, основанные на использовании стержневых смесей, затвердевающих под воздействием теплоты нагреваемой оснастки.

Классификация технологических процессов изготовления стержней приведена на рис. 36.

Каждый технологический процесс имеет свою оптимальную область применения, поэтому выбор оптимального технологического процесса изготовления стержней представляет собой сложную задачу и связан с глубоким техническим и экономическим анализом большого числа факторов.

*Традиционные технологические процессы с отверждением стержней вне оснастки.* При этих процессах после уплотнения смеси и извлечения стержней из оснастки стержни сушат при 150-250 °С в сушилах в течение 1,5-2,5 часа и более. При этом ряд стержневых смесей позволяет производить кратковременную сушку при повышенной температуре в сушиле, а также сушку в электрическом поле высокой частоты. Кроме того, некоторые стержни изготавливаются без отверждения. Такие стержни называют сырыми, аналогично технологии изготовления форм по-сырому. Прочность таких стержней

достигается лишь за счет высокой сырой прочности смесей, каркасов и высокой степени уплотнения.

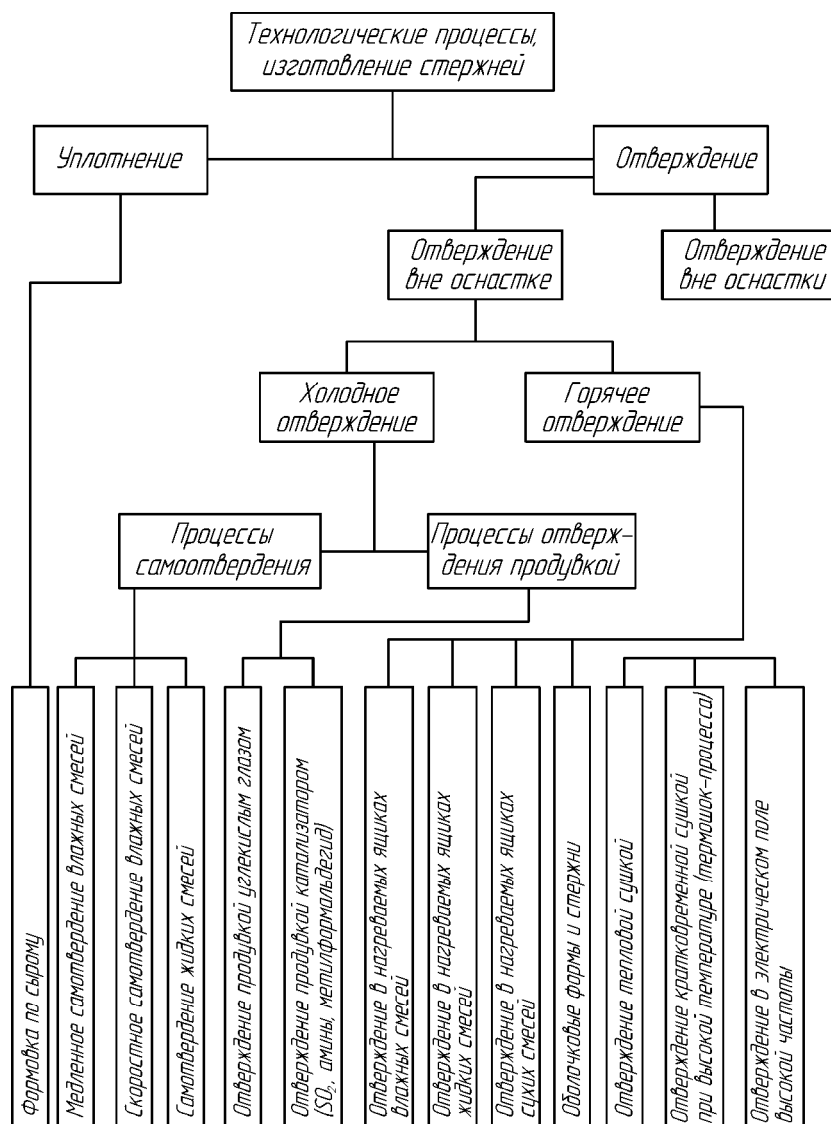


Рис. 36. Классификация технологических процессов изготовления стержней

Технологические процессы, основанные на отверждении стержней в оснастке, обеспечивают отверждение стержней непосредственно в стержневых ящиках. При этом отверждение могут производиться или в предварительно нагретой до необходимой температуры оснастке, или в холодной оснастке, имеющей температуру окружающей среды.

Процессы изготовления стержней в нагреваемой оснастке подразделяют на процессы изготовления стержней из влажных и сухих (обычно песчано-смоляных), жидких и лакированных смесей. Лакированные стержневые смеси используют для формовки оболочковых стержней.

Технологические процессы изготовления стержней в холодной оснастке

делят на две группы. К первой группе относят процессы с использованием самотвердеющих смесей, а ко второй – процессы, основанные на отверждении смеси в оснастке при их продувке. Процессы с использованием самотвердеющих смесей подразделяют на процессы изготовления стержней из сыпучих смесей с нормальной и повышенной скоростями самозатвердевания, а также на процессы изготовления стержней из ЖСС. Отверждение смесей за счет продувки может осуществляться углекислым газом, газообразным катализатором и сжатым воздухом (подогретым или с нормальной температурой).

Все процессы изготовления стержней включают в себя различные технологические (рис. 37), транспортные и вспомогательные операции, из которых часть операций характерна для всех технологических процессов, а часть специфична для отдельных вариантов технологических процессов изготовления стержней.

*Уплотнение стержневой смеси.* Необходимая прочность стержней достигается уплотнением смеси в стержневом ящике. Чем больше уплотняющее воздействие, тем выше прочность стержней в сыром состоянии. Особое значение степень уплотнения стержней приобретает при использовании традиционных технологических процессов изготовления стержней: В этом случае прочность стержней в сыром состоянии должна быть достаточной для того, чтобы при транспортировке и сушке стержни не деформировались и не разрушались. При недостаточном и неравномерном уплотнении снижается прочность всего стержня или его отдельных мест, образуются пористые, рыхлые участки, в результате чего ухудшается качество поверхности отливки, образуются пригар и песчаные раковины.

Неравномерность уплотнения стержней может привести также к их растрескиванию во время сушки в результате возникающих при этом термических напряжений. С другой стороны, нельзя переуплотнять стержни, так как могут значительно уменьшиться податливость стержней и их газопроницаемость, что повышает опасность появления горячих трещин и газовых раковин в отливках. Степень уплотнения смеси характеризуется ее плотностью. Насыпная плотность стержневой смеси составляет 900-1100 кг/см<sup>3</sup>, а после уплотнения 1450-1650 кг/см<sup>3</sup>.

Уплотнение стержневой смеси в ящиках производят вручную, вибрацией, встряхиванием, прессованием, пескометным, пескодувным и другими способами.

*Ручное уплотнение стержней.* Уплотнение смеси производят плоской ручной трамбовкой, с помощью клиновидной набойки, пневматической трамбовкой с плоским или клиновидным наконечником, ладонью.

Последовательность основных операций при изготовлении стержней вручную в стержневых ящиках:

- в вытряхном ящике с вкладышем (рис. 38): устанавливают вкладыши и обдувают рабочую полость ящика; ящик наполняют смесью, которую уплотняют трамбовками или набойками; выбивают каркасы и производят про-

колку вентиляционных каналов; на ящик укладывают сушильную плиту и весь комплект переворачивают; снимают ящик и вынимают вкладыши;

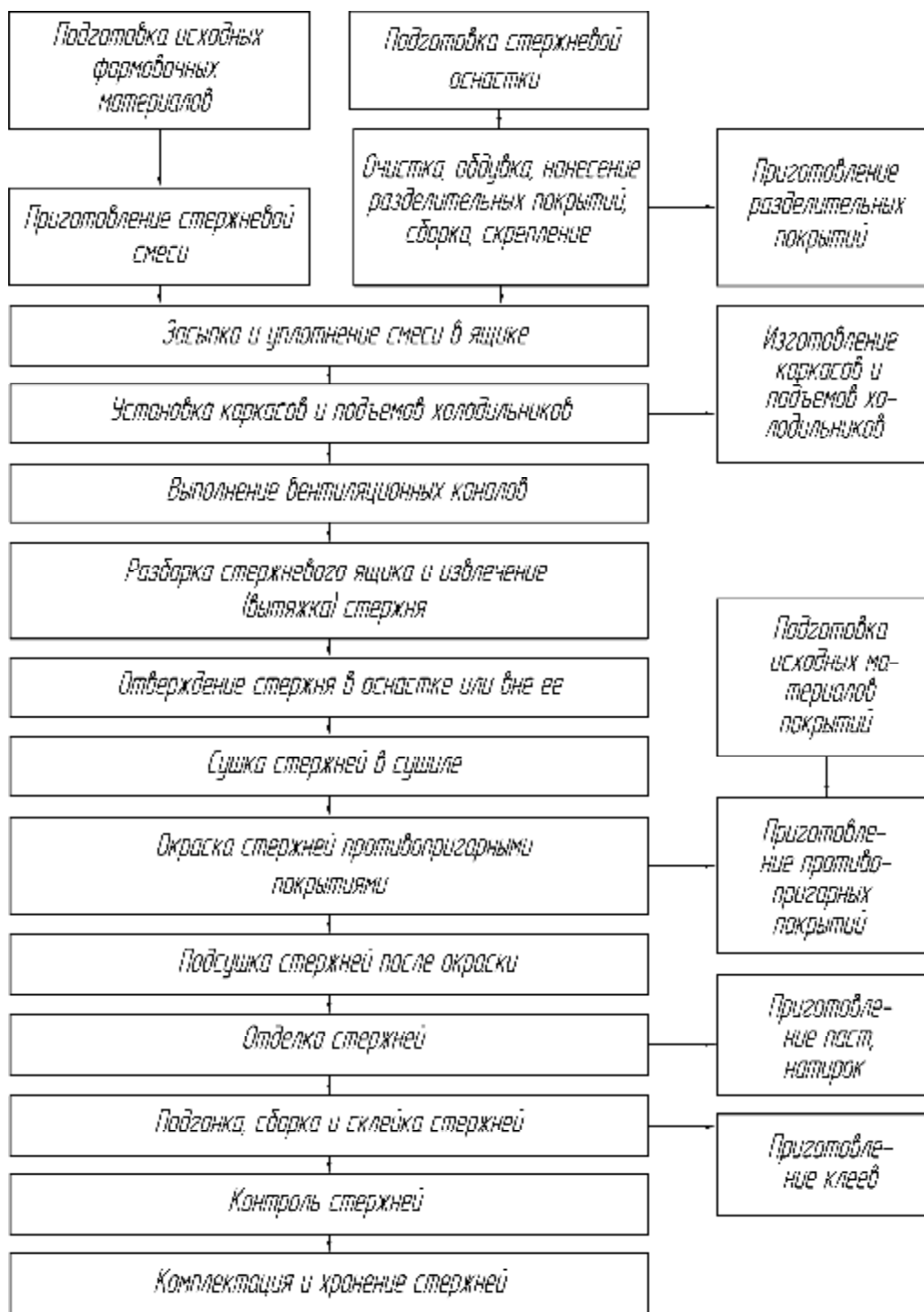


Рис. 37. Технологические операции при изготовлении стержней

- в ящике с плоским вертикальным разъемом (рис. 39): скрепляют половинки ящика; обдувают и опрыскивают рабочую полость ящика; ящик напол-

няют стержневую смесь и уплотняют ее; вбивают каркасы и накалывают вентиляционные каналы; разбирают ящик и извлекают стержень.

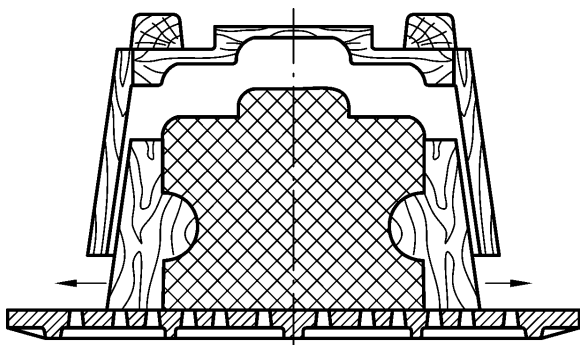


Рис. 38. Вытряхной стержневой ящик с вкладышем

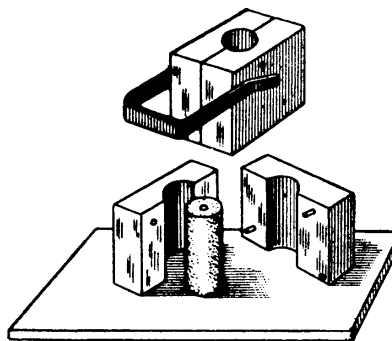


Рис. 39. Стержневой ящик с плоским вертикальным разъемом

Вручную изготавливают стержни в ящиках с криволинейным разъемом, в ящике из двух половин, по шаблону с вертикальной и горизонтальной осью; по протяжному шаблону, по модели. Ручное изготовление стержней применяется при единичном и мелкосерийном производстве не сложных конфигураций.

Степень уплотнения смеси зависит от числа ударов, массы трамбовки, усилия, прикладываемого к трамбовке, а также от текучести и прочности смеси в сыром состоянии и высоты уплотняемого слоя. Для оценки плотности стержней используют измерение их поверхностной твердости твердомером. Из практики ясно, что плотности  $1550 \text{ кг/см}^3$  соответствует ориентировочно твердость стержня, равная 80 ед. (твердость стержня, равная 80 ед., является максимальной для средних и крупных стержней; для мелких стержней допустимая твердость равна 50-60 ед.).

*Уплотнение стержневой смеси встряхиванием* осуществляется на встряхивающих машинах последовательными ударами заполненного смеси стержневого ящика о станину машины (рис. 40). Высота подъема стола машины достигает 50-100 мм. После каждого удара стержневая смесь под действием сил инерции перемещается вниз. Чем больше масса вышележащих слоев смеси, тем выше степень уплотнения стержня. Самые верхние слои смеси при встряхивании не уплотняются, поэтому их обычно доуплотняют ручными пневматическими трамбовками, специальными прессовыми плитами или динамической подпрессовкой, заключающейся в наложении груза на поверхность стержня при встряхивании. В ряде случаев на стержневой ящик устанавливают дополнительную рамку, в которой после уплотнения остается избыточный слой смеси. Дополнительную рамку после встряхивания снимают, а избыточный слой смеси срезают.

Степень уплотнения смеси при встряхивании зависит от физико-механических свойств стержневой смеси, высоты подъема встряхивающего



стола и числа встряхиваний. Этот метод является наиболее распространенным при использовании традиционных технологических процессов изготовления стержней. Наибольшее распространение он получил при единичном и мелкосерийном производстве отливок благодаря своей универсальности и использованию дешевой деревянной стержневой оснастки. Недостатками метода являются большой шум и вибрация, а также необходимость доуплотнения верхних слоев смеси.

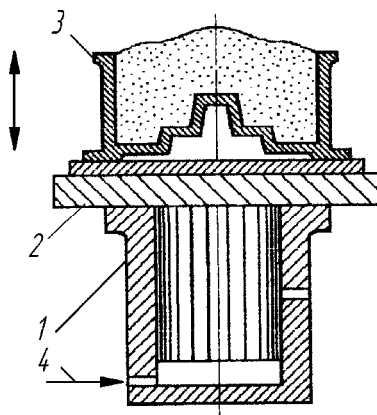


Рис. 40. Схема уплотнения стержня на встряхивающей машине:

1 – встряхивающий механизм; 2 – стол; 3 – стержневой ящик; 4 – подача сжатого воздуха

*Уплотнение смеси вибрацией.* Есть два варианта осуществления вибрации: с вертикально и горизонтально направленными колебаниями. В качестве возбудителей вибрации используют электро- или пневмовибраторы, которые сообщают стержневому ящику со смесью принудительные колебания с частотой от 1000 до 3000 колебаний в минуту и амплитудой от 0,2 до 1,0 мм. Для амортизации ударов применяют пружины или пневмобаллоны. Наиболее уплотненными оказываются нижние слои смеси. Верхние рыхлые слои смеси доуплотняют вручную или срезают (при использовании наполнительной рамки).

*Уплотнение смеси прессованием* осуществляется на прессовых машинах. Этот способ применяют в основном для получения мелких и средних стержней небольшой высоты простой конфигурации. Стержневой ящик с предварительно установленной на него наполнительной рамкой заполняют смесью, после чего уплотняют смесь усилием прессовой колодки.

*Пескодувный способ уплотнения* (рис. 20, а) позволяет изготавливать стержни практически любой конфигурации и сложности, обеспечивает более равномерное распределение плотности по объему стержня и создает предпосылки для полной механизации и автоматизации процесса изготовления стержней. Пескодувный способ уплотнения смеси используют главным образом при изготовлении стержней, отверждаемых в оснастке. Пескодувное уплотнение применяют в основном при изготовлении мелких и средних стержней в условиях массового и крупносерийного производства, так как для осу-

ществления этого процесса требуется дорогостоящая металлическая оснастка, которую экономически выгодно изготавливать только при большой серийности стержней.

Пескодувный способ благодаря скорости действия и совмещению операций заполнения оснастки смесью и ее уплотнения в ряде случаев является практически единственно возможным способом уплотнения, например, при изготовлении стержней, отверждаемых в горячей оснастке. Несмотря на высокую степень механизации и автоматизации пескодувный процесс уплотнения не исключает ряда ручных операций (заглаживание верхнего лада стержня, заделка неровностей от вдувных и вентиляционных отверстий и различных дефектных мест (рыхлот, пустот и т.п.), установка каркасов, очистка рабочей поверхности и вент, нанесение разделительного покрытия).

*Пескометное уплотнение смеси.* Этот способ (рис. 20, б), как и пескодувный, совмещает операции заполнения и уплотнения смеси. Его применяют при изготовлении средних и крупных стержней в деревянных и металлических ящиках.

*Сушка стержней.* Сушка стержней производится с целью обеспечения необходимой прочности, улучшения газопроницаемости и снижения их газотворности при заливке формы металлом. При наличии в стержневой смеси связующих прочность стержней при сушке повышается в результате высыхания пленок связующего вещества, что вызывает более прочную связь между отдельными частицами стержневой смеси.

Если стержни изготавливаются из песчано-глинистой смеси, то их прочность при сушке повышается в связи с увеличением прочности глины в сухом состоянии.

Улучшение газопроницаемости стержней после сушки объясняется испарением влаги и возгонкой органических добавок, содержащихся в стержневой смеси.

Температура и режим сушки определяются составом стержневой смеси и размерами стержней. Мелкие стержни, в состав которых входят связующие различного рода, сушат при температуре 150-240 °С, а песчано-глинистые стержни таких же размеров сушат при более высокой температуре (до 250 °С). Время сушки составляет 1-3 ч. Крупные песчано-глинистые стержни сушат при температуре 350-450 °С более продолжительное время (до 6 ч и более).

Сушила подразделяются на камерные и конвейерные. Камерные применяются в мелкосерийном производстве для сушки крупных стержней, а конвейерные (горизонтальные и вертикальные) – в массовом производстве, где преобладают мелкие и средние стержни. Наиболее предпочтительны вертикальные конвейерные сушила, которые занимают меньшую площадь, позволяют создавать специализированные линии и автоматизировать процесс загрузки и выгрузки стержней.

Характеристика основных способов сушки стержней приведена в

табл. 12.

*Способы изготовления стержней.*

*Изготовление стержней в нагреваемой оснастке (ГТС-процесс).* Метод изготовления стержней с отверждением непосредственно в стержневых ящиках основан на применении смесей, затвердевающих в течение нескольких секунд под действием тепла нагретых стержневых ящиков.

Этот процесс нашел применение в условиях массового и крупносерийного производства. Сущность его состоит в том, что стержневая смесь специального состава вдвигается пескоструйным или пескострельным способом в предварительно разогретый до 150-300 °С стержневой ящик. В результате теплопередачи от поверхностей горячего стержневого ящика уплотненная стержневая смесь прогревается и затвердевает.

Таблица 12

Способы сушки стержней

| Источник тепла                        | Описание способа сушки   | Область применения  |
|---------------------------------------|--|---|
| Сушка горячими газами                 | В стационарных и переносных сушилах с естественной и принудительной циркуляцией горячих газов                | Поверхностная и сквозная сушка форм и стержней (глубина сушки 15-20 мм/ч)   |
| Сушка теплоизлучением                 | Инфракрасными лучами специальных ламп  | Поверхностная сушка форм или сквозная просушка мелких стержней (на глубину 15-20 мм за 20-30 мин)                       |
| Химическая сушка                      | Обдуванием струей углекислого газа поверхности формы или стержня. Сквозная продувка CO <sub>2</sub> стержней | Поверхностная сушка форм и стержней из жидкостекольных смесей (на глубину 15- 20 мм за 20 мин); сквозная сушка стержней |
| Сушка токами высокой частоты          | За счет выделения тепла переменного магнитного поля ТВЧ  | Сквозная сушка стержней с высокой скоростью (15-20 мм за 2-3 мин)   |
| Сушка стержней в нагреваемой оснастке | За счет теплопередачи от поверхностей разогретого стержневого ящика  | Применяется при изготовлении стержней из специальной стержневой смеси на связующих из термоактивных смол                |

*Изготовление стержней из быстротвердеющих смесей на жидком стекле (СО<sub>2</sub>-процесс).* Сушка стержней из этих смесей производится методом химического твердения путем продувки углекислым газом непосредственно в стержневых ящиках. Продувка должна обеспечивать прохождение углекислого газа по всему объему стержня.

*Изготовление стержней из жидких самотвердеющих смесей (ЖСС).* ЖСС – это смеси, приготовленные на основе обычных стержневых материалов с добавкой некоторых компонентов, применяются и для изготовления стержней. Подбор необходимых составляющих значительно улучшает выживаемость стержней.

Использование ЖСС позволяет заменить трудоемкую операцию уплотнения стержневых смесей, так как смесь в сметанообразном состоянии заполняет внутренние полости стержневых ящиков любой формы и размеров. Заливка ЖСС в стержневые ящики приводит к резкому сокращению цикла изготовления стержней, снижает трудоемкость и повышает производительность труда.

*Изготовление стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС-процесс).* Этот процесс основан на том, что в состав стержневой смеси вводятся в определенной пропорции синтетические материалы типа смол, которые способны затвердевать в присутствии катализаторов при комнатной температуре. В качестве связующих для ХТС применяют связующее с фуриловым спиртом, карбаминофурановые смолы и др. Катализатором обычно является ортофосфорная кислота.

Уплотнение смеси в стержневом ящике производится встряхиванием, пескострельным или пескометным способом. Отверждение стержней происходит в стержневом ящике в течение нескольких минут. Особенностью ХТС-процесса является низкая «живучесть» смеси, поэтому она должна быть использована сразу же после приготовления.

*Современные процессы изготовления стержней.*

*Для условий массового и крупносерийного производства отливок.* В современных процессах изготовления стержней используют широкую гамму связующих материалов, отличающихся как по химической номенклатуре, так и по механизму действия, кроме того, применяемые технологии можно разделить по типу материалов, организационно-техническим решениям и набору оборудования (в зависимости от вида сплава, массы и размера отливки, серийности производства и объемов выпуска отливок в год).

В настоящее время в массовом и крупносерийном производстве наиболее распространены процессы, основанные на пескострельном способе подачи и уплотнения смеси в оснастке с последующим быстрым отверждением ее при комнатной температуре под действием продуваемых через смесь газовых реагентов.

В табл. 13 – 16 представлены характеристики наиболее применяемых процессов изготовления форм и стержней в массовом и крупносерийном производстве [6].

Таблица 13

| Cold-box-amin-процесс                                    |  |
|--|--|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | Безводная бензилэфирная (фенолформальдегидная) смола (компонент 1) и полиизоцианат (компонент 2). Оба компонента связующего применяют в комплексе с органическими растворителями и добавками служебного назначения. Отверждение – газофазной продувкой: амин и носитель (например, осушенный воздух).<br>Продукты твердения – полиуретаны. |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Особенности процесса  | <p>Для приготовления, дозирования и подачи газовой смеси используют специальный генератор.</p> <p>Ввиду токсичности аминов комплекс оборудования «генератор – стержневой автомат – оснастка – нейтрализатор» полностью герметизируют.</p> <p>Жесткие требования к минимальному влагосодержанию песка (не более 0,2 %) и сжатого воздуха (необходима установка для его сушки).</p> <p>Процесс требует очень высокой культуры производства.</p>  |
| Преимущества процесса | <p>Равномерное объемное отверждение стержня в течение нескольких секунд после продувки.</p> <p>Высокая прочность стержней (сразу после продувки и через 24 ч), возможность изготовления самых сложных стержней.</p> <p>Минимальный суммарный расход связующего (1,2-1,8 мас.ч. на 100 мас.ч. песка).</p> <p>Высокая производительность, возможность автоматизации процесса.</p> <p>Высокое качество отливок, легкая выбиваемость.</p> <p>Возможность регенерации отработанных смесей.</p> <p>Возможность использования связующих российского производства.</p> |
| Недостатки процесса   | <p>Большие капитальные затраты на оборудование (преимущественно импортное).</p> <p>Высокая стоимость связующих компонентов и амина.</p> <p>Жесткие требования к качеству песка.</p> <p>Невысокая живучесть смесей (до 2 ч), в связи с чем необходима четкая организация технологического процесса.</p> <p>Склонность стержней к разупрочнению при высокой влажности воздуха.</p>   |

Таблица 14

Ероху-SO<sub>2</sub>-процесс

|  |   |
|--|---|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | <p>Эпоксидная или эпоксиакрилатная смола и органический пероксид.</p> <p>Отверждение – газовой продувкой SO<sub>2</sub> в носителе (осушенном воздухе).</p> <p>Продукты твердения – эпоксидный полимер.</p>   |
| Особенности процесса                                     | <p>Для приготовления, дозирования и подачи газовой смеси используют специальный генератор.</p> <p>Комплекс оборудования «генератор – стержневой автомат – оснастка – нейтрализатор» полностью герметизируют.</p> <p>Жесткие требования к влагосодержанию песка (не более 0,2 %) и сжатого воздуха (необходима установка для его сушки).</p> <p>Процесс требует высокой культуры производства.</p>   |
| Преимущества процесса                                    | <p>Равномерное объемное отверждение стержня в течение нескольких секунд после продувки.</p> <p>Высокая прочность стержней (сразу после продувки и через 24 ч), возможность изготовления самых сложных стержней.</p> <p>Минимальный суммарный расход связующего (1,2-1,8 мас.ч. на 100 мас.ч. песка).</p> <p>Высокая производительность, возможность автоматизации процесса.</p> <p>Высокое качество отливок, легкая выбиваемость.</p> <p>Возможность регенерации отработанных смесей.</p> |

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | <p>Высокая живучесть смеси (не менее 24 ч с момента их приготовления) и более высокая, чем в Cold-box-amin-процессе, влагостойкость стержней.</p> <p>Возможность использования связующих российского производства.</p>   |
| Недостатки процесса | <p>Большие капитальные затраты на оборудование (преимущественно импортное).</p> <p>Высокая стоимость связующих компонентов.</p> <p>Жесткие требования к качеству песка.</p> <p>Ввиду исключительно высокой коррозионной активности SO<sub>2</sub> оборудование и коммуникации выполняют из дорогостоящих коррозионно-стойких сталей, что значительно удорожает процесс.</p> <p>Взрывоопасность органических пероксидов – одного из компонентов связующего.</p> |

Таблица 15

## Hot-box-процесс

|  |   |
|--|---|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | <p>Карбамидо- и фенолофурановые смолы и отвердитель (водный раствор азотнокислой меди) или фенолформальдегидные смолы с отвердителем (раствором кислых солей).</p> <p>Продукты твердения – фурановый или фенольный полимеры.</p> <p>Высокая производительность процесса при времени выдержки стержней в горячей оснастке от 15 до 60 с.</p>               |
| Особенности процесса                                     | <p>Электро- или газоподогрев металлической оснастки до 220-240°С, пескострельный способ изготовления стержней.</p> <p>Повышенные требования к качеству песка (не более 0,2-0,4% глины).</p>   |
| Преимущества процесса                                    | <p>Высокая прочность стержней, удовлетворительная живучесть смесей (не менее 4 ч).</p> <p>Легкая выбиваемость.</p> <p>Возможность регенерации отработанных смесей.</p> <p>Достаточно высокое качество отливок.</p> <p>Наличие гаммы связующих материалов отечественного производства.</p>   |
| Недостатки процесса                                      | <p>Тяжелая экологическая обстановка на стержневых и заливочных участках.</p> <p>Большие эксплуатационные затраты на энергоносители (газ или электроэнергию) и на обновление металлической оснастки, подверженной износу и короблению.</p> <p>Меньшая размерная точность стержней и отливок по сравнению с процессами Cold-box и Epoxy-SO<sub>2</sub>.</p> |

Таблица 16

## α-set-процесс (разновидность No-bake-процесса)

|  |   |
|--|---|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | <p>Связующее – сильно оцелаченная фенолформальдегидная смола (полифенолят).</p> <p>Отвердители – жидкие ацетаты глицерина или этиленгликоля, гамма-бутиролактон или пропиленкарбонат.</p> <p>Продукт твердения – резит.</p> |
| Особенности процесса                                     | <p>Стержни и формы изготавливают на комплексно-механизированных поточных линиях.</p> <p>Для получения отливок без пригара необходимо применять противопопригарные краски: водные (с подсушкой) либо самовысыхающие.</p>     |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | Скорость отверждения регулируют, выбирая соответствующую марку отвердителя (быстрого, среднего и замедленного действия).  |
| Преимущества процесса | Использование ХТС одного и того же типа при получении отливок из чугуна и стали.<br>Достаточная прочность стержней (примерно на уровне ХТС с фурановыми смолами).<br>Низкая гигроскопичность стержней, отсутствие заметного разупрочнения под влиянием влаги воздуха.<br>Высыпаемость смеси из отливок при выбивке.<br>Высокое качество отливок из черных сплавов, достаточная размерная точность.<br>Благоприятные санитарно-гигиенические условия труда на стержневых участках и несколько лучшие, чем при использовании ХТС на фурановых смолах и Per Set-процесса, на заливочных.<br>Связующие и отвердители для процесса производят в России.<br>Капитальные затраты на приточно-вытяжную вентиляцию в 1,5-2 раза меньше, чем для ХТС на фурановых смолах. |
| Недостатки процесса   | Более высокая стоимость связующих материалов по сравнению с ХТС на фурановых смолах (в 1,2-1,4 раза).<br>Капитальные затраты на оборудование аналогичны затратам для ХТС на фурановых смолах.<br>Более сложный и затратный (по сравнению с ХТС на фурановых смолах) способ регенерации отработанных смесей: обязательность химической нейтрализации возврата (из-за его высокой щелочности) и его термообработка при 700-750°С.<br>Недостаточный опыт использования процесса на литейных предприятиях России.   |

*Для условий единичного, мелкосерийного и серийного производства отливок.* Данные технологии (кроме CO<sub>2</sub>-процесса на жидком стекле) основаны на применении холоднотвердеющих (ХТС) или самотвердеющих смесей при сходных схемах организации технологического процесса, предусматривающих оснащение смесителями непрерывного действия (шнекового типа) необходимой производительности, вибростолами на позиции свободной засыпки смеси из смесителя в оснастку, кантователями роторного типа, встроенными в поточную линию, и конвейерами. Для такого типа производства разработаны процессы, основанные на применении самотвердеющих смесей с неорганическими связующими и синтетическими смолами.

Характеристика процессов, основанных на применении самотвердеющих смесей с неорганическими связующими, приведена табл. 17 – 19.

Таблица 17

| Смеси на жидком стекле. CO <sub>2</sub> -процесс         |  |
|--|--|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | Жидкое стекло, едкий натр, добавки для улучшения выбиваемости (технические сахара типа меляссы, патоки, фосфаты натрия и др.).<br>Отверждение – продувкой CO <sub>2</sub> .<br>Продукты твердения – силикагель и высокомолекулярные формы натриевых силикатов. |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Особенности процесса  | Уплотнение – встряхиванием и/или пневмотрамбовкой.   |
| Преимущества процесса | Минимум необходимого технологического оборудования, низкая стоимость исходных материалов (за исключением CO <sub>2</sub> ) и их доступность.<br>Простота технологии.<br>Экологическая безопасность процесса.   |
| Недостатки процесса   | Обсыхаемость смесей при хранении, хрупкость стержней и форм (склонность к поломкам).<br>Затрудненная выбиваемость, большие трудозатраты на финишных операциях.<br>Сложности в обеспечении качества отливок.<br>Склонность к образованию горячих трещин в отливках из стали.<br>Затрудненная регенерация отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвалы. |

Таблица 18

Пластичные самотвердеющие смеси (ПСС), жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС)

|  |  |
|--|--|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | Жидкое стекло, феррохромовый шлак, пенообразователи (для ЖСС).<br>Продукты твердения – смешанные кальциево-натриевые силикаты.   |
| Особенности процесса                                     | Уплотнение встряхиванием или пневмотрамбовками (ПСС), вибрацией при свободной заливке смеси (ЖСС).<br>Отверждение в оснастке в течение 45-90 мин по мере взаимодействия жидкого стекла с феррохромовым шлаком.   |
| Преимущества процесса                                    | Самая низкая стоимость исходных материалов, для ЖСС характерна малая трудоемкость операции формообразования; экологическая безопасность процессов, за исключением операций пересыпки и дозирования феррохромового шлака (из-за пыления).   |
| Недостатки процесса                                      | Низкая прочность и неудовлетворительная размерная точность стержней, большой процент их брака.<br>Затрудненная выбиваемость и большие трудозатраты при очистке и обрубке отливок.<br>Невысокое качество отливок, трудности с регенерацией отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвалы. |

Таблица 19

Самотвердеющие смеси на жидком стекле с жидкими отвердителями

|  |   |
|--|---|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | Жидкое стекло с силикатным модулем 2,4-2,5, жидкие отвердители (ацетаты этиленгликоля или глицерина, пропиленкарбонат), добавки для улучшения выбиваемости (технические сахара).  |
| Особенности процесса                                     | Процесс, как правило, осуществляют на комплексных механизированных линиях.<br>Уплотнение – вибрацией или вручную (трамбовками).<br>Отверждение в оснастке (при живучести смеси от 2-3 до 60 мин) в результате взаимодействия жидкого стекла с отвердителем. |



|                       |   |
|-----------------------|---|
| Преимущества процесса | Более высокая прочность по сравнению с ЖСС, ПСС и CO <sub>2</sub> -процессами, более высокая точность модельного отпечатка и, соответственно, отливок.<br>Меньший расход жидкого стекла.<br>Экологическая безопасность процесса.          |
| Недостатки процесса   | Хрупкость отвержденных стержней, склонность к поломкам при случайных ударах, затрудненная выбиваемость, сложность получения отливок высокого качества.<br>Трудности с регенерацией отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвалы. |

Жидкое стекло как связующий материал все реже используют на практике, такой вывод можно сделать на основании анализа состояния литейного производства технически развитых зарубежных стран. Доступность, дешевизна этого материала и экологическая безопасность его применения в настоящее время не являются достаточными аргументами в сравнении с такими, видимо, непреодолимыми недостатками, как большая трудоемкость финишных операций и сложность обеспечения высокого качества отливок.

Цементные смеси сохраняют свою весьма узкую область применения – изготовление особо крупных опочных и кессонных форм. Слишком низкая скорость отверждения препятствует их более широкому распространению.

Следует обратить особое внимание на магнийфосфатные самотвердеющие смеси в связи с их технологическими преимуществами. Однако при широком использовании данной технологии возможны значительные трудности в обеспечении производства исходными сырьевыми материалами: металлургическим магнезитом электропечным (МПЭ), термической ортофосфорной кислотой (3,5-4,5 мас.ч. на 100 мас.ч. кварцевого песка); побочными продуктами (отходами) при производстве лимонной кислоты. Кроме того, необходимо проводить дополнительную подготовку сырьевых материалов: домол магнезитового порошка до удельной поверхности 3600-5400 см<sup>2</sup>/г; приготовление жидкой композиции «кислота + регулятор твердения».

Смеси с железофосфатными связующими в настоящее время не находят применения в промышленности, так как по сравнению с магнийфосфатными смесями они имеют более узкую область применения (их нельзя применять при получении отливок из стали). Кроме того, технологический процесс не обеспечен в требуемой мере исходными материалами и для его осуществления требуется повышенный расход дефицитной термической ортофосфорной кислоты.

Характеристики процессов, основанных на применении ХТС с синтетическими смолами, приведены табл. 20.

В табл. 21 приведены различные варианты изготовления средних и крупных опочных форм, у которых сопоставлены выбиваемость смесей, качество получаемых отливок, экологическая безопасность (указанные параметры оценивали по 5-балльной шкале, где «5» – отлично, «1» – очень плохо).

## ХТС на фурановых смолах (No-bake-процесс)

|  |  |
|--|--|
| Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения | Связующее – карбаминофурановые или фенолофурановые смолы. Практически вышли из употребления фенолформальдегидные смолы ввиду повышенной токсичности. Отвердители – термическая ортофосфорная кислота (для всех типов смол) или ароматические сульфокислоты (бензолсульфокислота, паратолуолсульфокислота) – для фенолофурановых смол. Продукты твердения – полимеры на основе указанных смол.  |
| Область применения                                       | Применяют для получения отливок из цветных сплавов с использованием карбаминофурановых смол с содержанием фурфуроилового спирта не более 30%; для отливок из чугуна используют карбаминофурановые смолы с содержанием фурфуроилового спирта 40-80%; для отливок из стали – фенолофурановые смолы с содержанием фурфуроилового спирта 60% и более. Также используют при изготовлении стержней – от мелких до крупных.   |
| Особенности процесса                                     | Наиболее известный и апробированный процесс из числа ХТС. Стержни и формы изготавливают на комплексно-механизированных поточных линиях. Чем выше содержание фурфуроилового спирта в смоле, тем выше ее термостойкость и, соответственно, качество отливок, но при этом стоимость смолы увеличивается. В связи с наличием вредных выделений в воздухе рабочей зоны, работают с минимально возможным содержанием смолы (что важно и для экономических показателей процесса), но это возможно лишь при использовании обогащенных среднезернистых (02) и крупнозернистых (0315) песков. Для получения отливок без пригара необходимо применять противопопригарные краски: водные (с подсушкой) либо самовысыхающие.  |
| Преимущества процесса                                    | Простота технологии, легкость управления технологическим процессом, в частности, легкость регулирования параметров отверждения (живучести, скорости твердения, первичной прочности), что обеспечивают изменением расхода кислотного катализатора, это позволяет применять данные ХТС в различных условиях литейных цехов. Достаточная прочность стержней в сочетании с упругостью. При правильном выборе типа связующего и соблюдении требований технологического процесса обеспечивается достаточно высокое качество отливок, в том числе размерная точность стержней, форм и отливок. Высыпаемость смесей из отливок при выбивке. Возможность эффективной регенерации отработанных смесей. Обеспеченность отечественными смолами для получения отливок всех видов. Большой опыт применения в России. |
| Недостатки процесса                                      | Организация поточной линии требует существенных капитальных затрат. Высокая стоимость фурановых смол, возрастающая при увеличении содержания в смоле   |

фурфурилового спирта.  
 Предпочтительность работы на обогащенных песках.  
 Для смол с невысоким содержанием фурфурилового спирта (до 40-45%) характерна гигроскопичность и разупрочнение стержней при длительной выдержке на влажном воздухе.  
 Вредные выделения в воздухе рабочей зоны (пары формальдегида, метанола, фурфурилового спирта) – на участке формовки, целый комплекс вредных органических соединений – на участках заливки и выбивки.  
 Необходимо применять местную приточно-вытяжную вентиляцию на стержневых, заливочных и выбивных участках и использовать каталитическое дожигание вредных веществ в отсосах перед выбросом их в воздух за пределы предприятия.  
 Значительные капитальные затраты и энергозатраты на вентиляцию.

Таблица 21

| Процесс  | Выбиваемость, баллы | Экологическая безопасность, баллы | Качество получаемых отливок, баллы |
|--|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| $\alpha$ -set-процесс  | 5,0                 | 3,0                               | 5,0                                |
| ХТС на фурановых смолах                                      | 5,0                 | 2,0                               | 4,5                                |
| Магнийфосфатные самотвердеющие смеси                         | 3,5-4,0             | 5,0                               | 3,5-4,0                            |
| Жидкостекольные самотвердеющие смеси с жидкими отвердителями | 1,5-2,0             | 5,0                               | 2,5                                |
| СО <sub>2</sub> -процесс на жидком стекле                    | 1,0                 | 5,0                               | 2,0                                |
| ЖСС или ПСС на жидком стекле и феррохромовом шлаке           | 1,5-2,0             | 4,5                               | 1,5-2,0                            |

#### Контрольные вопросы.

1. Требования, предъявляемые к качеству стержней?
2. При каких условиях производства применяют ручное изготовление стержней?
3. Дайте сравнительную характеристику стержневых смесей типа ГТС и ХТС?
4. Дайте оценку всем известным способам сушки по степени применимости их в условиях массового, серийного и индивидуального производства?
5. В чем сущность процесса химического твердения стержней, каковы способы его практического применения?
6. Значение сушки стержней, случаи ее применения?
7. Техничко-экономические обоснования целесообразности применения различных методов изготовления стержней?
8. Сравните качество стержней при различных способах их изготовления (вручную и на машинах)?

9. Сущность пескодувного и пескострельного процесса изготовления стержней, их практическое применение, преимущества и недостатки по сравнению с другими механизированными способами?
10. Опишите изготовление стержней в стержневых ящиках вручную, прессованием и встряхиванием?

## **ЛЕКЦИЯ 9.**

### **ТЕМА: ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ СБОРКЕ, ЗАЛИВКЕ И ОХЛАЖДЕНИИ ФОРМ**

#### План лекции

1. Сборка литейных форм.
2. Способы крепления форм под заливку.
3. Расчет давления жидкого металла на элементы литейной формы.

*Сборка форм.* Тщательность сборки в значительной мере определяет точность геометрических размеров отливки, образование заливов и трудоемкость обрубки.

Сборку начинают с установки нижней полуформы на заливочную площадку или тележку конвейера. Затем из полости полуформы сжатым воздухом выдувают сор и пыль, попавшие при извлечении модели и ремонте полуформы. В чистую полость полуформы в определенной последовательности устанавливают стержни. Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается знаками, однако в ряде случаев используют специальные металлические подставки – жеребейки.

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

Контролируют глубину подсушки полуформ. Не допускаются к сборке полуформы с остаточной влажностью более 0,5 %. Такие полуформы направляют на повторную сушку. Пересушенные полуформы с осыпающейся поверхностью не используют. Контроль ведут влагомерами.

Не допускаются к сборке полуформы без вентиляционных каналов с большими трещинами, разрушенными отдельными частями, с недостаточной плотностью смеси.

Перед сборкой форм контролируют внешний вид доставленных стержней, их температуру. Она должна быть не выше 100 °С. Сборщик форм должен контролировать качество стержней постоянно, мастер – 2-3 раза в смену. Остаточную влажность стержней контролируют так же, как и форм, если

продолжительность хранения превышает 48 ч. Пыль с поверхностей удаляют сжатым воздухом. Неокрашенные поверхности подкрашивают и просушивают газовой горелкой. Вентиляционные каналы и подъемы, забитые смесью, расчищают.

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

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

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

Затем проверяют все элементы литниковой системы, устанавливают фильтровальные сетки, очищают от загрязнений выпоры. После этого нижнюю полуформу накрывают верхней. Точность совмещения нижней и верхней полуформ обеспечивается стационарными или съемными контрольными штырями.

Сборка завершается загрузкой формы, исключая всплывание ее верхних элементов при заливке жидким сплавом.

На собранную форму необходимо наложить груз, вес которого должен превышать усилие, создаваемое жидким металлом и стремящееся приподнять верхнюю половину формы. В среднем величина этого груза в 4-5 раз превышает вес отливки, но при наличии стержней может быть значительно большим. Вместо груза опоки можно скреплять скобами, болтами и струбцинами (рис. 41).

Полуформы для мелкого литья в основном скрепляются накладыванием груза. Этот способ высокопроизводителен и позволяет внедрять механизацию и автоматизацию на данном участке.

Однако для крупных форм накладывание грузов при скреплении полуформ становится невыгодным, так как требуется очень большой груз, а его установка и снятие представляют собой трудоемкие операции. Поэтому опоки средних и крупных форм не нагружают, а скрепляют друг с другом. Сборка

форм должна производиться согласованно с работой участка заливки форм жидким металлом. Дело в том, что длительный промежуток времени от сборки до заливки может привести к увлажнению стержней или осыпанию материала формы, а это вызовет брак отливок. Предельная длительность промежутка времени между сборкой форм и заливкой их металлом: для сырых форм – 6 ч, поверхностно-подсушенных – 18 ч, для сухих – 36 ч.

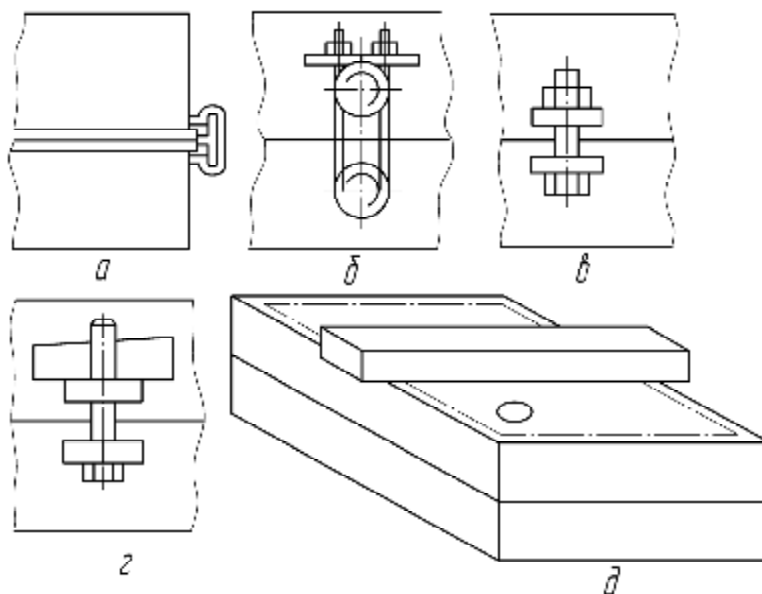


Рис. 41. Способы крепления полуформ:  
 а – скобками; б – струбцинами; в – болтами; г – клиньями; д – установкой груза

*Расчет массы груза для форм.* При заливке расплавленный металл создает давление на стенки формы. Верхняя полуформа, если масса ее недостаточна, может быть поднята, что приведет к утечке металла и образованию неисправимого брака отливки.

Массу груза для формы можно определить из следующих уравнений: для форм без стержней

$$P_{гр} = k_{зап} \times [H_{в.ф} \times (F_{отл} + F_{лит}) \times \gamma_m - g], \quad (1)$$

со стержнями

$$P_{гр.ст} = k_{зап} \times [H_{в.ф} \times (F_{отл} + F_{лит}) \times \gamma_m + (\gamma_m - \gamma_{ст}) \times V_{ст} - g], \quad (2)$$

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

$g$  – масса верхней полуформы.

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

*Заливка форм.* Заливка представляет собой процесс заполнения литейной формы жидким металлом.

Для заливки форм применяют специальные ковши.

Литейные ковши – это емкости, металлический кожух которых изнутри футерован огнеупорным материалом. Ковши предназначены для кратковременного хранения и транспортирования жидкого металла, а также для заливки его в литейную форму. В ковшах осуществляют и ряд металлургических операций: рафинирование, модифицирование и легирование.

Литейные ковши классифицируют по способу регулирования расхода металла при разливке, по геометрии рабочей полости и способу транспортирования.

По способу регулирования расхода металла при разливке различают поворотные и стопорные ковши. Из поворотных ковшей (рис. 42, *а*) расплав разливают в формы через сливной носок 1, расход металла регулируют поворотом ковша вокруг горизонтальной оси. Наклоняют их с помощью ручных рычажных систем или самотормозящихся червячных механизмов 3, приводимых в действие от ручного штурвала 2 или электродвигателя. При разливке из поворотных ковшей возможен слив вместе с металлом шлака и попадание его в полость формы. Во избежание этого в ковшах устанавливают перегородки или керамические трубки, обеспечивающие поступление чистого металла из нижних уровней. Такие ковши называют чайниковыми.

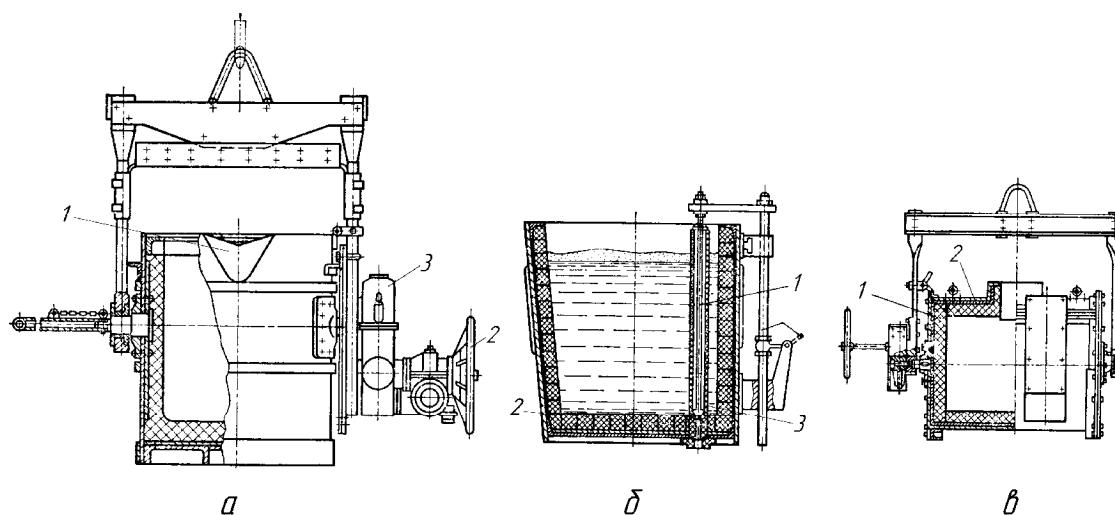


Рис. 42. Литейные ковши

Из стопорных ковшей (рис. 42, *б*) расплав разливают через отверстие огнеупорного стакана 2, размещенного в днище ковша. Отверстие открывают

и перекрывают с помощью стопора – стального штока с пробкой 1 на конце, футерованного керамическими трубками 3 и жестко связанного с механизмом его подъема и опускания 4. Ковши вместимостью 1-6 т оборудованы одним стопором, более вместительные – двумя стопорами. При разливке из стопорных ковшей в полость формы всегда поступает расплав, свободный от шлака. Расход металла определяется металлостатическим напором в ковше и площадью поперечного сечения стопорного стакана. Поэтому вначале разливки расход металла всегда больше, чем в конце, что является существенным недостатком стопорных ковшей. Частично расход металла можно регулировать торможением струи стопором. Однако в этом случае быстро размывается пробка стопора, поэтому этот метод регулирования расхода металла применяется ограниченно. Стопорные ковши чаще используют при получении стальных отливок, реже – крупных чугунов.

По геометрии рабочей полости литейные ковши подразделяют на конические и барабанные. Конические ковши имеют форму усеченного конуса, уширенного сверху, и могут быть поворотными (рис. 42, а) и стопорными (рис. 42, б). Барабанный ковш является поворотным и представляет собой горизонтальный цилиндр 1, диаметр рабочей полости которого равен длине (рис. 42, в). Он имеет небольшую горловину 2 для заполнения расплавом и разливки. Поэтому в нем расплав остывает медленнее. Относительно малая высота ковшей обеспечивает удобство заливки форм. Но их труднее футеровать. Наиболее широко барабанные ковши применяют для разливки чугуна, значительно реже – для разливки стали и бронзы.

По способу транспортирования различают ручные, монорельсовые и крановые ковши. Вместимость ручных ковшей составляет 6-60 кг, монорельсовых – 100-800 кг, крановых 1-70 т. Ручные ковши являются поворотными коническими. Их применяют при производстве мелких отливок (при металлоемкости формы до 30 кг) в условиях единичного и мелкосерийного производства. Из монорельсовых ковшей, которые могут быть поворотными коническими и барабанными, заливают формы на конвейерах при производстве мелких и средних отливок.

Крановые ковши (конические и барабанные, поворотные и стопорные) применяют в единичном и серийном производстве отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов.

При производстве мелкого литья на конвейере расплав из печи предварительно выпускают в раздаточный ковш большой вместимости, который устанавливают на специальном стенде заливочного участка. Из раздаточного ковша жидкий металл переливают в разливочный ковш малой вместимости.

Основным фактором, определяющим размеры ковшей, является металлоемкость форм. Так, для разливки чугуна рекомендуют применять ковши вместимостью, в 2-10 раз превышающей металлоемкость формы. При производстве мелкого стального литья применяют конические ковши с перегородками (чайниковые) вместимостью до 800 кг. Вместимость стопорных стале-



разливочных ковшей наряду с металлоемкостью форм регламентируется допустимой кратностью открытия и закрытия отверстия стопорного стакана. Она обычно составляет 30-50 и лишь в отдельных случаях 70-120. При заливке из двухстопорных ковшей десяти и более форм второе стопорное устройство используют как резервное. Меньшее число форм можно заливать одновременно через оба отверстия стопорного стакана. В сталелитейных цехах при заливке форм металлоемкостью более 90 т рекомендуют одновременно использовать несколько ковшей меньшей вместимости.

Ручные и монорельсовые ковши вместимостью до 500 кг футеруют огнеупорным составом из 75 % кварцевого песка и 25 % огнеупорной глины. Кварцевый песок на 2/3 может быть заменен шамотным порошком. Крановые конические и барабанные ковши, а также монорельсовые ковши для разливки чугуна вместимостью более 500 кг футеруют шамотным кирпичом. Кладку футеровки проводят с использованием увлажненной огнеупорной массы из наполнителя, идентичного или близкого по природе футеровочному кирпичу, и огнеупорной глины. При футеровке носка вместо огнеупорной глины применяют жидкое стекло. Футеровку стенок рекомендуется выполнять толщиной  $0,14R$ , а днища – толщиной  $0,2R$ , где  $R$  – внутренний радиус ковша у верхней кромки.

После футеровки ковши сушат, а перед наполнением расплавом разогревают до 700-1000 °С для полного удаления свободной и связанной влаги, а также снижения потерь теплоты заливаемого сплава. Недостаточно просушенная футеровка может быть причиной насыщения металла водородом. Ручные и монорельсовые ковши сушат при 300-350 °С в течение 3-8 ч. Крановые ковши большой вместимости сушат в две стадии; сначала в течение 8-10 ч просушивают арматурный слой футеровки, прогревая его до 700- 900 °С; после остывания арматурного слоя выкладывают рабочий слой и сушат его в течение 10-15 ч, постепенно прогревая до 900 °С.

#### Контрольные вопросы.

1. Как контролируют стержневые ящики?
2. Операции контроля готовых стержней?
3. Перечислите операции контроля сборки форм?
4. Как рассчитать массу груза для литейной формы?
5. Какие дефекты возможны при недостаточной массе груза, установленного на форму при заливке ее расплавленным металлом?
6. Как осуществляется подготовка к работе литейной оснастки?
7. По каким признакам классифицируют литейные ковши?
8. Что является основным фактором определяющим размер разливочного ковша?
9. Какие ковши используют при производстве мелкого литья на конвейере?

## ЛЕКЦИЯ 10.

### ТЕМА: ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЛИВКИ ФОРМ. ОХЛАЖДЕНИЕ ОТЛИВОК

План лекции

1. Температурный режим заливки.
2. Технология заливки, механизация и автоматизация.
3. Продолжительность охлаждения отливки в форме.

*Заливка форм.* Заливка представляет собой процесс заполнения литейной формы жидким сплавом. Ниже приведено краткое описание способов заливки.

1. Свободная – заполнение жидким сплавом неподвижной формы без каких-либо воздействий на расплав в различном устройстве, струе или при затвердевании.

2. Непрерывная – свободная заливка в неподвижную форму в условиях непрерывного вытягивания из нее затвердевающей части отливки при непрерывном дополнении жидкого сплава из разливочного устройства.

3. Намораживанием – через нормированное время после заливки сплава в форму, когда затвердеет определенная часть отливки, жидкая часть сливается; образуется отливка с полостью.

4. Центробежная – свободная заливка во вращающуюся форму. Сплав, соприкасаясь с формой, вовлекается во вращательное движение. В процессе затвердевания на отливку действует центробежная сила.

5. Совмещенная – в процессе формирования отливки подвижная часть формы деформирует ее твердую часть и выжимает жидкую.

6. Под давлением – сплав из разливочного устройства поступает в форму под поршневым или пневматическим давлением.

7. Наплавка (литье, совмещенное со сваркой) – источником жидкого сплава служит электрод, конец которого погружен в слой перегретого шлака, находящийся на поверхности формирующейся отливки. В системе протекает электрический ток, вызывающий дуговой разряд между шлаком и плавящимся электродом.

8. Распылением – струя сплава, вытекающая из разливочного устройства, разбрызгивается на малые объемы, которые под действием поверхностного натяжения приобретают сферическую форму.

При свободной заливке форм расплав заливают в предварительно собранные формы. Их обычно устанавливают таким образом, чтобы поверхность разъема была расположена горизонтально, реже вертикально или наклонно. На плацу, в кессонах, на накопительных рольгангах жидкий металл заливают

в неподвижные формы. На пульсирующем конвейере формы заливают в промежутке между их шаговыми перемещениями. На непрерывно движущемся конвейере заливку форм осуществляют в процессе их движения со специальной платформы, которая перемещается параллельно и синхронно конвейеру.

Автоматические заливочно-дозировочные устройства одновременно выполняют операции дозирования и заливки. По принципу действия их подразделяют на электромеханические, пневматические, электромагнитные и комбинированные. В электромеханических устройствах для дозирования и выдачи металла используют наклоняющиеся ковши секторного (рис. 43, а), барабанного или чайникового типа, а также ковши со стопорной (рис. 43, б) и шиберной выдачей металла. Дозирование порции металла осуществляют по времени его выдачи или по массе, а в наклоняющихся ковшах и по объему.

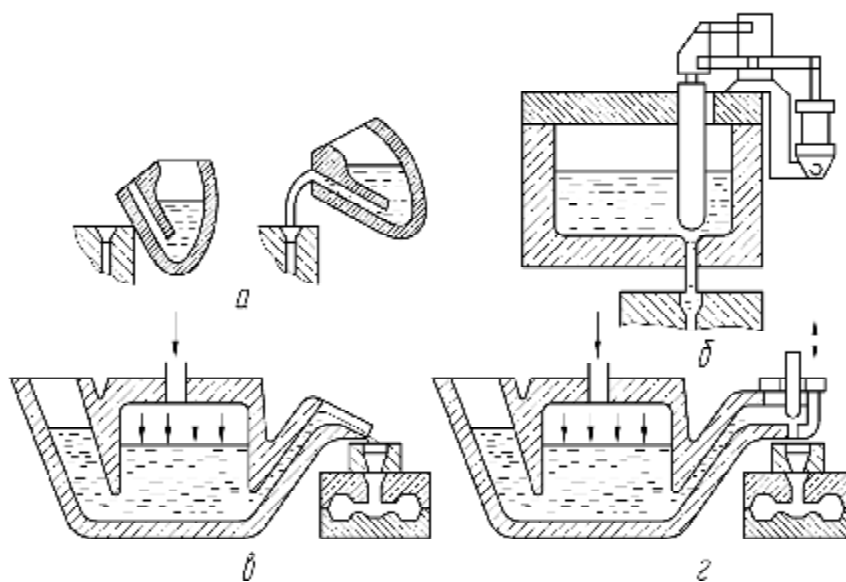


Рис. 43. Заливочно-дозировочные устройства

В пневматических подающих устройствах дозу расплава вытесняют из емкости сжатым воздухом или инертным газом (рис. 43, в). Расход металла регулируют изменением давления газа, а требуемую порцию дозируют по времени или по массе. В комбинированном пневмостопорном устройстве (рис. 43, з) используется принцип вытеснения расплава газом и стопорной выдачи металла.

В электромагнитных подающих устройствах слив металла осуществляют с помощью бегущего электромагнитного поля или магнитодинамического насоса МДН (рис. 44).

Установка с МДН состоит из тигля 3 с крышкой 2. Тигель сообщен со сливным каналом через два боковых вертикальных и горизонтальных канала. Боковые каналы 7 и 9 охвачены индукторами 4 и 8 с обмотками 6. Участок соединения трех каналов расположен в межполюсном зазоре электромагнита

10 с обмотками 11. При включении обмоток индукторов в сеть по металлу идет ток, который, воздействуя с внешним магнитным полем, создает электромагнитные силы, оказывающие силовое воздействие на расплав.

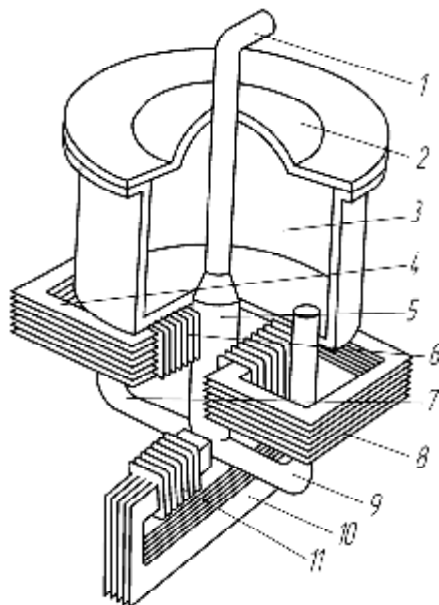


Рис. 44. Установка с магнитодинамическим насосом

При включении индукторов в режим насоса, а электромагнита – в режим нагнетания электромагнитные силы выталкивают расплав по каналу 5 в металлопровод 1, и он выливается в форму. Раздельное управление электромагнитными системами позволяет регулировать как скорость заливки, так и температуру металла. Дозирование осуществляют по времени разливки, объему или массе.

Преимуществом МДН является малая инерционность, отсутствие необходимости герметизации ванны с металлом, возможность снижения насыщенности металла газами и содержания в нем оксидных включений, дополнительного нагрева металла и полной автоматизации процесса заливки.

В формы металл заливают короткой струей, не допуская ее разрыва и разбрызгивания. Начальную порцию расплава из ковша или заливочного устройства в форму сливают слабой струей, затем мощность струи увеличивают с целью быстрого заполнения литниковой чаши или воронки. В дальнейшем расход металла выбирают таким, чтобы он был достаточным для поддержания уровня металла в чаше. При этом режим заполнения полости формы расплавом регулируется статическим напором заливаемого металла и соответствующими размерами элементов литниковой системы. Заливку прекращают при появлении расплава в выпоре или после заполнения прибыли.

При автоматической разливке металла на литейных конвейерах продолжительность цикла дозирования и заливки задана производительностью формовочных автоматов. Если она меньше оптимальной продолжительности

заполнения одной формы, то дозированную порцию металла сливают в металлоприемные емкости. На автоматических литейных линиях с непрерывным движением конвейера роль такой емкости выполняют металлоприемные желоба, а на пульсирующих конвейерах – накопительные чаши. Режим заполнения форм из них определяется уровнем расплава в приемной емкости и литниковой системой. Применение промежуточных металлоприемников позволяет обеспечить требуемый режим заполнения формы при высокой производительности литейных автоматических линий. Однако металлоприемники имеют большую поверхность охлаждения расплава, поэтому для компенсации потерь теплоты в них необходимо повышать температуру жидкого металла.

Температуру заливки конкретного литейного сплава определяют по его перегреву относительно температуры ликвидуса. Выбор перегрева зависит от его влияния на структуру и механические свойства сплава, толщины (минимальной, преобладающей) и протяженности стенок отливки, склонности сплава к пленообразованию, теплофизических свойств материала формы и ее начальной температуры.

*Температурный режим заливки.* При повышении температуры стали возрастает ее жидкотекучесть, что имеет практическое значение при заливке тонкостенных отливок.

Чем выше температура заливки металла, тем лучше концентрируется усадочная раковина и пористость в прибыли, уменьшаются газовые и неметаллические включения, что обеспечивает более высокие механические свойства отливок.

При пониженных температурах снижается объем усадочной раковины и уменьшается пригар. Это может быть использовано при создании таких условий заливки, когда металл в прибыли будет иметь более высокую температуру, чем сама отливка. Практически это достигается доливкой прибылей горячим металлом, засыпкой открытой поверхности прибыли малотеплопроводным материалом, применением экзотермических прибылей и т.д. Таким образом, при выборе температуры заливки стали следует в каждом случае искать оптимальное решение.

Замер температуры стали производится термопарой погружения перед выпуском и после выпуска из печи.

На дне ковша и у стенок металл охлаждается быстрее, чем в середине, вследствие чего в первый момент после открытия стопора в форму поступает наиболее холодный металл. Поэтому при стопорной заливке рекомендуется тонкостенные сложные отливки или формы, изготовленные на хромомagneзите и хромистом железняке, заливать в середине заливки.

Рекомендуемые температуры заливки стали приведены в табл. 22. Формы, изготовленные на хромомagneзите или хромистом железняке, заливать сталью с температурой на 15-20 °С выше указанной в табл. 22 [7].

Таблица 22

## Температура стали при заливке в песчаные формы

| Группы отливок   | Толщина стенок отливки, мм | Масса отливки, кг       | Температура заливки форм по термопаре погружения, град. |                        |                        |
|--|----------------------------|-------------------------|---|------------------------|------------------------|
|  |                            |                         | стали углеродистые 25Л, 35Л, 45Л                        | сталь 110Г13Л          | сталь 75Х28Л           |
| Сложные тонкостенные, в том числе склонные к трещинам      | 6-20                       | до 100                  | 1580-1540<br>1560-1540                                  | 1450-1430<br>1440-1430 | 1640-1610<br>1630-1610 |
|  | 12-25                      | до 500                  | 1550-1520<br>1530-1520                                  | 1440-1420<br>1430-1420 | 1630-1600<br>1610-1600 |
|  | 20-30                      | до 3000                 | 1540-1520<br>1520-1530                                  | 1440-1420<br>1430-1420 | 1530-1510<br>1520-1510 |
| Фасонные среднего развеса, в том числе склонные к трещинам | 30-75                      | до 5000                 | 1550-1520<br>1520-1530                                  | 1440-1420<br>1430-1420 | 1590-1565<br>1570-1565 |
| Фасонные тяжелого веса, в том числе склонные к трещинам    | 75-150                     | свыше 5000<br>до 25000  | 1540-1520<br>1530-1520                                  | -<br>-                 | -<br>-                 |
| Массивные отливки простейшей конструкции                   | 150-500                    | свыше 10000<br>до 25000 | 1520-1500   | -                      | -                      |
|  | свыше 500                  | свыше 25000             | 1510-1500   | -                      | -                      |

*Выдержка стали в ковше.* После выпуска из печи сталь выдерживается в ковше в течение 10-15 мин. Во время выдержки металла в ковше происходят всплывание неметаллических включений, выделение значительного количества растворенных газов, выравнивание температуры по объему ковша.

Средняя скорость охлаждения стали в ковшах различной емкости приведена в табл. 23 [7].

Таблица 23

| Средняя скорость охлаждения стали в ковшах |   |
|--|---|
| Емкость ковша, т                           | Средняя скорость охлаждения металла, град/мин |
| 0,15                                       | 25-60   |
| 0,50                                       | 12-25   |
| 0,70                                       | 9-25  |
| 1,00                                       | 7-20  |
| 3,00                                       | 5-15  |
| 4,50                                       | 5-12  |
| 6,00                                       | 5-10  |
| 12,00                                      | 3-6   |
| 15,00                                      | 2-4   |

*Температура заливки чугуна.* Заливку форм следует вести с полным заполнением литниковой чаши или воронки, не допуская перерыва в заполнении формы и понижения уровня металла в стояке. Высота струи от носика ковша до чаши или воронки не должна быть более 150-200 мм. Для предупреждения попадания шлака в форму необходимо перед заливкой удалять основную часть шлака с поверхности чугуна. При заливке средних и крупных форм целесообразно применение пробок. Рекомендуемые температуры заливки чугуна в песчаные формы приведены в табл. 24.

*Выдержка чугуна в ковше.* При выдержке чугуна в ковше происходит выравнивание и падение температуры. Средняя скорость падения температуры приведена в табл. 25.

*Температура заливки отливок из цветных сплавов.* Цветные сплавы имеют склонность к поглощению газов и окислению, поэтому при заливке форм необходимо поддерживать небольшую высоту струи, не допуская разбрызгивания. Рекомендуемые температуры заливки цветных сплавов приведены в табл. 26.

*Охлаждение отливки.* Процесс превращения сплава в отливку, совершающийся в форме, можно рассматривать как некоторый обобщенный технологический путь. Произведение силы на путь есть работа. Отсюда понятие «работа литейной формы». Взаимодействие формы с залитым в нее сплавом делится на этапы.

*Первый этап.* Взаимодействие поверхности стенок литейной формы с жидким сплавом. Продолжительность этапа на данном участке поверхности формы от долей секунды до 2-3 с. На данном этапе возможно размывание и

частичное разрушение элементов литейной формы металлическим потоком. Может происходить проникновение металлического расплава в поры формы с образованием механического пригара. Из поверхностного слоя формы могут выделяться газы, которые в виде пузырьков будут всплывать в верхнюю часть отливки.

Таблица 24

| Температура чугуна при заливке в песчаные формы           |                    |                         |              |
|---|--------------------|-------------------------|--------------|
| Группа отливок  | Толщина стенок, мм | Температура заливки, °С |              |
|   |                    | по термометру           | по пирометру |
| Отливки из серого и высокопрочного чугуна                 | до 4               | 1450-1360               | 1340-1330    |
|   | 4-10               | 1430-1340               | 1340-1310    |
|   | 10-20              | 1400-1320               | -            |
|   | 20-50              | 1380-1300               | -            |
|   | 50-100             | 1340-1230               | -            |
|   | 100-150            | 1300-1200               | 1220-1180    |
|   | более 150          | 1280-1180               | -            |
| Отливки из ковкого чугуна                                 | до 4               | 1480-1380               | -            |
|   | 4-10               | 1450-1360               | -            |
|   | 10-20              | 1430-1350               | -            |
| Отливки из отбеленного чугуна, колеса с отбеленным ободом | -                  | 1320-1300               | -            |
| Отливки из высокохромистых чугунов                        | -                  | 1400-1340               | 1340-1280    |
| Отливки из жаропрочных чугунов                            | -                  | 1340-1320               | 1300-1270    |

Таблица 25

| Средняя скорость охлаждения чугуна в ковшах |   |
|---|---|
| Емкость ковша, т                            | Средняя скорость охлаждения металла, град/мин |
| 0,05  | 15-40   |
| 0,3   | 10-20   |
| 1-2   | 5-10  |
| 2-4   | 2-5   |

Таблица 26

| Температура металла при заливке  |                    |                                 |                         |
|----------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Сплав                            | Толщина стенок, мм | Температура выпуска из печи, °С | Температура заливки, °С |
| Алюминиевое литье (типа силумин) | до 10              | 730-750                         | 710-730                 |
|                                  | 10-20              | 710-730                         | 700-710                 |
|                                  | свыше 20           | 700-710                         | 690-700                 |
| Оловянная и фосфористая бронзы   | до 10              | 1150-1200                       | 1100-1150               |
|                                  | 10-20              | 1100-1150                       | 1050-1100               |
|                                  | свыше 20           | 1060-1100                       | 1000-1050               |
| Кремнистая латунь                | до 10              | 1130-1180                       | 1100-1150               |
|                                  | свыше 10           | 1080-1130                       | 1050-1100               |
| Алюминиевая бронза               | до 10              | 1150-1250                       | 1100-1200               |



*Второй этап.* Взаимодействие поверхностного слоя формы с коркой. Продолжительность этапа от нескольких до десятков секунд. В твердой корке на этом этапе могут существовать участки жидкости, в которых развивается обратная ликвация. Отливка отдает основное количество теплоты перегрева. Тепловой поток начинает распространяться вглубь стенок литейной формы. Начинается взаимодействие атмосферы формы с металлом отливки; образуются оксиды металлов, которые вступают в химические реакции с материалами формы; появляется химический пригар. На поверхности раздела литейной формы и отливки повышается давление газов, обычно приводящее к микрорискажению металлической поверхности, а также к образованию поверхностных газовых пузырей в отливке.

*Третий этап.* Взаимодействие литейной формы с затвердевающей отливкой. Продолжительность этапа от нескольких минут до десятков часов, в зависимости от толщины стенки отливки. Затвердевание последовательно продвигается вглубь отливки; тепловой поток последовательно прогревает стенки литейной формы. Формирование химической фазы пригара в форме и измененного приповерхностного (обезуглероженного) слоя в отливке завершается. Происходит интенсивное механическое взаимодействие отливки и литейной формы. Размеры отливки уменьшаются, размеры формы могут увеличиваться. Усадке выступающих частей отливки препятствуют помещающиеся между ними объемы литейной формы, что может приводить к трещинам. Газовые процессы перестают играть существенную роль. Под действием теплоты отливки в формовочных материалах происходит процесс, ведущий к их упрочнению или, наоборот, разупрочнению, что определяет их выбиваемость.

*Четвертый этап.* Взаимодействие литейной формы с затвердевшей охлаждающейся отливкой. Продолжительность этапа от часов до нескольких суток. Отливка и литейная форма охлаждаются как единое целое. Процесс завершается, когда отливка приобретает температуру, приемлемую для ее выбивки. После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки.

Чем выше температура выбивки, тем короче технологический цикл изготовления отливки и больше производительность формовочно-заливочного участка. Однако высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов или ухудшения ее качества. Вблизи температуры кристаллизации сплавы имеют низкие прочностные и пластические свойства, поэтому опасность разрушения отливок особенно велика. Кроме того, на воздухе отливки остывают быстрее, чем в форме. При этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, и уровень внутренних напряжений в отливке возрастает. Ранняя выбивка может привести к образованию трещин, короблению и сохранению в отливке высоких остаточных напряжений. Длительная выдержка в форме с целью охлаждения до низкой температуры нецелесообразна с экономической точки

зрения, так как удлиняет технологический цикл изготовления отливки. Поэтому выбивку стремятся производить при максимально высокой допустимой температуре. Она зависит от природы сплава, а также от конструкции (сложности) отливки. Стальные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 500-700 °С, чугунные до 400-500 °С. Сложные отливки, склонные к образованию трещин, охлаждают в форме до 200-300 °С, а отливки, не склонные к образованию трещин, до 800-900 °С. Температура выбивки отливок из бронз составляет 300-500 °С, из алюминиевых и магниевых сплавов соответственно 200-300 и 100-150 °С.

Продолжительность выдержки в форме определяется толщиной стенки отливки, свойствами залитого сплава и литейной формы, температурой выбивки. Она может быть рассчитана или определена экспериментально. В зависимости от природы сплава и конструкции отливки время выдержки в песчаной форме составляет от нескольких минут до суток и даже недель.

Для сокращения продолжительности охлаждения отливок иногда используют методы принудительного охлаждения. Например, формы, залитые на конвейере, охлаждают обдувкой их воздухом в охлаждающих галереях. Остывание крупных отливок интенсифицируют установкой в форму змеевиков или труб, по которым пропускают воздух или воду. В некоторых случаях воздух (газ) пропускают через зазор между отливкой и формой.

Средняя скорость охлаждения отливок в формах колеблется от 2 до 150 °С/мин. Скорость охлаждения выбирают с учетом толщины стенок отливки и прочностных свойств сплава. При большой разнице скоростей охлаждения отдельных частей отливок возникают большие термические напряжения, которые могут привести к короблению отливок или появлению в них трещин.

При принудительном охлаждении отливок возможно не только сокращение продолжительности выдержки их в форме, но также выравнивание скоростей охлаждения тонких и массивных узлов и снижение термических напряжений.

*Определение времени выдержки отливок в формах после заливки.* При определении выдержки отливок в формах за основу принимают температуру, начиная с которой отливку можно охлаждать на воздухе без опасения получить холодные трещины и другие дефекты, вызванные изменением условий охлаждения. Скорость и равномерность охлаждения отливки зависят от температуры воздуха, наличия сквозняков и теплофизических свойств сплава.

*Определение времени выдержки стальных фасонных отливок.* Для определения времени выдержки стальных отливок необходимо знать массу отливки, преобладающую толщину стенки и марку стали.

Время выдержки отливок определяют по формуле [7]

$$\tau = \frac{Q \times T}{P} \times K, \quad (3)$$

где  $Q$  – масса отливки, кг;  $T$  – расчетная толщина стенки, мм;  $P$  – поверхность охлаждения отливки,  $\text{дм}^2$ ;  $K$  – коэффициент, зависящий от веса и конфигурации.

Для мелких и средних отливок  $K = 0,06-0,10$ . Для средних и крупных отливок  $K = 0,02-0,03$ .

Преобладающая расчетная толщина стенки отливки определяется следующим образом: при неравномерной толщине стенки отливки за расчетную принимается та поверхность, которая составляет более половины поверхности всей отливки; при разнице толщин стенок в 2 и более раз за расчетную принимается массивная стенка, если ее поверхность составляет не менее 20 % поверхности всей отливки; при плавном переходе от одного сечения к другому за расчетную принимается толщина стенки, составляющая 50-70 % от суммы толщин стенок.

На основании расчетных данных и производственного опыта Уралмаш-заводом разработаны графики для определения оптимального времени выдержки отливок в формах в зависимости от массы, марки стали и преобладающей толщины стенки отливок (рис. 45, 46). Диаграммы построены для отливок из углеродистых и легированных сталей (110Г13Л и типа 35ХНЛ).

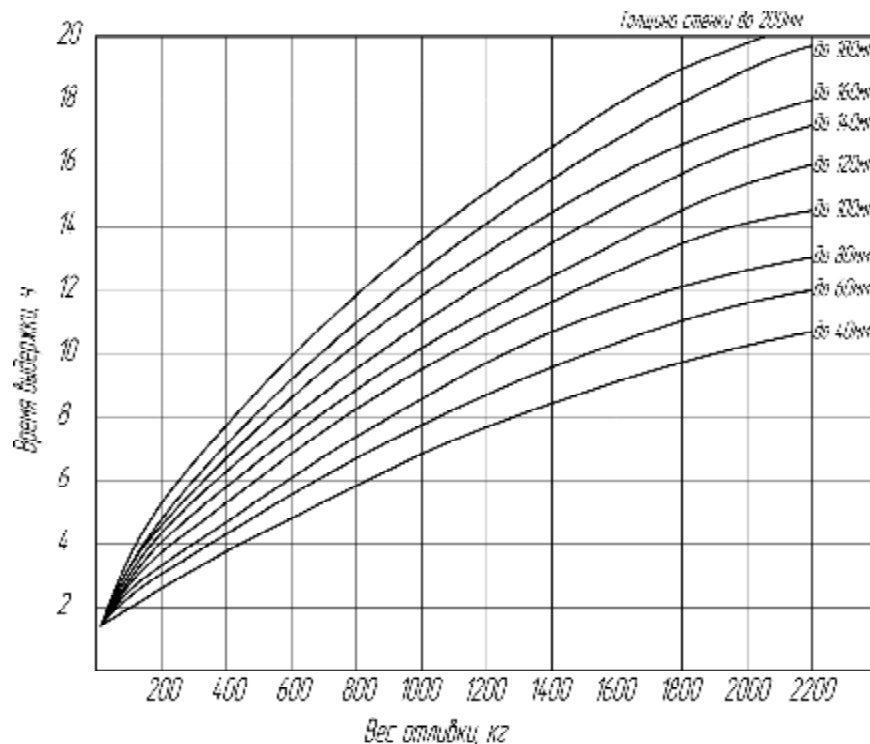


Рис. 45. Диаграмма выдержки в формах отливок из углеродистых сталей

Для отливок с равномерной толщиной стенки время выдержки принимается на 10-20 % меньше приводимого в диаграмме.

Для отливок, склонных к трещинам, время выдержки принимается на

20 % больше указанного в диаграмме.

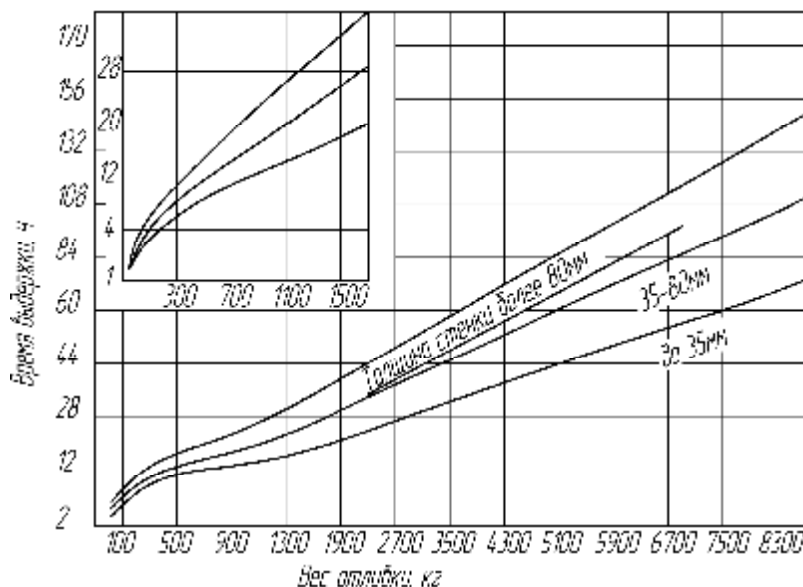


Рис. 45. Диаграмма выдержки в формах отливок из легированных сталей

*Определение времени выдержки чугунных отливок.* Оптимальное время выдержки чугунных отливок массой до 2000 кг определяется по табл. 27 [7].

Таблица 27

|                   |       | Оптимальное время выдержки чугунных отливок |        |         |         |         |          |           |           |           |           |
|-------------------|-------|---|--------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Масса отливки, кг | до 10 | 10-50                                       | 50-100 | 100-250 | 250-500 | 500-750 | 750-1000 | 1000-1250 | 1250-1500 | 1500-1750 | 1750-2000 |
| Выдержка, ч       | 1,0   | 1,5   | 2,0    | 3,0     | 5,0     | 7,0     | 9,0      | 11,0      | 13,0      | 15,0      | 17,0      |

Для деталей из высокопрочного чугуна время выдержки, полученное по номограмме, следует умножить на коэффициент  $K = 1,5$ . При формовке в почве продолжительность выдержки должна быть увеличена на 20-30 %.

*Определение времени выдержки отливок из цветных сплавов.* Продолжительность выдержки отливок в форме зависит от степени их сложности и материала отливки. Время охлаждения колеблется в зависимости от массы отливки в широких пределах (от 5-10 мин до нескольких суток) и определяется опытным путем в каждом конкретном случае.

Рекомендуется отливки из магниевых сплавов выбивать при температуре 100-150 °С, отливки из легких сплавов – при температуре 250-350 °С, отливки из сплавов на медной основе – при температуре 300-400 °С.

При ранней выбивке отливки, не обладая необходимой прочностью, легко ломаются и, подвергаясь резкому охлаждению на воздухе, получают высокие внутренние напряжения вследствие неравномерного охлаждения толстых и тонких сечений, что приводит к короблению и образованию тре-

щин. Во избежание этого рекомендуется, толстые части отливки освобождать от формовочной смеси раньше, чем тонкие, или разрыхлять форму и стержни в местах затрудненной усадки.

Контрольные вопросы.

1. Дайте оценку всем известным способам заливки форм?
2. Охарактеризуйте этапы охлаждения отливки в ПГ-форме?
3. Какими факторами и нормами руководствуются для установления продолжительности охлаждения крупных отливок в форме?
4. Что влечет за собой преждевременная, а в некоторых случаях запоздалая выбивка отливок?
5. Какие дефекты в отливках могут образовываться при ранней выбивке ее из формы. Объясните характер их образования?
6. От чего зависит скорость и равномерность охлаждения отливки?
7. Как определяется время выдержки фасонных отливок в форме?
8. Какие мероприятия существуют для снижения времени выдержки отливок в форме?

## **ЛЕКЦИЯ 11.**

### **ТЕМА: СПОСОБЫ ВЫБИВКИ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ**

План лекции

1. Выбивка форм.
2. Выбивка стержней.
3. Обработка, зачистка и термообработка отливок.

*Выбивка отливок из форм.* Обычно эту операцию выполняют на механических выбивных решетках, которые по принципу действия классифицируют на эксцентриковые (рис. 47, а) с приводом от механизма шатунно-кривошипного типа, инерционные (рис. 47, б) с приводом от вала с дебалансом и ударные инерционные (рис. 47, в), наносящие снизу удары по установленным неподвижно литейным формам. Решетка 1 с литейной формой 4 с помощью привода 3 и опорной пружины 2 совершает колебательное движение. В каждом цикле колебаний решетки форма подбрасывается вверх и затем, падая, ударяется о решетку или опорную раму. В момент соударения под действием сил инерции форма разрушается. Выбитая из опоки формовочная смесь проваливается через решетку и системой конвейеров передается к месту ее переработки для повторного использования.

По сравнению с эксцентриковыми решетками инерционные имеют следующие преимущества:

- изменяя величину дебаланса на инерционной решетке, можно легко изменять удельную энергию удара, что дает возможность установить его необходимое значение в зависимости от показателей выбиваемой формы (типа смеси, твердости и плотности формы, степени ее предварительной подсушки);

- инерционные решетки можно устанавливать на более легком фундаменте, так как пружинная подвеска передает на него возникающие при выбивке усилия и вибрацию ослабленными.

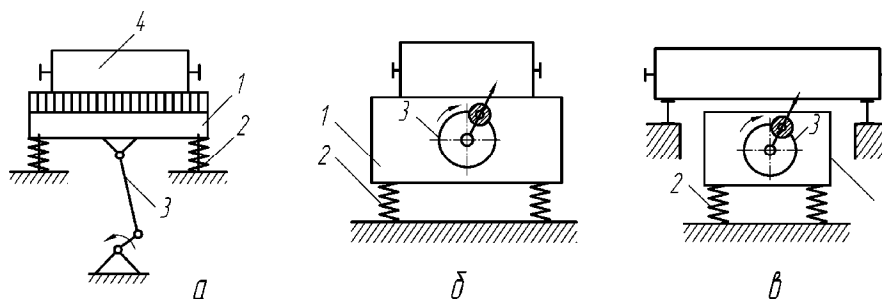


Рис. 47. Типы механических выбивных решеток:  
*а* – эксцентриковая; *б* – инерционная; *в* – ударная инерционная

При выбивке крупных и тяжелых, форм применяют установки, состоящие из нескольких выбивных решеток. Эти установки позволяют более рационально использовать энергию, так как для выбивки форм малой массы можно включать в работу часть решеток, составляющих установку.

С целью освобождения рабочих от непосредственного участия в тяжелом и трудоемком процессе выбивки и вывода оператора из зоны повышенной запыленности используют автоматические установки для выбивки форм. В зависимости от способа формовки (безопочная, опочная, без крестовин в нижней опоке, опочная с крестовинами в нижней опоке) выбирают типы выбивных установок.

Наиболее легко поддается автоматизации выбивка из безопочных форм, так как при этом не требуется удалять смесь и отливки из опок, а необходимо лишь обеспечить сброс форм с литейного конвейера на выбивное устройство, где происходит их разрушение и отделение отливок от смеси. В качестве устройства для сброса форм применяют установки с отклоняющей шиной, с наклонной платформой и др.

В установках с отклоняющей шиной платформы конвейера имеют особые откидные щиты на шарнирах, которые с помощью роликов и отклоняющей шины принимают на месте выбивки наклонное положение, поворачиваются под углом  $45^\circ$  к горизонту. При этом формы соскальзывают на выбивающее устройство. Недостаток таких установок заключается в усложнении конструкции тележек конвейера.

В установках с наклонной платформой на позиции выбивки вся тележка конвейера наезжает на платформу, которая наклоняется и сбрасывает форму

на расположенный ниже вибрационный конвейер, где и происходит отделение отливок от смеси.

Для выбивки безопочных форм широко применяют барабаны. Такой барабан представляет собой цилиндрическое сито, изготовленное из листового железа. Внутри барабана по винтовой линии закрепляется металлическая полоса, служащая для перемещения форм и отливок вдоль оси барабана. Цилиндрическое сито установлено на катках, которые приводятся в движение с помощью электродвигателя через редуктор. Безопочные формы после охлаждения сталкиваются с конвейера через воронку вовнутрь барабана и разрушаются в процессе его вращения. Смесь проваливается через отверстия в стенке барабана на ленточный конвейер, а отливки выходят из него и подаются далее в очистное отделение. Угол наклона барабана регулируется с помощью винтового устройства в зависимости от необходимой скорости прохождения отливок внутри барабана, которая определяет его производительность. Барабан закрыт герметично кожухом, подключенным к цеховой системе пылеотсоса.

Для выбивки форм без крестовин в нижней опоке наиболее распространены установки, работающие на провал. При этом способе форма устанавливается на вибрирующую раму, расположенную над выбивной решеткой. Опoka опирается на раму краями, отработанная смесь вместе с отливкой сквозь проем рамы проваливается на решетку, где и происходит их разделение. Для предохранения опок от разрушающего воздействия вибрирующей рамы на ряде установок применены прошивные механизмы, выдавливающие ком (отливку со смесью) из опоки на разделительную решетку.

При наличии крестовин в нижней опоке выбивка на провал без распаровки невозможна, так как крестовины не позволяют удалять отливку вместе с формовочной смесью. В этом случае применяют установки для автоматизированной выбивки форм трех типов:

- с отдельной выбивкой верхней и нижней опок с предварительной распаровкой и извлечением отливки до выбивки;
- с отдельной выбивкой верхней и нижней опок с предварительной распаровкой и извлечением отливки после выбивки;
- с выбивкой спаренных форм с последующей распаровкой и извлечением отливки.

Выбивка форм сопровождается выделением большого количества теплоты и пыли, поэтому участки выбивки форм оснащают мощными системами вытяжной вентиляции, а выбивные решетки большой грузоподъемности (выше 10 т) имеют пыле- и звукоизолирующие накатные кожухи.

Удаление стержней из отливок является трудоемкой операцией. Трудоемкость выбивки стержней из отливок зависит от вторичной прочности стержневой смеси, конфигурации полости отливки, напряженного состояния стержня в отливке. Стержни, изготовленные из смесей на органических связующих (маслах и их заменителях, синтетических смолах), обладают низкой

вторичной прочностью, хорошей выбиваемостью. Поэтому во многих случаях стержни, особенно простые, выбивают из отливок в процессе отделения отливки от формовочной смеси на выбивной решетке, или при очистке отливок в дробебетных установках. Однако достаточно крупные стержни даже из смесей на синтетических смолах выбивают на выбивных установках.

Стержни из жидкостекольных смесей, ЖСС, ПСС, песчано-глинистых смесей обладают худшей выбиваемостью, чем стержни с органическими связующими.

Для выбивки стержней из мелких и средних отливок в условиях массового и крупносерийного производства используют пневматические вибрационные установки. Установка представляет собой раму, на которой установлены передняя и задняя бабки (рис. 48). Задняя бабка имеет пружинный упор 2, передняя имеет направляющие, на которых установлен подвижный вибратор 5, оканчивающийся бойком-зажимом 3. Перемещение вибратора по направляющим и зажим отливки между передней и задней бабками обеспечиваются пневмоцилиндром. Для выбивки стержня отливку устанавливают на станину или подвешивают на талях и зажимают между бабками. Плунжер вибратора сотрясает отливку, вследствие чего стержень разрушается.

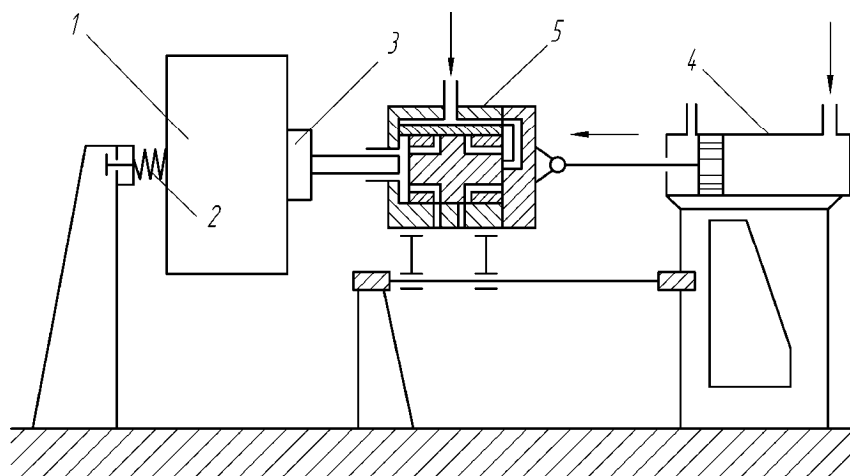


Рис. 48. Схема вибрационной установки для выбивки стержней:

1 – отливка; 2 – пружинный упор; 3 – боек-зажим вибратора; 4 – пневмоцилиндр; 5 – вибратор

Однако стержни из песчано-глинистых, жидкостекольных смесей, ЖСС и ПСС плохо выбиваются на таких установках, поэтому часто, особенно при изготовлении крупных отливок массой не менее 400 кг, применяют гидравлические камеры, в которых стержни из отливок удаляются вследствие их разрушения струей воды и вымывания из отливки.

Схема удаления стержня из отливки приведена на рис. 49. Одновременно происходит очистка поверхности отливки. В зависимости от максимального давления воды все гидравлические очистные установки делят на три класса: низкого давления ( $5 \times 10^5 - 10 \times 10^5$  Па), высокого ( $10 \times 10^5 - 20 \times 10^5$  Па)



и сверхвысокого (свыше  $20 \times 10^5$  Па). При этом установки высокого и сверхвысокого давления могут быть дополнительно оборудованы насосной станцией низкого давления, используемой для вымывания и гидротранспортирования разрушенных стержней. По сравнению с выбивкой стержней сухим способом при гидравлической выбивке стержней полностью отсутствует пылеобразование, сохраняются для повторного использования стержневые каркасы и значительно ускоряется процесс удаления стержней. Однако процесс применим только для достаточно крупных и сложных отливок, имеющих большой объем или сложную форму стержней.

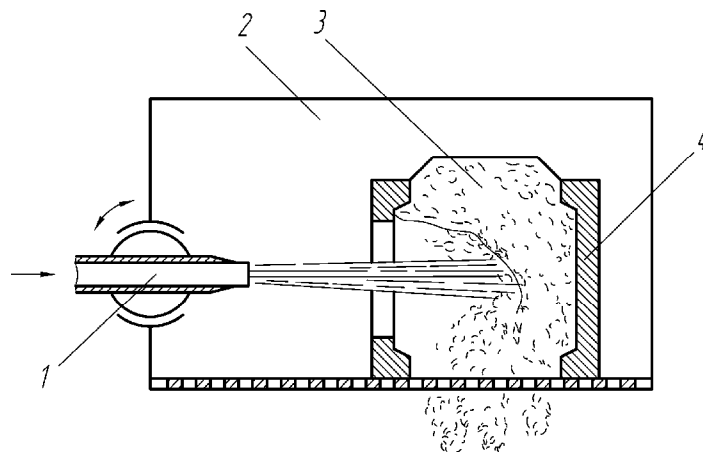


Рис. 49. Схема удаления стержня из отливки в гидравлической камере:  
1 – гидромонитор; 2 – гидрокамера; 3 – стержень; 4 – отливка

Струя воды оказывает на стержень двойное действие: размывающее, при котором вместе с водой удаляется стержневая масса, и разрезающее, при котором струя разрезает стержень на части и уносит их из отливки. Размывающее действие струи тем больше, чем больше расход воды. Разрезающее действие тем больше, чем больше скорость струи, зависящая от давления воды. Для оптимального действия струи необходимо сочетать размывающее действие с разрезающим таким образом, чтобы за минимальное время удалять стержень. Поэтому основным условием производительного и экономичного действия установки является правильный выбор давления воды и диаметра сопла гидромонитора.

Опытным путем установлено, что чем больше прочность материала стержня в момент выбивки, тем большее значение имеет разрезающее действие струн. Давление воды при этом должно быть выбрано больше, а диаметр сопла при ограниченной мощности насоса может быть соответственно меньше.

Гидромонитор делают в виде трубы длиной 1-4 м (рис. 50). По практическим данным диаметр трубы в установках высокого давления принимают из расчета, чтобы отношение ее сечения к проходному сечению сопла было равно 5,0-5,5. Обычно гидромониторы таких установок делают диаметром до

25 мм, а установок низкого давления – до 40-50 мм и более. Гидромонитор рекомендуется устанавливать так, чтобы его наконечник находился от выбиваемого стержня на расстоянии 100-150 мм.

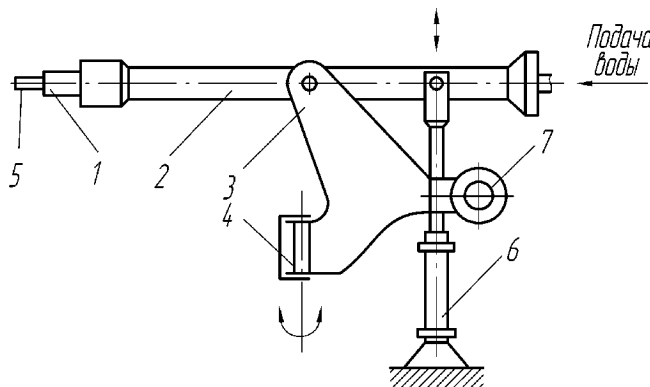


Рис. 50. Схема устройства гидромонитора:

1, 2 – телескопически соединенные стволы; 3 – кронштейн; 4 – ось кронштейна; 5 – насадок монитора; 6 – гидроцилиндр перемещения по вертикали; 7 – гидроцилиндр перемещения по горизонтали

Еще больший эффект дает пескогидравлическая обработка отливок. Разрушающая сила струи воды с песком гораздо больше, чем разрушающая сила струи воды без песка. С помощью песчано-водяной струи можно не только выбивать стержни, но и очищать поверхность отливок.

Пескогидромонитор представляет собой струйный аппарат, работающий по принципу гидравлического эжектора (рис. 51). По стволу монитора через выходной насадок, или сопло, подается вода под высоким давлением (7,5-15 МПа). Струя воды, выходящая с большой скоростью из сопла, засасывает пульпу, т.е. смесь песка и воды, в смесительную камеру или в конический выходной насадок, из отверстия которого уже выходит рабочая песчано-водяная струя. На входе в пескогидромонитор консистенция пульпы включает в себя 50 % песка и 50 % воды (по объему). Выходящая рабочая струя при этом содержит около 15 % песка.

Электрогидравлический способ выбивки стержней и очистки отливок заключается в использовании электрогидравлического эффекта, возникающего при высоковольтном разряде в воде между специальным электродом и поверхностью отливки (рис. 52). При электрическом искропоя пробое жидкости в ней возникают ударные волны и перемещения, вызывающие интенсивную вибрацию отливок в очень широком диапазоне частот. Из-за различия модулей упругости и частоты собственных колебаний отливок и стержневых смесей на границе раздела металл – стержневая смесь возникают растягивающие напряжения, приводящие к разрушению стержня. Интенсивные перемещения жидкости в зоне разряда и вибрация отливок обеспечивают эффективное удаление остатков разрушенных стержней из отливок. Кроме того, разрушается смесь, пригоревшая к отливке.

Электрогидравлические установки используют для выбивки стержней из стальных, чугуновых отливок, отливок из цветных сплавов. Эти установки могут быть использованы в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. Наиболее целесообразно их применение для выбивки стержней из крупных и средних отливок.

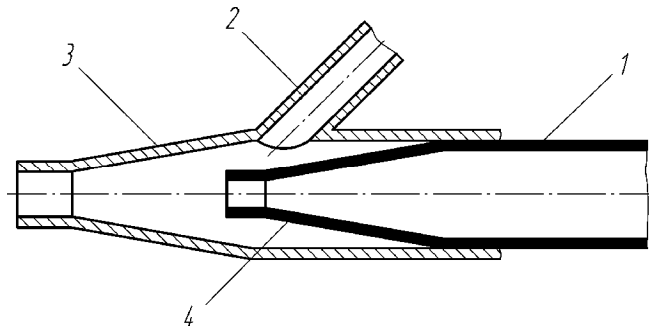


Рис. 51. Схема пескогидромонитора:  
1 – ствол; 2 – патрубок для пульпы; 3 – выходной насадок; 4 – входной насадок

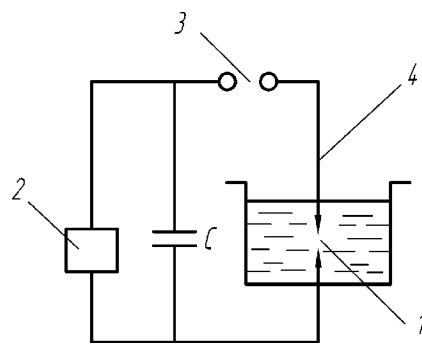


Рис. 52. Принципиальная электрическая схема электрогидравлической установки для выбивки стержней из отливок:  
1 – рабочий промежуток; 2 – выпрямитель-трансформатор;  
3 – формирующий промежуток; 4 – электрод

Преимущества этого способа выбивки: обеспечиваются высокая производительность и эффективность; исключается тяжелый ручной труд; снижается запыленность воздуха в литейных цехах.

*Обрубка, очистка и термическая обработка отливок.* После выбивки из форм отливки обычно обрубают и очищают. Обрубка отливки заключается в отделении от нее прибылей, литников, выпоров и в удалении заливов по месту сопряжения полуформ или в области стержневых знаков. Обрубают отливки с помощью молотков и пневматических зубил, абразивных кругов и прессов, ленточных и дисковых пил, также используют дуговую, газовую или анодно-механическую резку. В некоторых случаях прибыли отрезают на токарных станках.

Пригар на поверхностях отливок существенно затрудняет отрезку лит-

ников и прибылей. В таких случаях перед обрубкой отливки вместе с литниками и прибылями очищают.

Литники от чугунных отливок легко отбиваются при слабом ударе. От мелких отливок они отделяются в основном при выбивке форм. Оставшиеся на отливках литники отбивают молотками или обламывают на прессах. В отдельных случаях отделение литников от чугунных отливок совмещают с предварительной очисткой в галтовочных барабанах. Литники от мелких стальных отливок также отбивают молотками. Прибыли и литники от крупных отливок из углеродистых и низколегированных сталей отделяют дуговой и газовой резкой. При производстве отливок из некоторых высоколегированных сталей для этой цели применяют механическую или анодно-механическую резку. Ленточные и дисковые пилы, механические прессы широко применяют для отрезки литников и прибылей от отливок из алюминиевых, магниевых и медных сплавов.

Очистка отливок. Для удаления пригара и улучшения поверхностей отливки подвергают очистке галтовкой, дробеструйной, дробеметной, вибрационной и электрохимической обработке.

Очистку отливок галтовкой осуществляют в барабанах периодического и непрерывного действия. Барабаны периодического действия применяют в цехах мелкосерийного производства, в массовом производстве используют барабаны непрерывного действия. Очистка отливок в барабанах происходит в результате их взаимного трения. Для усиления эффекта трения в барабан вместе с отливками загружают звездочки из отбеленного чугуна. При вращении барабана отливки перекатываются, трутся друг о друга и о звездочки, в результате чего удаляется приставшая к поверхности отливок формовочная смесь,

Галтовочные барабаны непрерывного действия (рис. 53) имеют два кожуха. Отливки по лотку 5 и звездочки с помощью лопаток 4 непрерывно поступают во внутренний кожух 1. Перемещаясь к другому концу барабана, отливки очищаются. Звездочки, не доходя до конца барабана, проваливаются во внешний кожух 2 и спиральными направляющими 3 вновь подаются к загрузочному окну. Отработанная смесь проваливается через отверстия во внешнем кожухе и удаляется из барабана.

Для очистки отливок широко используют дробеструйные аппараты. Из таких аппаратов на поверхности отливок под давлением воздуха или воды подается чугунная дробь. Она обладает большой кинетической энергией и очищает поверхность отливок тем быстрее, чем мощнее струя. Дробеструйной очистке нельзя подвергать отливки из мягких сплавов, так как это ухудшает качество их поверхностей. Для очистки отливок из алюминиевых сплавов вместо чугунной дроби используют кусочки алюминиевой проволоки.

Чугунные и стальные отливки обычно подвергают дробеметной очистке. На очищаемую поверхность дробь подается метательными головками 1 в виде турбинок, вращающихся с частотой до 3000 об/мин. Дробь, выбрасываемая большой центробежной силой, ударяется о поверхность отливок 2 и

очищает ее (рис. 54). Дробеметная очистка более производительна, чем дробеструйная. Она осуществляется в дробеметных очистных барабанах и камерах. В дробеметных барабанах очищают мелкие и средние отливки массой до 40 кг. Равномерная очистка всех поверхностей отливок достигается в процессе их перекатывания внутри вращающегося барабана 3 (рис. 54, а) или на движущемся пластинчатом конвейере 3 (рис. 54, б) внутри неподвижного барабана. В массовом производстве применяют очистные барабаны с пластинчатым конвейером непрерывного действия, в которых отливки в процессе очистки перемещаются еще вдоль оси барабана.

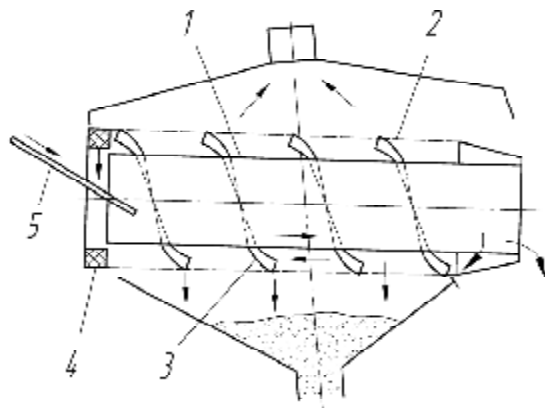


Рис. 53. Галтовочный барабан непрерывного действия для очистки отливок

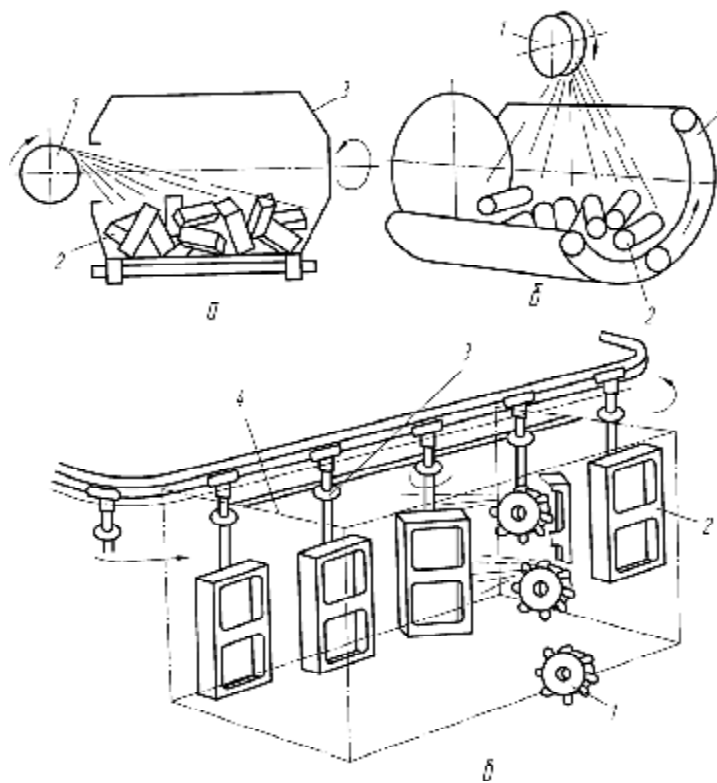


Рис. 54. Схемы дробеметной очистки отливок

В дробеметных камерах очищают отливки массой более 50 кг. Отливки устанавливают на вращающиеся очистные столы или подвешивают на вращающиеся подвески 3 (рис. 54, в). Очистка происходит внутри камеры 4. В массовом производстве применяют проходные дробеметные камеры непрерывного действия, а при небольшом объеме производства отливок – тупиковые дробеметные камеры периодического действия.

Остатки смеси и пригар на внутренних поверхностях чугунных и стальных отливок, труднодоступных при дробеметной очистке, успешно удаляют электрохимической обработкой. Для этого отливки погружают в расплав NaOH или KOH, температура которого 450-500 °С, и подключают к источнику постоянного тока напряжением 2,5-3,5 В и плотностью 0,03-0,05 А/м<sup>2</sup>.

Отливки в течение 7-8 мин являются катодом, в течение 3-4 мин анодом и 3-4 мин вновь катодом. После этого их промывают в холодной и горячей воде. Очистка поверхности отливок происходит за счет катодного восстановления оксидов железа и растворения SiO<sub>2</sub> пригара и смеси в щелочном расплаве с образованием силикатов.

Мелкие отливки весьма эффективно очищаются вибрационным способом. Для этого отливки и абразивный наполнитель загружают в контейнер, установленный на упругой подвеске, и приводят в колебательное движение с частотой до 3000 в минуту с амплитудой 3-5 мм. В процессе взаимного перемещения частицы наполнителя обрабатывают металлическую поверхность.

В современных крупных литейных цехах используют комплексные установки для очистки отливок. Например, поточная линия очистки включает выбивную решетку, галтовочный барабан, дробеметные установки, зачистные станки и систему конвейеров для передачи отливок с одной операции на другую.

Зачистку отливок проводят с целью удаления мелких заливов, остатков прибылей и литников, а также других неровностей и выступов на поверхности отливки. Эту операцию выполняют с помощью абразивных кругов, установленных на различных станках. Отливки массой до 10 кг зачищают на стационарных шлифовальных станках. Для очистки отливок большей массы применяют подвесные, маятниковые или переносные станки. В массовом производстве мелких и средних отливок нашли применение полуавтоматические и автоматические станки и линии, обеспечивающие повышение производительности обработки в 5-10 раз. Отливки из вязких сплавов – сталей, ковкого чугуна, бронзы и алюминиевых сплавов – зачищают корундовыми шлифовальными кругами, а отливки из хрупких сплавов, например серого чугуна, – карборундовыми.

Отливки из легкоплавких сплавов очищают также электроконтактным способом. По этому способу отливку и вращающийся стальной диск подключают к источнику тока. При контакте диска с выступом на поверхности отливки цепь замыкается, заусенцы и заливки оплавляются и в виде мелких частичек отбрасываются диском от зачищаемой поверхности.

Стальные отливки зачищают также газокислородными горелками, которые применяют для обрезки литников и прибылей.

Термическая обработка отливок. Отливки в литом состоянии имеют крупнозернистую структуру, высокую твердость, низкие прочностные и пластические свойства. В них сохраняются значительные внутренние напряжения. Структура и свойства отливок могут быть значительно улучшены термической обработкой. Вид обработки (отжиг, нормализация, закалка, отпуск) определяется природой сплава, конфигурацией отливки и техническими условиями.

Стальные отливки обычно подвергают термической обработке в два этапа. Сначала проводят предварительную термообработку (отжиг, нормализацию или нормализацию с отпуском) для снятия внутренних напряжений, измельчения структуры и уменьшения твердости перед механической обработкой. При отжиге эти задачи решаются полнее, однако недостатком этого вида обработки является большая продолжительность. Поэтому отжигают лишь отливки, склонные к образованию значительных внутренних напряжений. Отливки простой конфигурации подвергают нормализации. Для отливок ответственного назначения назначают нормализацию и отпуск. При окончательной термической обработке стальные отливки подвергают нормализации и отпуску или закалке и отпуску. Выбор закалочной среды (вода или масло) зависит от состава стали (ее закаливаемости) и сложности отливки, а температура отпуска (низкий, средний или высокий) – от требуемых механических свойств отливки. По мере повышения температуры отпуска прочность и твердость снижаются, а пластические свойства и ударная вязкость повышаются. Если нагрев и охлаждение отливок происходят в окислительной среде, то поверхность покрывается окалиной. Поэтому отливки подвергают повторной очистке. Механически обработанные стальные отливки при необходимости подвергают цементации, азотированию и другим видам химико-термической обработки.

Чугунные отливки подвергают термической обработке значительно реже. Ее применяют для снятия внутренних напряжений, стабилизации размеров, снижения твердости и улучшения обрабатываемости, повышения механических свойств или износостойкости. При низкотемпературном отжиге (500-630 °С) снимаются внутренние напряжения и стабилизируются размеры отливки, а механические свойства практически не изменяются. При низкотемпературном графитизирующем отжиге (680-750 °С) происходит графитизация и частичная сфероидизация эвтектоидного цементита. Вследствие этого снижаются прочность и твердость, но улучшается обрабатываемость. Высокотемпературный графитизирующий отжиг (850-980 °С) применяют для графитизации первичных карбидов в чугунах всех видов. При получении ковкого чугуна из белого этот вид термообработки является обязательным. При нормализации и закалке чугунных отливок улучшаются механические свойства. При нагреве до 850-950 °С часть графита растворяется в аустените. При

последующем охлаждении на воздухе или в закалочной среде углерод не успевает вновь полностью выделиться в виде графита, поэтому количество связанного в цементит углерода возрастает и прочность, твердость, а также износостойкость отливки увеличиваются. При нормализации чугуна образуется перлитная металлическая матрица, а при закалке мартенситная. Соответственно во втором случае достигается больший прирост твердости, прочности и износостойкости. Закаленные отливки требуют дополнительной термической обработки для снятия внутренних напряжений.

Чугунные отливки при необходимости придания им особых свойств подвергают химико-термической обработке: азотированию, алитированию, сульфидированию, борированию и т.п.

Качество отливок из алюминиевых и магниевых сплавов улучшают путем старения, отжига, закалки и закалки с последующим искусственным старением. Отливки из медных сплавов обычно не подвергают термической обработке. Лишь в отдельных случаях их отжигают для снятия внутренних напряжений.

#### Контрольные вопросы.

1. Какие технологические операции включает в себя процесс очистки отливок?
2. Какими способами можно удалить стержни из отливок?
3. Опишите суть технологического процесса выбивки стержней?
4. Какие технологические приемы применяются при удалении литников и прибылей?
5. Чем отличается очистка отливок от зачистки?
6. Назовите способы очистки поверхности отливок?
7. Опишите технологию гидроабразивной очистки отливок?
8. Чем отличаются технологические процессы дробеметной и дробеструйной очистки отливок?
9. Последовательность финишных операций и термической обработки при производстве стального фасонного литья от выбивки форм до термической обработки?
10. Назовите способы термической обработки отливок из цветных сплавов?



## **МОДУЛЬ 2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ**

### **ЛЕКЦИЯ 12.**

#### **ТЕМА: ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК**

План лекции

1. Цель контроля литейной технологии.
2. Контроль исходных формовочных материалов.
3. Контроль формовочного инструмента.
4. Контроль форм и стержней.

*Цель контроля литейной технологии.* Контроль ставит своей целью предупреждение выпуска негодной продукции и уменьшение количества брака. В условиях работы литейных цехов приняты следующие определения годности отливок: абсолютно годные; ограниченно годные, в этом случае предусматриваются единичные отливки, габаритные, сложные по конструкции и дорогие по металлу; исправимый брак, сюда относятся отливки с дефектами, которые технически возможно и экономически целесообразно исправить без снижения их прочности; окончательный брак.

Контроль литья предусматривает проверку исходных металлических и неметаллических материалов, технологического процесса изготовления литья и проверку качества отливок.

Контроль бывает профилактический и исполнительный. Профилактический, или предупредительный, контроль предусматривает проверку качества исходных материалов, производственных инструментов и приспособлений (модели, стержневые ящики), приготовления стержневых и формовочных смесей и др. Исполнительный контроль ставит своей целью проверку качества готовых отливок.

Контроль производится на контрольных участках, обеспеченных средствами контроля: контрольно-измерительными инструментами, приспособлениями, лабораториями, специальными испытательными гидро- и пневмоустановками и др. Он базируется на ГОСТах, технических условиях, чертежах изделий и отливок, а также на технологических картах изготовления отливок.

Общими методами контроля литейного производства являются:

- разметка, служащая для проверки размеров отливок, и контрольно-измерительный инструмент: калибры, скобы, шаблоны и др. (особенно при серийном производстве отливок);
- внешний осмотр, позволяющий выявить недоливы, трещины, короб-

ление и другие дефекты отливок. Такой метод контроля является наиболее распространенным и применимым как для индивидуального, так и массового производства отливок;

- лабораторные испытания, которыми определяют химический состав и физико-химические свойства отливок.

Контроль литейного производства выполняется производственными мастерами, лаборантами, технологами, мастерами-контролерами отдела технического контроля и др.

*Контроль исходных формовочных материалов.* Исходными материалами литейного производства называются материалы, применяемые при изготовлении отливок. Исходные материалы делятся на основные и вспомогательные.

К основным материалам относятся пески и глины формовочные, связующие материалы, шихтовые материалы.

Вспомогательными материалами являются краски, припылы, противопригарные примеси, ремонтные глины и др. Проверка качества кварцевого песка осуществляется по ГОСТ 2138-91. Проверка качества связующих материалов производится по их техническим показателям в соответствии с ГОСТ.

Элементами проверки качества противопригарных красок являются плотность, отсутствие расслаивания перемешанной краски в течение 5-7 ч, отсутствие стекания, подтеков и намывов на вертикальной поверхности. На стандартном цилиндрическом стержне, подсушенном при 200-220 °С, краска, нанесенная ровным тонким слоем, покрывает прочно стержень, не отслаивается и не пачкает рук.

Контроль ремонтных составов для исправления стержней производится путем, проверки их прочности.

*Контроль формовочного инструмента.* Организация контроля формовочных и стержневых инструментов и приспособлений зависит от характера и масштаба производства. В соответствии с этим ниже приводятся материалы по контролю формовочных инструментов и приспособлений при машинной формовке по-сырую (крупносерийное производство) и стержневого инструмента и приспособлений в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

При таком характере производства контроль инструментов и приспособлений, применяемых для изготовления крупных литейных форм и стержней, осуществляется путем осмотра и проверки целостности, сохранности их и пригонки отъемных частей, знаков в моделях и ящиках и др.

Контроль формовочного и стержневого инструмента, а также приспособлений при крупносерийном производстве заключается в проверке класса точности изготовления по чертежу для каждого инструмента и приспособления и допустимого предельного износа. При достижении инструментом или приспособлением допустимого предельного износа их направляют в ремонт. Проверка качества и сроки контроля формовочных и стержневых инструментов и приспособлений приведены в табл. 28.

В результате многократной заливки металла опоки подвергаются короблению.

Таблица 28

| Проверка качества и сроки контроля формовочных и стержневых инструментов и приспособлений |   |  |
|---|---|--|
| Инструмент или приспособление   | Объекты проверки  | Сроки контроля   |
| Формовочный инструмент и приспособления   |   |  |
| Сборочные шаблоны<br>Предельные скобы<br>Универсальный инструмент                         | Предельные размеры<br>Изменение формы   | Один раз в две-три недели  |
| Опоки   | Высота нижней половины<br>Коробление<br>Расстояние между центрами<br>Втулки     | Один раз в две недели  |
| Модельные плиты   | Предельные размеры моделей<br>Крепление моделей<br>Состояние литниковой системы | Размеры один раз в месяц;<br>остальное ежедневно   |
| Подопочные плиты  | Изменение формы   | Один раз в две недели  |
| Установочные шпильки  | Предельные размеры<br>Положение на плите<br>Изменение формы                     | Размеры один раз в две недели;<br>остальное ежедневно                                    |
| Сборочные шпильки   | Предельные размеры<br>Изменение формы   | Один раз в две недели  |
| Стержневой инструмент и приспособления  |   |  |
| Калибры, скобы и шаблоны для контроля и приемки стержней<br>Стержневые ящики              | Предельные размеры<br>Изменение формы<br>Общее состояние                        | Размеры один раз в месяц<br>Изменение формы один раз в две недели<br>Состояние ежедневно |
| Сушители и плиты  | Предельные размеры<br>Изменение формы   | Один раз в две недели  |
| Приспособления для зачистки и склеивания  | То же   | То же  |

Коробление опок проявляется в их «качке» и искривлении ушков со спаренными втулками. Практически наибольшая величина качки допускается в 0,2 мм на длину опоки размером 500 мм. «Провалы» опоки на длине в 100 мм разрешаются до величины, равной двойному короблению.

Контроль коробления опоки 1 производится на рихтовочной плите 3 щупом 2 (рис. 55). Контроль втулок опоки осуществляется путем проверки размеров их диаметра. Втулки изготавливают по наружному диаметру не ниже 3-го класса точности с допуском и по внутреннему – не ниже 4-го класса точности.

Модельные плиты. На плитах крепят модели, знаки и литниковые системы. Проверка их крепления и физического состояния производится путем

наружного осмотра. Тщательному контролю в отношении физического состояния и крепления подвергают контрольные шпильки. Неудовлетворительное их физическое состояние (погнутость) или ослабление крепления приводит к сдвигу модели. Элементы модельной плиты проверяют по установочным рискам или шаблонам. Геометрические элементы плиты (оси, горизонтальность и др.) проверяются на разметочной плите. Износ моделей для обычных отливок допускается в пределах 0,4 мм, а для точных и мелких отливок – 0,05 мм. Смещение модели относительно центра установочной шпильки не должно быть выше 0,1 мм. Тщательному контролю подвергают также размеры модельных знаков. Коробление плиты возможно до 0,3 мм. Впадины на плите, получающиеся при установке опок, ее должны превышать 1 мм. Важным в контроле является проверка нормального зазора по знаку стержня. Практически такой зазор принимается равным 0,3 мм на сторону. На модельной плите возможно неплотное крепление моделей, литниковых систем и др. Такие зазоры могут привести к заусенцам. В этом случае необходимо неплотно сидящие элементы модельной плиты зачеканить и зачистить.

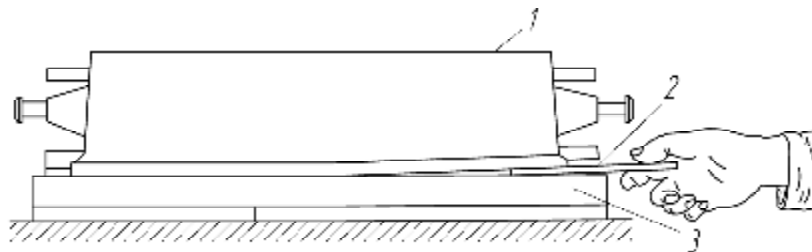


Рис. 55. Контроль опоки на коробление

Контроль установочных шпилек заключается в проверке вертикального положения на плите и их размеров. Вертикальное положение шпилек контролируется придвинутой вплотную к шпильке угольником. В случае зазора между угольником и установочной шпилькой, вызванного искривлением шпильки, ее нужно заменить новой. Возможно, что зазор (просвет) и при новой шпильке сохранится. Тогда необходимо проверить отверстие для шпильки. Смещение центра шпильки вдоль оси допускается в пределах 0,3 мм. Контроль шпилек по износу в диаметре производится предельной скобой или штангенциркулем. Износ шпилек в диаметре допускается в пределах 0,25 мм. Подопочные плиты изменяют свою форму, коробятся в результате работы. Особенно сильно коробятся сварные стальные плиты, меньше – алюминиевые. Коробление подопочной плиты приводит к выпиранию литейной формы по плоскости разъема. Коробление подопочной плиты находится в пределах 1 мм. Контроль подопочных плит производится линейкой, соответствующей длине плиты.

При спаривании опок (сборка) большое значение имеют сборочные шлифованные штыри. Проверка размеров, состояния шлифовки и изменения формы (искривление) является элементом контроля. Просвет между втулкой

и штырем находится в пределах 0,5-0,6 мм на каждую сторону. Проверка коробления сборочного штыря производится щупом на плите. Допускаемое искривление штыря по его длине находится в пределах 0,1 мм. Износ штыря по диаметру допускается в 0,3 мм, размер диаметра проверяется предельной скобой или штангенциркулем.

Сборка является последней технологической операцией изготовления литейной формы. При выполнении этой операции широко применяют контрольные сборочные шаблоны.

Допускаемое отклонение в размерах при изготовлении контрольных сборочных шаблонов находится в пределах  $\pm 0,1$  мм. Износ шаблонов допускается до 0,3 мм. Горизонтальная плоскость опоры шаблона в работе может коробиться в пределах 0,2 мм. Контроль коробления производится обводом периметра шаблона щупом. Оси, плоскости и др. проверяются на разметочной плите.

Контроль стержневых ящиков в массовом производстве осуществляется путем предупредительного осмотра, выборочной проверки основных размеров и сплошной проверкой стержневого ящика.

Предупредительным осмотром проверяется наличие всех отъемных частей, состояние плоскости разъема втулок, штырей и др., отсутствие выбоин и заусенцев. Такая проверка стержневого ящика производится ежедневно. Выборочная проверка основных размеров стержневого ящика производится на рабочем месте с применением скоб или шаблонов (рис. 56). Износ основных размеров ящика допускается в пределах 0,2-0,3 мм. Выборочную проверку основных размеров стержневого ящика целесообразно проводить одновременно с контролем размеров стержня, особенно по плоскости разъема. Зазор по плоскости разъема при изготовлении стержней на пескодувных машинах находится в пределах 0,1-0,15 мм. Размер зазора проверяется мерным щупом. Зазор (или люфт) между штырями и втулками находится в пределах 0,3-0,4 мм на диаметр. Люфт на обе стороны в гнездах отъемных частей не должен превышать 0,5 мм. Местный износ стержневого ящика особенно часто проявляется в его знаках, через которые набиваются стержни. В этом случае соответствующими предельными калибрами или шаблонами следует производить ежедневную проверку размеров знака одновременно с внешним осмотром стержней.

Сплошная проверка стержневого ящика производится на разметочной плите ежемесячно. В условиях изготовления литейной формы модельные знаки уменьшаются в размерах, а знаки в стержневых ящиках увеличиваются. Поэтому необходимо подвергать тщательному контролю модельные и стержневые знаки, так как нарушение их размеров может привести к неправильной посадке стержня, к искажению отливки. Стержни сушатся на драйерах и сушильных плитах. Поэтому устройство драйера должно обеспечить полную поддержку во всю длину и по всей поверхности стержня, чтобы предупредить его поломку или изменение формы. При пользовании драйером предусматри-

ваются качественное состояние опорных поверхностей, отсутствие коробления и монтаж драйера на шпильки стержневого ящика. Величина коробления драйера и сушильной плиты под стержень колеблется в пределах 0,3-0,4 мм. Проверяется драйер на плите путем наложения его на эталон и обвода щупом зазора между плоскостью соприкосновения драйера с поверочной плитой. Пригар на опорной поверхности драйера не допускается.

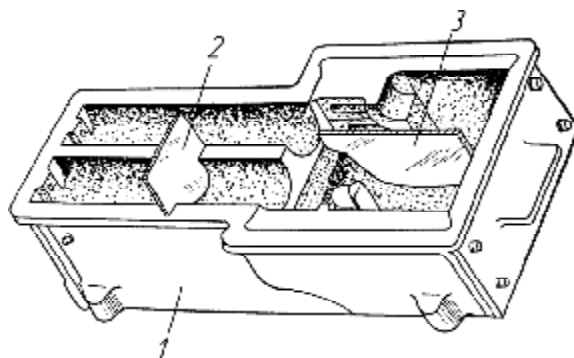


Рис. 56. Проверка стержневого ящика шаблонами:

1 – стержневой ящик; 2, 3 – шаблоны

Стержни для тонкостенных отливок изготовляют с припуском. Такие стержни после сушки доводят до заданных размеров в специальных приспособлениях, называемых кондукторами. При зачистке стержней применяется съемная арматура кондуктора, которая при доводке стержня изменяет свои размеры. Колебание в размерах нового или отремонтированного кондуктора находится в пределах  $\pm 0,1$  мм, а износ кондуктора не должен превышать 0,3 мм. Кондуктор подвергается общему или выборочному контролю по основным размерам. Выборочная проверка производится на рабочем месте обычным измерительным или контрольным инструментом. Общая проверка основных размеров кондуктора выполняется периодически на разметочной плите. Кондукторы, применяемые для склеивания стержней по половинкам или составным частям, контролируются таким же способом, как и кондукторы для доводки. Для проверки перекоса стержня при склеивании в кондукторе имеется специальный ограничительный упор, который должен находиться всегда в хорошем состоянии. Для доводки стержней применяют фрезы, у которых быстро снашиваются горизонтальные режущие кромки. Величина колебания размеров новой фрезы находится в пределах 0,3 мм, износ фрезы допускается до 0,3 мм; изменение формы фрезы проверяется щупом.

Стержневые ящики и другие приспособления, применяемые при изготовлении стержней, должны быть в исправности. Однако это не исключает появления в стержнях неточностей размеров и искажения формы вследствие сушки, транспортировки и др. Для контроля и приемки стержней применяют калибры, скобы и шаблоны, изготовленные по 2-му классу точности; предельный износ контрольного инструмента не должен превышать двойного допуска, принятого при его изготовлении.

*Контроль качества литья.* Внешние недостатки, обнаруживаемые на поверхности отливок. К таким недостаткам относятся заметные искажения конфигурации отливки, неправильные размеры и неудовлетворительная поверхность. В литейном производстве изготавливают отливки по 1, 2 и 3-му классам точности, соответственно массовому, серийному и индивидуальному производству. Для измерения и контроля отливок применяют линейки металлические (метр), рулетки, штангенциркули, штангенглубиномеры, микрометры и индикаторы часового типа. Неудовлетворительная поверхность отливки такая, на которой есть выступы или неровности. Качество поверхности проверяется обычно приборами, соприкасающимися с отливками (щупы), или реже путем разреза.

*Контроль форм.* При проверке качества литейной формы контролю подвергаются отдельные операции изготовления формы: уплотнение и качество трамбовки, сушка и качество высушенной формы, сборка формы, отделка, транспортировка формы на заливку, крепление формы. При безопочной заливке проверяется также операция надевания жакета.

Уплотнение формы, производимое вручную (пневматической трамбовкой) или на машинах, является ответственной операцией, неудовлетворительное выполнение которой может привести к наростам, пригару, песочным раковинам и др. Однако до операции уплотнения следует систематически осуществлять контроль за выполнением предшествующих вспомогательных операций изготовления литейной формы. Так, например, в ручной формовке имеет важное значение правильность горизонтальной установки модели (а затем и опоки) на подмодельном щитке. В силу этого рекомендуется систематически при помощи уровня проверять положение подмодельного щитка при формовке.

Контролю подвергается также состояние опок и моделей.

1. Опоки и подмодельные плиты должны быть очищены гладилкой, косматкой или струей воздуха от следов формовочной смеси и грязи.

2. Модели должны быть протерты керосином или другой смазкой (если модели металлические) или припылены тонким припылом (если они деревянные).

3. Съёмные модели отливки и литниковой системы должны располагаться от стенок опок на установленном расстоянии, но не менее чем на 30 мм.

4. Опоки должны отстоять от выступающих частей модели, в зависимости от ее размеров, не менее чем на 10-15 мм.

5. После засыпки облицовочной смесью модели стояка и выпора должны быть обжаты вручную, а узкие песчаные болваны и слабо уплотняющиеся места укреплены обжатием или установленными приспособлениями (шпильками, крючками и т.д.), предварительно смоченными жидкой глиной (белюгой).

Набивка формы должна начинаться у стенок опоки, где требуется

большее уплотнение смеси для предупреждения ее оседания, и вестись сначала узким концом трамбовки, а затем плоской ее стороной. Набивка вокруг моделей литниковой системы, а также вокруг отъемных частей моделей должна быть более плотной с целью предупреждения местного размыва или повреждения формы, однако не такой плотности, чтобы вызвать ее кипение. Небрежное или неправильное выполнение трамбовки приводит неизбежно к образованию брака. Обвалы, газовые раковины, распор формы, искажение размеров отливки, вскипы, ужимины, трещины и т.д. – все это в большинстве случаев является результатом неправильно изготовленной формы и плохой ее набивки.

Если формовку производят в почве, то необходимо следить за тем, чтобы все слои постели по своему составу и толщине соответствовали указаниям технологических карт, а вентиляционный слой был соединен с наружным воздухом трубами диаметром не менее 30 мм и в достаточном количестве, не менее одной трубы на каждый квадратный метр площади слоя.

При шаблонной формовке следует тщательно и прочно установить подпятник на плотную землю ниже вентиляционного слоя постели, проверить по ватерпасу правильность крепления шпинделя в подпятнике и на шпинделе кронштейна с шаблоном и убедиться в отсутствии заметной качки в собранной установке.

При обнаружении в форме недоуплотненных или переуплотненных участков их необходимо исправлять подтрамбовыванием или разрыхлением с последующей подбивкой. При неправильной набивке всей формы ее следует перебить заново.

Неправильный срез формовочной смеси или деформированная подочная плита для низов опоки и отсутствие ребер или недостаточная жесткость, и чрезмерная высота верхов опоки вызовут в первом случае местное выпирание, а во втором – провисание поверхностей разъема. То и другое может привести к перекосам отливки и обжимам.

Допустимое суммарное провисание плоскости разъема не должно превышать 2 мм (по одному миллиметру на каждую половину опоки). Проверку провисания производят при помощи линейки и щупов.

При машинной формовке на встряхивающих машинах уплотнение начинают только после наполнения формовочной смесью опоки на  $\frac{3}{4}$  ее высоты и производить его предписанным количеством ударов.

При формовке на прессовых машинах к прессованию надо приступать после окончания хода стола машины и выдерживать прессование в течение установленного времени.

Все дополнительные работы – поджатие углов опоки, подтрамбовку, подпрессовку и т.д. – необходимо выполнять в соответствии с указаниями технологических карт.

При ручной формовке необходимо проверять отделку форм, выполняемую в индивидуальном порядке по каждой форме, для чего необходимо сле-



дять, чтобы: форма не перекачивалась при удалении моделей; все выступающие части формы и места вокруг отъемных частей модели, если они выше 25 мм, были надлежащим образом пропилены шпильками длиной, равной двойной высоте выступающей или отъемной части; форма во избежание понижения газопроницаемости не заглаживалась; все наружные кромки выпоров, литниковой воронки и чаши были смочены и заглажены для предупреждения от осыпания; формы, предназначенные для заливки по-сухому, не окрашивались до отделки и тщательной очистки, и окраска их производилась равномерно по всей поверхности без наплывов, а знаки оставались неокрашенными; перед накрыванием форма была снова продута и очищена от мусора и пыли.

При машинной формовке, исключаящей отделку формы, необходимо следить за обжимом заусенцев, отсутствием обвалов смеси и за тем, чтобы форма перед сборкой была также тщательно очищена.

Наиболее важным операционным контролем является проверка качества сборки форм. Наружным осмотром проверяют, есть ли обрывы и трещины в сухих формах; чтобы убедиться в отсутствии обвалов в верхней половине формы, ее выдерживают в течение некоторого времени на весу в повернутом состоянии: если расположенная под ней поверхность окажется чистой – обвалов нет. Просушенность формы устанавливается соответствующей пометкой контролера сушки.

Ответственной операцией является установка стержней в форме. Посадку крупных и сложных стержней необходимо проверять обязательно по установочным или контрольным шаблонам, характер, количество и точность изготовления которых должны соответствовать масштабу производства.

После установки стержней необходимо обеспечить вывод их вентиляционных каналов и предохранить от попадания в них металла при заливке, а поверхность нижней половины формы при сырой формовке обвести риской для предохранения от прорыва металла.

Правильность сборки обеспечивается, прежде всего, заблаговременной проверкой опок, втулок и штырей. При самой сборке необходимо следить за тем, чтобы длина сборочных шпилек была больше выступающей части нижней формы со стержнями и чтобы штыри полностью «прошивали» ушко нижней опоки раньше, чем верхняя опока коснется выступающих стержней или болванов нижней опоки.

При сборке форм в индивидуальном или мелкосерийном производстве, в особенности при крупных и сложных формах, для проверки толщины тела отливки необходимо производить пробную сборку по контрольным глиняным конусам, расставленным на выступающих поверхностях нижней половины формы. Высота обжатия конусов позволит судить о толщине получающегося тела.

В зависимости от способов крепления необходимо:

- при накрывании опок грузом следить, чтобы груз не был помещен на

поверхность формовочной смеси, а опирался на стенки опоки. Несоблюдение этой предосторожности может привести к поломке формы;

- во время нагрузки опок грузом проверять достаточность его веса;
- при креплении опок стяжными болтами нагрузку на болт проверять по соответствующей формуле;
- при системе крепления опок струбцинами или болтами необходимо следить за одновременностью затяжки противоположных струбцин или за равномерным подтягиванием гаек на всех болтах.

При безопочной формовке необходимо контролировать правильность надевания жакетов, так как даже при наличии замка на поверхности разъема формы неправильная посадка жакета может вызвать одностороннее смятие формы или ее перекося. Проверка заключается в наблюдении за накрыванием жакета строго параллельно поверхности формы.

*Контроль стержней.* Элементы контроля при изготовлении, выбраковке и хранении стержней приводятся в табл. 29.

Таблица 29

| Элементы контроля при изготовлении, браковке и хранении стержней |   |
|--|---|
| Этап изготовления  | Контроль  |
| Формовка стержней  | Состояние ящика<br>Качество смеси<br>Сборка ящика<br>Качество набивки<br>Укладка каркаса и выполнение вентиляции<br>Транспортировка |
| Сушка стержней   | Состояние сушильных плит<br>Подбор стержней<br>Температура и длительность сушки<br>Качество сушки                                   |
| Сборка и отделка стержней  | Состояние инструментов и приспособлений<br>Качество сборки и отделки  |
| Браковка стержней  | Качество стержней<br>Виновники брака  |
| Хранение стержней  | Условия хранения<br>Система хранения  |

Сборка ящика в разъеме должна быть плотной. Выполнение этого требования обязательно для получения набивки требуемой плотности и чистой поверхности стержня, а в целых стержнях также и для обеспечения их размеров.

Контроль сводится к наружному осмотру. Уплотнение стержней контролируют, как и при изготовлении форм, наблюдая за выполнением установленных технологических приемов работы.

При работе на пневматических машинах встряхивание начинают только после наполнения смесью ящика на  $\frac{3}{4}$  его высоты, и производить уплотнение

установленным количеством ударов в зависимости от давления воздуха. При изготовлении стержней на прессовых машинах следует проверять дозировку формовочной смеси и выдерживать прессование до тех пор, пока стол машины не закончит хода. Контроль изготовления стержней на пескодувных машинах заключается в проверке давления воздуха в сети, состояния узлов воздушного питания в машине – клапанов, сопел, чистоты каналов и отверстий в ящике для выхода излишнего воздуха путем набивки пробного стержня. Строгое соответствие стержневой смеси проверяют по показателям ее сырой прочности, нормальный предел которой не должен превышать 0,005-0,010 МПа, а для отдельных несложных стержней – 0,015 МПа.

При проверке установки каркасов для стержней контролю подлежат форма и конструкция каркаса, диаметр и сорт проволоки или толщина полос рамки и т.д. При проверке набивки стержней вручную необходимо соблюдать все правила формовки в отношении порядка набивки, равномерности ее, крепления слабых мест. Качество набивки контролируют на отсутствие так называемых недоуплотненных, заметных по участкам неровностей или рваной поверхности стержня и на плотность набивки, в особенности по знакам.

Недоуплотнение может привести к искажению поверхности отливки. Недостаточно плотная набивка стержня может послужить причиной образования на нем трещин, оседания при сушке, искривления, поломок. Слишком плотная набивка часто вызывает вскип и образование газовых раковин вследствие пониженной газопроницаемости стержня.

Особо тщательно проверяют устройство и состояние вентиляции стержней независимо от способов их изготовления.

Далее рекомендуется перейти к проверке качества сушки стержней, требующей обязательной выдержки определенного температурного режима и установленной продолжительности нагрева. Недосушенные стержни могут вызвать кипение формы и образование в отливке газовых раковин и вскипов, а пересушенные легко осыпаются и могут послужить причиной образования песчаных раковин в отливке.

Режим сушки контролируется по температуре и продолжительности процесса сушки. Температура сушки, указываемая обязательно для каждого класса стержней, контролируется любым имеющимся прибором.

Важным является контроль качества сушки. Качество сушки проверяется по количеству остаточной влаги, исследуемой на нескольких стержнях, взятых на выборку. Допустимый процент влаги устанавливают в каждом частном случае опытным путем. В мелких и средних стержнях крупносерийного производства он может достигать до 0,2 %. Обычный 100-процентный контроль сушки производят по чисто внешним признакам: цвету и звуку стержня. Хорошо высушенный стержень должен иметь темно-коричневую окраску разной интенсивности, в зависимости от рода и количества связующего, и при простукивании ногтем издавать чистый и ясный звук. Недосушенные стержни имеют бледно-желтый цвет и издают глухой звук. При испытании на

ощупь чувствуется влага или маслянистость, особенно заметные на торце или в изломе.

Контроль сборки и отделки стержней является очень важной операцией. Контроль сборки выражается в обязательном прохождении через приспособления для зачистки или контрольные скобы каждого элемента стержня, поступающего в сборку (половинки, вставные части), а также окончательно собранного стержня.

Отделка состоит из заделки поломок, замазки швов, зачистки заусенцев, натирки или окраски стержней и окончательной подсушки.

Все эти операции выполняют строго по технологической карте.

Заделка должна обеспечивать требуемый контур стержня; во избежание местного вскипа отливки место заделки необходимо подвергать повторной сушке.

Замазка швов должна быть настолько тщательной, чтобы не допустить прорыва в них металла. Все заусенцы зачищают во избежание оставления на отливках швов, действующих как надрез и ослабляющих отливку.

Натирку стержня или его окраску надо наносить равномерным и тонким слоем без наплывов и пропусков, после чего стержень должен быть снова подсушен.

Контроль заливки формы производится по определению температуры заливаемого металла и технике заливки. В технику заливки входит: высота заливки, постоянство струи, заполнение литниковой системы и очистка шлака.

Температуру заливки металла проверяют непосредственно над опокой, независимо от проверки ее на желобе печи.

Контроль выбивки выражается в соблюдении технических условий по каждой группе отливок.

При выполнении контроля технологического процесса и качества литья необходимо пользоваться стандартами, перечень которых прилагается в приложении.

#### Контрольные вопросы.

1. Для чего необходимо контролировать исходные формовочные материалы?
2. Перечислите показатели оценки качества форм?
3. Для чего необходимо контролировать такие свойства формовочной смеси как формуемость, текучесть?
4. Как контролируется качество сборки форм?
5. Перечислите операции контроля прочности стержней?
6. Какие характеристики кварцевого песка проверяются при входном контроле?
7. Какие виды дефектов образуются при использовании мелкозернисто-

- го кварцевого песка?
8. Как влияет на качество поверхности отливки использование песков с высоким содержанием глины?
  9. Как контролируют простановку стержней в форме?
  10. Что относят к формовочному инструменту?

### **ЛЕКЦИЯ 13.**

#### **ТЕМА: ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ**

##### План лекции

1. Развитие художественного литья.
2. Литье колоколов.
3. Статуарное литье.
4. Уральское искусство литья.
5. Способы художественного литья.

Художественное литье как самостоятельная область литейного производства начинается развиваться в России с конца XVII в. Петр I, помимо инженеров, техников, специалистов военного дела, приглашал в России на службу также и представителей науки и искусства в лице художников, скульпторов, литейщиков и т.д. Нередко имели место случаи, когда скульпторы были одновременно литейщиками, чеканщиками, механиками и т.д. [8].

Еще в первую свою поездку за границу (1697 г.) Петр I принял на службу пушечного мастера Филиппа Шпекле, который помимо отливки пушек и других артиллерийских припасов «лепил орнаменты» и отлил в 1714 г. по царскому указу статую Самсона, раздирающего льва. Статуя эта была изготовления для петергофского фонтана по модели одного из приглашенных на русскую службу голландских скульпторов (Кнака или Дефрiza).

Прекрасным доказательством этого может служить договор, заключенный им с Лефортом при поступлении на русскую службу. По этому договору Растрелли «обязуется работать в службе ц. в. три года во всех художественных ремеслах, которые он сам имеет, т.е.: для планов и строений всяких созидаи, для садов, фонтанов и бросовых вод (или тех, которые прыскают); в кумироделии всяких фигур и украшений в мраморе, порфире и твердых камнях; для литья и выливания всяких фигур такой величины, как пожелают, в меди, свинце или железе; для литья и деланья многих изрядных вещей из стали; для составления всяких притворных мраморов разных цветов; в рези штемпелев для медалей и монет; для делания портретов из воску и в гипсе, которые подобны живым людям; для писания фигур и кумиров в мраморе и камне подобно живым людям; для делания декораций (или прикрас) и машин к театрам оперским и комедианским; обязуется он взять в свою службу тех людей

русского народу, которых е. ц. в. изволит ему дать ради научения и обучения в тех художествах и ремеслах, которые он сам знает» [8].

Наиболее ярким примером таланта К.Б. Растрелли могут служить отличные им, или по его моделям, следующие произведения искусства.

1. Бронзовый бюст Петр I (рис. 57), год исполнения – 1723. Эта работа замечательна как по портретному сходству, так и по исключительно тщательной отделке деталей.

2. Конная статуя Петр I (рис. 58) была вылеплена в уменьшенной модели самим Растрелли в 1720 г. и отлита после его смерти итальянским литейщиком Мартелли. При всей своей сухости статуя производит сильное впечатление более жизненным, нежели в монументуре Фальконе, портретным сходством.

3. Нептун – небольшая бронзовая статуэтка, эскиз для большой фонтанной группы в Петергофе; в отливке этой статуэтки Растрелли помогал литейщик Баши (Bache).

4. В 1732-1741 гг. Растрелли создал свое наиболее удачное произведение – статую императрицы Анны с арапченком.



Рис. 57. Бронзовый бюст Петра



Рис. 58. Памятник Петру I у Инженерского замка в Санкт-Петербурге

Большое внимание на развитие русской скульптуры, в частности, на сам процесс изготовления художественного литья оказал скульптор Э.М. Фальконе, работающий в течение двенадцати лет (1766-1778 гг.) над моделью и отливкой статуи Петра I (Медный всадник). Около года потратил Фальконе на изготовление формы, установку литников, постройку печей, сушку формы и другие вспомогательные работы и 24 августа 1775 года приступил к отливке статуи.

Трудно найти человека, который впервые увидев «Медного всадника», не испытал бы трепетного чувства восхищения гениальным творением. Но

это чувство во сто крат усиливается, когда узнаешь о муках, выпавших на долю скульптора во время создания статуи. Надо было быть истинным художником, беззаветно преданным своему делу, чтобы работать над своим детищем в условиях мелких придирок, помех и нарочитых унижений в течение 12 лет.

Большие трудности возникли с изготовлением литейной формы статуи. Мастера, обладавшего опытом такой тонкой и грандиозной работы, в России не нашли, иностранцы требовали несусветные суммы.

Скульптор решается сам взяться за труд литейщика, используя помощь русских мастеров. Получив разрешение, он начал эту работу в августе 1774 г. и только в августе 1775 г. закончил устройство литников, формовку и подготовку формы к заливке. Заливка формы «Медного всадника» было произведена 24 августа 1775 г. На нее израсходовано 1351 пуд бронзы и 250 пуд железа.

Эта грандиозная работа, выполнявшаяся чуть ли не 10 лет, дважды едва не завершилась полным провалом. Первый раз это случилось во время вытапливания воска. Подмастерье Поммель, дежуривший у формы, уснул. Воск загорелся и, если бы не беспокойный скульптор, проверявший ночью ход работы, форма была бы разрушена. Вторая авария случилась во время заливки. Прорвавшийся из формы металл вызвал большой пожар. Все, кто был у формы, бросили работу и в страхе разбежались. На месте остался лишь русский литейщик Кайлов, который «не теряя ни мало бодрости своей при представляющейся ему опасности жизни» залил форму. Растроганный Фальконе расцеловал его, наградил деньгами и специально доложил императрице о его подвиге. Фальконе говорил: «Его храбрости мы обязаны удачей отливки».

30-футовая (более 9 м) тонкостенная отливка удалась литейщикам. В статуе, имеющей толщину 7,5 мм, не было раковин и недоливов. Лишь в головах всадника и лошади образовались недоливы и намывы – результат пожара во время вытапливания воска. В копенгагенской статуе различного рада «дыр» насчитывалось сотни две. Как это ни прискорбно, но «Медный всадник» родился «всадником без головы» да еще и на безголовом коне. Огорчений, разочарований и кривотолков было немало. Однако тот, кто больше всего должен был огорчаться и печалиться, кто отдал своему творению почти 10 лет неустанного труда и мук созидания, меньше всех огорчился дефектами отливки. Фальконе был доволен результатами литья, считал, что «еще не было лучшей отливки». И это действительно так! Дефект для такой огромной отливки в самом деле невелик. Достаточно сказать, что даже толщина тела, бедер и задних ног коня вокруг стального стержня внутри них не превышала 7,5 мм. Заполнить такую форму без недоливов – явный успех литейщиков!

Фальконе разработал план исправления статуи, нашел нужных специалистов. Меры были простые, но дерзкие: решено было долить статую, сделать на ней новую часть формы. Два с лишнем года статуя с зияющими ранам напоминала о «провале» творчества скульптора. Но форма была сделана и ста-

туя удачно долита, так удачно, что ни одному даже взыскательному зрителю не догадаться о следах литья ее с двух заходов. В ноябре 1777 г. работа над статуей была завершена.

*Литье колоколов.* Техника литья колоколов развивалась тысячелетиями, постоянно совершенствовалась и улучшалась. Но всегда оставалась (да и остается даже для современного уровня литейного производства) чрезвычайно сложной. Требующей не только большого мастерства литейщиков, но и подлинного искусства.

По сравнению с литьем, например, статуи техника литья колоколов внесла в металлургию важный элемент строжайшего соблюдения химического состава сплава (преимущественно 80 % меди и 20 % олова), поскольку. Кроме литейных и прочностных свойств, необходимо было учитывать «звучность».

Обычно крупные колокола формовали в ямах недалеко от печей, чтобы металл из них можно было заливать непосредственно в форму самотеком. Первоначально в яме из обычного кирпича выкладывали цоколь диаметром больше диаметра колокола, в центре которого закапывали доску с отверстием, куда вставляли стойку (рис. 59, а). Вверху стойка центрировалась в железной перекладине, и к ней прикреплялся шаблон. По этому шаблону выкладывался из кирпича-сырца пустотелый болван с каналом, соединенным с каналами цоколя, образующими вместе своего рода топку для сжигания дров или угля при сушке болвана. По временному шаблону выкладывали примерно половину высоты болвана, а далее шаблонную систему заменяли постоянной, металлической: вмуровывали металлический крест (рис. 59, б), в его отверстие вставляли пятку металлического шпинделя, вокруг которого вращались шаблоны, выполнявшие внешние контуры болвана. Болван затем высушивали с помощью костра, горевшего в его канале.

Последние слои обмазки болвана делали из песка и глины, разведенной на квасном сусле. Высушенный болван окрашивали смесью, состоящей из молотой золы, разведенной в мыльной воде или пиве, а затем смазывали салом.

На готовый болван также с помощью шаблона (рис. 59, в) наносили глиняную рубашку – место будущего тела колокола. Рубашку подсушивали и красили краской, приготовленной из мыла, сала и воска. На окрашенную поверхность наносили рельефные изображения (надписи, орнаменты, рисунки и пр.). Детали изображений изготавливали из смеси воска, канифоли, сурика и сажи в специальных формочках и наклеивали на окрашенную поверхность рубашки.

Приготовленный таким образом болван служил в дальнейшем как бы моделью, передающей наружные контуры колокола: по нему с помощью шаблона формовали кожух – верхнюю опоку с каркасами для прочности и другими приспособлениями (рис. 59, г). Готовый кожух обвязывали обручами, делали на нем устройства для подвеса. После подсушки кожух снимали,



удаляли глиняную рубашку, доделывали элементы формы (литниковую систему, полости для ушек колокола) и окончательно собирали ее.

Готовую под заливку колокола форму (рис. 59, *д*) заливали бронзой, расплавленной в расположенной рядом печи. После затвердевания металла форму разрушали, извлекали отливку, очищали ее и отделявали – чеканили, шлифовали. Несмотря на тщательную и длительную подготовку, нередко в формах, изготовленных даже видными мастерами, во время заливки происходили разрушения (обвалы, поднятия части формы и т.п.) и огромный труд и денежные затраты гибли. Приобретение опыта литья таких уникальных изделий обходилось дорогой ценой.

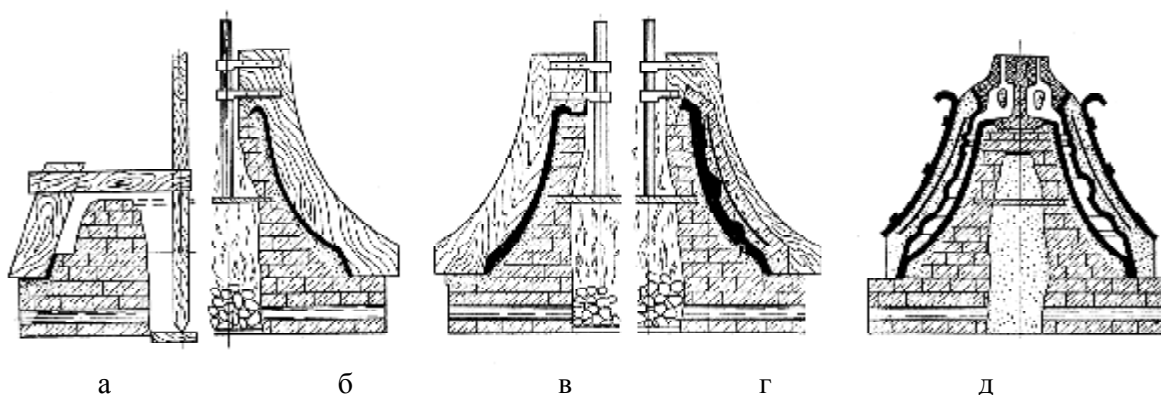


Рис. 59. Схема изготовления формы колокола:

*а* – изготовление основы болвана; *б* – заточка болвана; *в* – заточка рубашки; *г* – формовка кожуха; *д* – готовая форма

Нехватка бронзы иногда приводила к тому, что уже готовые колокола приходилось переплавлять на пушки (в частности, Петр I таким образом покрывал недостачу материала при оснащении армии артиллерией). В основном по этой причине появились чугунные колокола. Первый чугунный колокол на Руси был отлит при Иване Грозном. В Женеве колокол из чугуна появился в 1610 г. И позже часто вместо бронзы литейщики применяли для колоколов серый чугун, который зазвучал особым, приятным звуком.

Нигде колокола не достигли такого совершенства и разнообразия как в России. Русские колокола – самые лучшие в мире не только по своей форме и искусству исполнения, но и по интересным решениям: их части соразмеримы так, чтобы давать три тона: первый – в месте удара, на середине колокола – полутон верхнего, а вверху – на целую октаву ниже.

Первые колокола на Руси появляются в X в. В XII в. русские мастера самостоятельно изготавливают колокола, и к началу XIV в. техника литья и мастерство русских литейщиков достигли большого совершенства. При Иване Грозном осваивается литье чугунных колоколов. К XVI в. в Москве насчитывалось не меньше 5000 колоколов, причем иностранцы отмечали, что такой красоты колокола не отливали нигде в мире.

Русские колокольных дел мастера своими произведениями прославили родину далеко за ее пределами. Достаточно сказать, что «вифлеемские колокола» Иерусалима, которые слушает в рождество весь христианский мир, отлиты в 1874 г. московскими мастерами.

Иван Моторин, создавший шедевр колокольного литья, принадлежал к одной из знаменитых династий литейщиков, где опыт литья колоколов, пушек и других уникальных изделий передавался из поколения в поколение и где нередко еще безусые юнцы становились выдающимися и всеми почитаемыми мастерами. Род Моториных славен многими колокольных дел умельцами. Так, Дмитрий Моторин создал прорезной колокол, с удивительно красивой отделкой – затейливые прорезы переплетаются с выпуклым изящным орнаментом, напоминая старинную вышивку «ришелье», а вместо ушка укреплен стилизованная голова льва, что довольно редко применялось в русских колоколах.

Царь-колокол оказался лебединой песней Ивана Моторина, но не единственным его произведением. Известен его набатный колокол (1714 г.), хранящийся сейчас в Москве и главный колокол звонницы Печерской лавры в Киеве, созданный в 1722 г. и весящий 700 пудов. Конечно, они далеки по весу от царь-колокола, но тщательностью отделки, прекрасной орнаментовкой и длительной службой и они подтвердили незаурядное мастерство своего создателя.

Старинные образцы и памятники литейного производства, сохранившиеся до нашего времени, говорят о том, что древний литейный мастер знал ремесло, изученное им в результате долгого ученичества, во всем его объеме, умел делать все, что можно было сделать при помощи его инструментов. Чем древнее изучаемая эпоха, тем в большей степени сказывается универсализм ремесленного труда. Отсутствие удобных путей сообщения и сколько-нибудь удовлетворительных транспортных и подъемных средств обуславливало бродячий образ жизни первых русских литейщиков, а это, в свою очередь, предопределяло «универсализм» их мастерства. Мастер должен был знать весь комплекс литейных работ, начиная от приискания и приготовления на месте формовочных материалов, составления шихты и кончая постройкой печей, изготовлением огнеупоров, плавкой, формовкой и заливкой металла и пр.

Сейчас нецелесообразно тратить десятки лет на подготовку дорогостоящих специалистов-ремесленников. Современное состояние техники формовки позволяет наметить новые пути разрешения данной проблемы. При изготовлении гипсовой формы, равно как и при кусковой формовке, наиболее ответственная часть работы специалиста-мастера состоит в том, чтобы наиболее целесообразно наметить форму и расположение отдельных кусков. Изготовление последних следует производить в соответствующих стержневых ящиках механизированным путем, хотя бы посредством наддувки.

Применением разборных стержневых ящиков можно свести число отдельных кусков при формовке к минимуму и, тем самым, резко сократить

срок и стоимость работ по изготовлению статуй.

Прецизионный метод литья полностью повторяет отдельные операции технологического процесса «итальянского» способа. Главное отличие нового способа заключается в том, что вместо дорогостоящей и требующей затраты большого количества времени операции по нанесению на восковую модель отдельных слоев мастики при изготовлении формы производится заливка восковой модели жидким формовочным составом с применением особого связующего; вследствие этого для затвердевания формы требуется не более 3-4 ч. Другими словами, для изготовления формы применяется способ, аналогичный тому, какой старинные литейщики применяли для изготовления стержней (заливка «калидра»). Чтобы обеспечить четкое воспроизведение контура модели, формовочную смесь уплотняют посредством вибрации, а для того чтобы обеспечить получение чистой, без пригара отливки, поверхность восковой модели обрызгивают специальным раствором для образования прочной огнеупорной пленки ( $\text{SiO}_2$ ).

Таким образом, получение точных, не требующих дальнейшей механической обработки отливок, правда, не очень сложных по своей конфигурации, требует сравнительно небольшого отрезка времени.

Вполне возможно применить этот «ускоренный» метод и для отливки статуарного литья, причем, конечно, придется предварительно разрешить ряд технологических проблем: рациональный метод уплотнения формовочной смеси для весьма сложных по конфигурации восковых моделей; вопрос нанесения достаточно прочного противопопригарного покрытия на восковую модель и т.п.

*Искусство каслинских мастеров.* «Каслинский чугуноплавильный и железодельный завод» построен в Екатеринбургском уезде при озере Касли от Екатеринбурга в 130 верстах в XVII веке. Три слагаемых составляли секрет успеха, который сопровождал художественные изделия Каслинского завода: высокое качество чугуна, выплаваемого на древесном угле, особые достоинства каслинских формовочных песков и мастерство художников и рабочих-литпещиков.

Пути развития каслинского художественного литья отражают различные этапы в истории русской скульптуры. Можно проследить как в изделиях мастеров находят свое выражение стиль высокого классицизма (Э. Фальконе, Ф. Толстой и др.), становление камерной скульптуры, связанной с движением «передвижников» (Ф. Каменский) или стиля «модерн» (Е. Баумгартен и др.).

Кто же они – те талантливые люди, изделия которых на многие десятилетия принесли славу затерянным в Уральских горах Каслем?

Сегодня, взглядываясь в застывшие в металле прямоугольники с именами, мы словно встречаемся с ними заново через многие годы.

На рис. 60-65 приведены фототворений каслинских мастеров.

*Получение художественных отливок в песчано-глинистых формах.* Наиболее распространенные технологии литья художественных отливок – это

литье по постоянным моделям в песчано-глинистые формы и литье по выплавляемым моделям.



Рис. 60. Фото: мебель



Рис. 61. Фото: кабинетная скульптура



Рис. 62. Фото: кабинетная скульптура



Рис. 63. Фото: кабинетная скульптура



Рис. 64. Фото: кабинетная скульптура

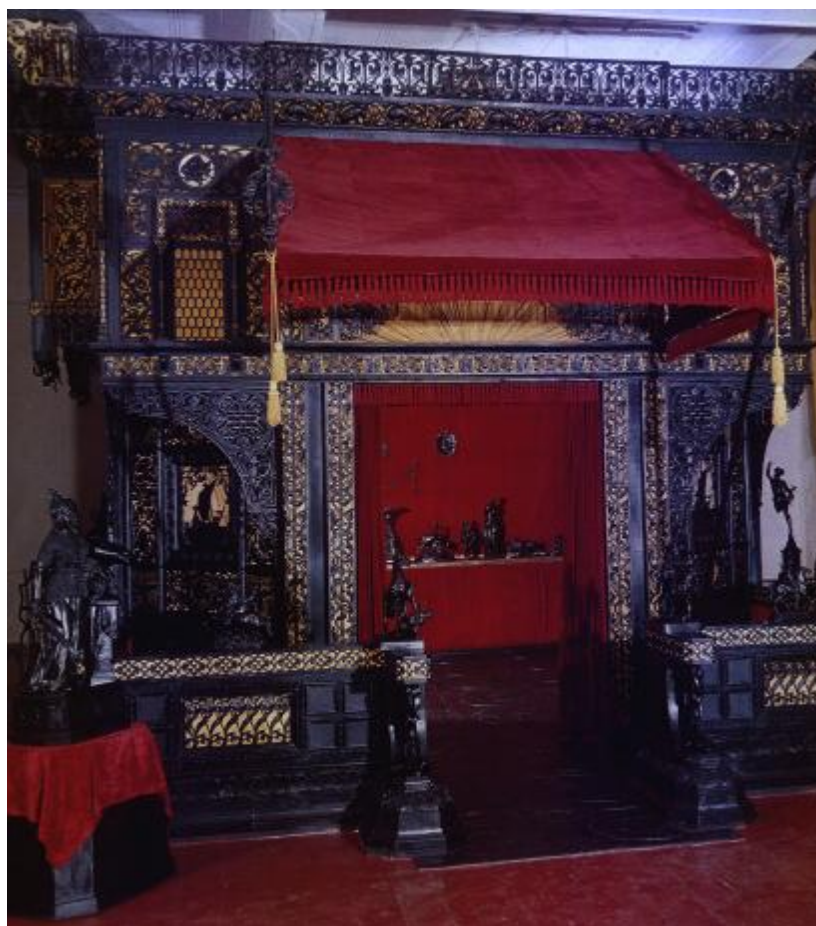


Рис. 65. Фото: Каслинский чугунный павильон

В зависимости от требований, предъявляемых к отливкам (толщина стенки, чистота поверхности, габаритные размеры и др.) выбирают ту или другую технологию.

Технология литья художественных отливок по постоянным моделям имеет много общего с технологией литья технических отливок в песчано-глинистые формы. Однако художественное литье имеет свои особенности и специальные приемы.

*Смеси для формовки художественных отливок для формовки по-сырому и по-сухому.* Формовочные смеси, применяемые для получения художественного и архитектурного литья, подразделяются так же, как и смеси для производства технических отливок на: облицовочные, наполнительные и единые. При изготовлении крупных отливок используют облицовочные и наполнительные формовочные смеси, при получении мелких и средних отливок – единые формовочные смеси. Единые и облицовочные формовочные смеси должны иметь хорошую пластичность, газопроницаемость, прочность и другие высокие технологические свойства. В производстве применяют как искусственные, так и природные смеси, улучшая их свойства различными добавками. Наиболее распространенные составы смесей для получения художественных отливок из чугуна приведены в табл. 30.

Состав смесей различен и зависит от массивности отливок, толщины их стенки и других факторов.

Формовочные смеси по-сырому применяют для тонкостенных и ажурных отливок (барельефы, ажурные тарелки, вазы и т.д.). Такие смеси должны состоять из мелкозернистых песков с пониженным содержанием глины и низким содержанием воды, чтобы иметь хорошую пластичность, прочность и газопроницаемость.

Формовочные смеси по-сухому используют в основном при получении крупных отливок и при кусковой формовке. Повысить прочность и пластичность такой смеси удастся в результате увеличения содержания глины и воды, что значительно снижает газопроницаемость смеси (до 20-25 %). Улучшают газопроницаемость и повышают прочность форм, просушивая их, при этом удаляется лишняя влага. Из таких смесей изготавливают формы статуй, бюстов и сложных пустотелых отливок.

Качество художественных отливок зависит не только от компонентов формовочной смеси, но и от способов приготовления этих смесей. Смеси могут быть приготовлены из естественных (природных) смесей с добавками искусственно введенных компонентов.

Приготовление формовочной смеси включает следующие операции: составление смеси (подбор процентного соотношения составляющих смеси); перемешивание компонентов в сухом виде; увлажнение и перемешивание; вылеживание; рыхление.

Таблица 30

## Составы смесей, используемых для получения художественных отливок

| Сплав | Отливки   | Особые требования к отливкам                        | Состояние формы перед заливкой | Смесь, марка песка                      | Состав смеси, % |                              |                 | Предел прочности при сжатии, МПа | Газопроницаемость, ед. | Влажность, % |
|-------|---|---|--------------------------------|---|-----------------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------|--------------|
|       |   |   |                                |   | глина           | свежие формовочные материалы | оборотная смесь |                                  |                        |              |
| Чугун | Тонкостенные, ажурные (шкапулки, вазы, тарелки)       | Повышенная чистота поверхности                      | Сырая                          | Единая, П0063                           | 12-20           | 10-12                        | Остальное       | 0,030-0,035                      | 80-90                  | 3-4          |
| Чугун | Кабинетные (настольные бюсты, статуэтки)              | Чистота и мягкость поверхности, подвергаются отжигу | Сухая                          | Облицовочная, Ж005                      | 25-30           | 60-70                        | 30-40           | 0,085-0,900                      | 19-21                  | 9-10         |
|       |   |   |                                | Наполнительная, Ж0063                   | 10              | -                            | 100             | 0,055-0,060                      | 20-25                  | 5-6          |
| Чугун | Статуарные (статуи, памятники)                        | Чистота поверхности                                 | Сухая                          | Облицовочная, Ж0063                     | 30              | 70                           | 30              | 0,080-0,900                      | 20-25                  | 5-6          |
|       |   |   |                                | Наполнительная, Ж0063, 2К016            | 2,4             | 12,5                         | 87,5            | 0,065-0,070                      | 25-30                  | 6-7          |
| Чугун | Архитектурные (решетки, колонны, балясины, барельефы) | Чистота поверхности                                 | Сырая                          | Облицовочная, Ж0063, 3К016              | 12-15           | 30, 18, 10, 2                | 70              | 0,020-0,025                      | 30-50                  | 4-6          |
|       |   |   |                                | Наполнительная, П006Б, 2К0315Б бентонит | 10-12           | 15, 2, 5, 8                  | 85              | 0,020-0,030                      | 65-70                  | 4-5          |



Для кусковой формовки применяют смеси по-сухому, отличительной особенностью которых является повышенное содержание глины (25-30 %). Эта смесь трудно поддается перемешиванию после увлажнения, поэтому хорошо смешанные в сухом виде составляющие этой формовочной смеси засыпают слоем толщиной 4-6 см в специальный (запарный) ящик. Поверхность слоя увлажняют равномерно из пульверизатора. На увлажненный слой насыпают следующий, увлажняют его, повторяя эти операции до заполнения всего ящика. После вылеживания в течение 6-8 часов влага равномерно распределяется по всему объему смеси в ящике, т.е. смесь «пропаривается».

Верхний слой смеси закрывают влажной тряпкой, чтобы исключить испарение влаги с поверхности. Перед использованием смесь разрыхляют, обычно просеиванием.

Влажность формовочной смеси по-сухому составляет 6-7 % и может быть увеличена до 20 % при длительной работе с ней, когда идет изготовление очень крупной формы.

При многократном использовании смеси в ней появляются пылевидные составляющие, ухудшающие ее свойства. Для восстановления утраченных свойств в смесь добавляют 5-35 % свежих формовочных материалов.

*Способы формовки.* Примером формовки художественных отливок может служить формовка с фальшивой опокой.

*Формовка с фальшивой опокой* или с применением специальных модельных плит выполняется, когда надо получить несколько одинаковых отливок по имеющемуся готовому изделию (оригиналу). Этот оригинал не должен иметь поднутрений. Для получения одной отливки пользуются способом формовки с подрезкой. Если надо получить 2-3 отливки, то удобнее работать с фальшивой опокой.

Термин «фальшивая опока» используют потому, что эта опока не заливается металлом (не участвует непосредственно в процессе заливки). Фальшивая опока является специальной модельной плитой для каждой конкретной отливки, она изготовлена из формовочной смеси.

Изготавливают фальшивую опоку в зависимости от высоты и массивности моделей разными способами. Если модель низкая, то ее устанавливают на плоскую подмодельную плиту в удобное положение вместе с опокой. Засыпают формовочную смесь, уплотняют, срезают излишки смеси, переворачивают опоку. Подрезают смесь до линии разъема как при формовке с подрезкой, чтобы можно было извлечь модель. Поверхность разъема тщательно заглаживают. Для увеличения прочности фальшивой опоки ее часто подсушивают.

Высокую модель удобнее вначале вдавить на половину высоты в рыхлую неуплотненную смесь в опоке. Затем подрезать и загладить поверхность разъема и по этой промежуточной опоке – модельной плите сделать собственно фальшивую опоку.

Если в качестве модели используют ажурное и хрупкое изделие, то его

устанавливают на плоскую подмодельную плиту, устанавливают опоку, засыпают смесью и очень аккуратно, не прилагая усилий, уплотняют. Затем опоку вместе с подмодельной плитой переворачивают, снимают плиту, заглаживают плоскость разъема, припыливают разделительным порошком, устанавливают вторую опоку. Ее засыпают жирной смесью, так как она впоследствии будет представлять собой фальшивую опоку и уплотняют. Затем обе опоки переворачивают и снимают верхнюю. Нижнюю используют как фальшивую.

*Формовка ажурных отливок.* Из всего множества разновидностей художественных отливок большую группу составляют литые ажурные изделия, отличающиеся мелким и сложным рельефом поверхности с большим числом просветов, незначительной толщиной стенки и большой площадью поверхности. Среди таких отливок различают изделия с односторонним и двусторонним ажуром. Изделия с односторонним ажуром имеют рельеф рисунка с формовочным уклоном только на лицевой стороне. Изделия, имеющие рельефный рисунок с уклоном в обе стороны, называют изделиями с двусторонним ажуром (рис. 6б).

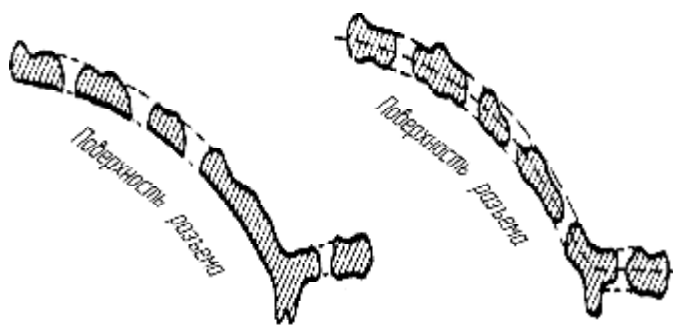


Рис. 6б. Разрез стенки модели ажурной тарелки:  
*a* – с односторонним ажуром; *б* – с двусторонним ажуром

При формовке изделий с односторонним ажуром будут появляться болванчики в одной полуформе. При формовке изделий с двусторонним ажуром болванчики появятся в обеих полуформах, так как линия разъема проходит посередине толщины изделия. Процесс изготовления литейной формы в обоих случаях начинают с приготовления фальшивой опоки или специальной модельной плиты.

Особенностью изготовления фальшивой опоки является так называемая операция «перебивка», заключающаяся в следующем.

Модель укладывают на подмодельную плиту с опокой, засыпают формовочной смесью, уплотняют и переворачивают, снимают плиту и извлекают модель. Заглаживают плоскость разъема, припыливают и вновь устанавливают в опоку модель в прежнем положении. Затем модель осаживают легкими ударами деревянного молотка, чтобы образующиеся в просветах модели болванчики поднялись до половины высоты модели. Поднятые болванчики за-

глаживают до поверхности разъема. Эта операция даст возможность уплотнить болванчики с двух сторон, что значительно их упрочняет. Далее все операции по изготовлению фальшивой опоки повторяются, как описано выше. При формовке с двойным ажуром операция «перебивка» может быть выполнена как на нижней, так и на верхней опоке.

Для придания большей прочности болванчики смачивают водой с помощью кисточки через просветы в модели. Такие приемы позволяют избежать обрыва болванчиков при извлечении модели.

Основные операции при изготовлении формы для ажурных отливок следующие (рис. 67).

Изготавливают фальшивую опоку (рис. 67, а).

Устанавливают фальшивую опоку с моделью, припыливают и изготавливают нижнюю опоку с перебивкой (рис. 67, б).

Перевертывают форму, снимают фальшивую опоку (рис. 67, в), устанавливают элементы литниковой системы и изготавливают верхнюю опоку – выполняют перебивку при двухстороннем ажуре (рис. 67, г).

Извлекают модель, собирают форму (рис. 67, д, е). При использовании формовочной смеси с большим содержанием глины накальвают полуформы душником для удаления газов.

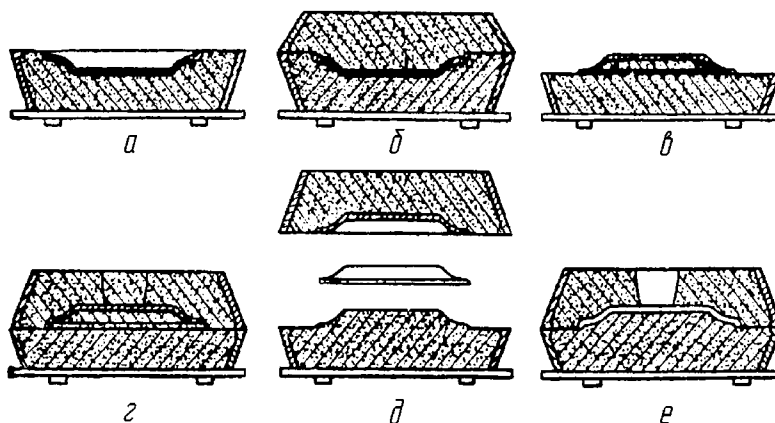


Рис. 67. Формовка по модели с односторонним ажуром

Перед заливкой каждую полуформу красят из пульверизатора и подсушивают.

Формовка с фальшивой опокой, с подрезкой – это способы изготовления форм для моделей, конфигурация которых позволяет извлекать их из формы, не повредив стенок последней. Такие модели имеют, как правило, гладкую поверхность и достаточные формовочные уклоны.

Многие модели художественных отливок не подходят по своей конфигурации для этих способов формовки.

Примером таких моделей могут быть барельефы, на лицевой поверхности которых имеются поднутрения, препятствующие съему с модели верхней

части формы. Для таких отливок применяют способ кусковой формовки.

*Кусковой формовкой* называется способ изготовления литейной формы, состоящей обычно из двух полуформ и нескольких отдельных кусков формы, находящихся между этими полуформами. Такая составная форма называется кусковой формой. По существу, кусковая формовка подобна изготовлению кусковой гипсовой формы для получения выплавляемых моделей, но при кусковой формовке используют вместо гипса жирную формовочную смесь с 25-30 % глины.

К кусковой формовке прибегают в тех случаях, когда модель имеет поднутрения и поэтому литейная форма не может быть изготовлена только из двух половин.

Сущность способа кусковой формовки разберем на простейшем примере. Барельеф (рис. 68, а) на лицевой поверхности имеет поднутрения 1, 2, 3, препятствующие съему с модели верхней части формы. Для того чтобы снять форму, не повреждая ее стенок, надо убрать поднутрения, как бы сгладить поверхность модели. Такое сглаживание-выравнивание поверхности модели выполняют в процессе изготовления литейной формы путем набивки на поднутрениях модели отдельных частей формы – кусков из формовочной смеси так, чтобы каждый из них мог сниматься с модели без повреждения на нем отпечатка поверхности модели. Если куски прилегают друг к другу, их разделяют в форме слоем древесноугольного порошка или ликоподия. Наружную поверхность кусков 1, 2, 3 (рис. 68, б) подрезают в виде болванов с пологими стенками, чтобы с них удобнее было снять полуформу (рис. 68, в). Кроме того, на поверхности кусков для фиксации положения их в форме вырезают знаки в виде продолговатых углублений. По модели с заформованными кусками, припылив поверхность разъема, модели и кусков, изготавливают нижнюю полуформу Б (рис. 68, в). Заформованную опоку вместе с фальшивой перевертывают, фальшивую снимают, а на оставшейся нижней полуформе заформовывают верхнюю полуформу А с литниковым каналом К и выпором Л (рис. 68, г). Перевернув обе полуформы вместе, нижнюю снимают так, чтобы модель с прилегающими к ее поверхности кусками осталась на верхней полуформе А (рис. 68, г), расположенной в данном случае внизу.

Куски снимают с модели плоской иглой в таком направлении, чтобы не повредить на них отпечаток поверхности модели. Снятые с модели куски отделяют и по имеющемуся на них знаку укладывают на соответствующее место в снятой нижней полуформе. Чтобы куски не выпадали и не смещались, при дальнейших операциях с формой их укрепляют шпильками или приклеивают (рис. 68, д). Таким образом, в нижней полуформе получают полный профиль поверхности модели, составленный из отдельных кусков формы. Части формы с прикрепленными кусками, как правило, сушат, так как куски набивают из недостаточно газопроницаемой, жирной формовочной смеси.

Приведенный пример является простейшим случаем кусковой формов-

ки. Форма в данном случае имеет сравнительно небольшое число кусков, расположенных на одной стороне модели или в одной опоке. Формы более сложных изделий могут иметь несколько десятков кусков, расположенных на всей поверхности модели.

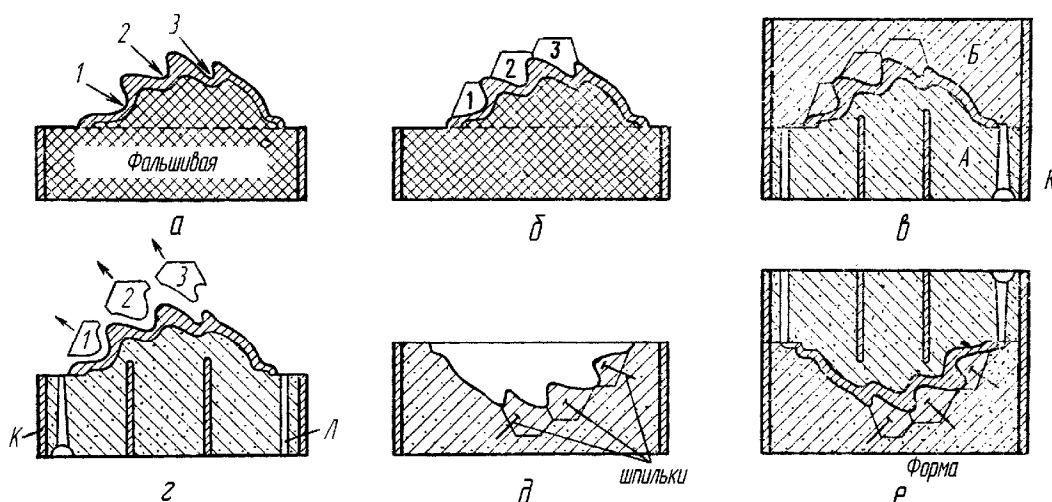


Рис. 68. Кусковая формовка барельефа

*Изготовление художественных отливок по выплавляемым моделям.* Художественные отливки получают также методом литья по выплавляемым моделям. Этот способ литья широко применяется в настоящее время для получения художественных отливок в связи с тем, что он позволяет получить сложные отливки с хорошей чистотой поверхности и минимальной толщиной стенки. Для получения небольших отливок высотой до 50-60 см применяется традиционная технология получения технических отливок. Ее отличительной особенностью является изготовление выплавляемых моделей и монтаж их на стояке.

Технология получения художественных отливок имеет ряд особенностей по сравнению с получением технических отливок.

Последовательность технологического процесса изготовления художественных отливок представлена ниже.

Изготовление выплавляемых моделей (их называют также легкоплавкими, или восковыми) осуществляется из парафиностеариновой массы в металлических, гипсовых, вискитовых и клеевых формах. В зависимости от толщины стенки модели и массивности отливки модельная масса может быть запрессована в форму под давлением с помощью шприца в кашеобразном состоянии или залита свободной заливкой с дальнейшим «обкатыванием» (поворачиванием залитой формы в разных направлениях) и выплеском незастигнувшей массы с целью получения полый модели.

В случае если выплавляемые модели изготавливают в гипсовой форме, то ее предварительно вымачивают в воде в течение 30-40 мин. для того, чтобы модельная масса не прилипла к гипсу. При изготовлении модели в виск-

синтовой форме гипсовый кожух тоже вымачивается. После выдержки гипсовой формы в воде она разбирается, тщательно протирается от капель воды и собирается.

Расплавленная модельная масса должна иметь температуру 50-60 °С. Она не должна кипеть и иметь спокойную поверхность, без пузырей. При касании поверхности массы пальцем она не должна его обжигать. В форму модельная масса заливается плавно, без разбрызгивания. После заливки форма выдерживается до тех пор, пока не нарастет твердый слой толщиной 3-5 мм. Оставшуюся в форме жидкую модельную массу сливают. Чем тоньше стенка отливки, тем чище ее поверхность, меньше масса и ниже вероятность искажения в результате усадки.

Часто для получения равномерной толщины стенки модели по всей поверхности в форму наливают заранее вымеренную дозу модельной массы, закрывают резиновым листом заливочное отверстие и вращают форму в разных направлениях до тех пор, пока не прекратится бульканье модельной массы.

Для ускорения охлаждения форму с моделью через некоторое время (через 3-10 мин.), в зависимости от величины модели опускают в воду. Это облегчает извлечение модели при разборке формы. Толщину стенок модели можно проверить на просвет (тонкие места просвечивают). Для точного определения толщины стенок модели их прокалывают тонкой проволокой и измеряют толщину модельной массы.

Для получения тонких и плоских моделей толщиной 1-3 мм, типа накладок с тонким рисунком, модельную массу запрессовывают в форму. Форму при этом стягивают струбцинами. Модельную массу заливают в подогретый металлический шприц и под давлением через уплотнительную резинку подают в форму. Показателем качественной запрессовки служит выдавливание модельной массы из литника формы после удаления шприца.

При изготовлении крупных плоских моделей типа барельефа модельную массу наносят на части формы кисточкой для получения равномерного слоя. В процессе охлаждения модель коробится, и ее края отходят от плоскости формы. Чтобы исключить коробление модельную массу, помимо полости формы, наносят и на торцевую поверхность, что позволяет удержать края модели от коробления. После полного охлаждения модель подрезают по краям и снимают с формы.

Для того чтобы не было деформации тонких плоских моделей при монтаже на стояке, их армируют, не вынимая из формы, пластинками из модельной массы, которые припаивают паяльником торцами к модели по ее периметру. Например, при изготовлении бюстов обычно изготавливают модели груди (1-2 куска), спины (1-2 куска) и головы. Плоские модели груди и спины армируют по периферии куска, что в дальнейшем исключает коробление модели и отливки и облегчает сборку бюста. Полученные модели прорабатываются автором, с них удаляются заусенцы, образующиеся на линии разъема частей формы. Поверхность полируется с помощью скипидара или бензина.

После этого модели подготавливают для сборки на стояке.

При литье по выплавляемым моделям возможно использование керамических стержней при изготовлении моделей, но это очень трудоемкий процесс, поэтому он применяется лишь в тех случаях, когда необходимо исключить сварку или она невозможна.

Обычно в полых модели вырезают люк для заполнения ее полости обмазкой и песком, которые оформляют внутреннюю поверхность. Люк отливается вместе с моделью и заваривается после очистки внутренней поверхности отливки. Люки вырезаются на менее ответственных местах, обычно на спине, если это фигура. В случае изготовления крупных моделей фигура режется по поясу. Модели, имеющие полости, располагают полостью вверх, например, части фигуры, разрезанной пополам, припаивают к стояку вниз головой и вниз ногами.

Если полая модель в нижней части не имеет отверстия, то при окунании модельного блока в обмазку полость модели наполняется обмазкой и при извлечении модель может оторваться от стояка из-за большого веса. Во избежание этого в нижней части модели (например, в голове) сверлят отверстие диаметром 8-12 мм, что обеспечивает слив суспензии и высыпание песка при обсыпке. Если эти полости небольшие, то отверстие не делают, но модель прошивают медной или латунной проволокой в нескольких местах для удержания внутреннего консольного стержня. При припайке модели к стояку надо учитывать прочность крепления модели на стояке и возможность свободного удаления из формы модельного состава при выплавлении, что исключает возникновение «карманов». Необходимо, чтобы верхняя точка модели располагалась ниже воронки стояка на 15-20 мм, что обеспечивает напор металла при заливке.

Для изготовления стояков используют металлические формы, в которые заливают модельную массу, затем в литниковую чашу устанавливают ручку, сделанную из металлической трубки. Каналы литниковой системы получают свободной заливкой модельной массы в смазанный металлический поддон. В кашеобразном состоянии модельную массу нарезают на полоски нужной ширины. Перед использованием полосок в качестве литниковых каналов необходимо снять фаски, так как наличие острых углов каналов в литниковой системе приводит к появлению трещин в оболочке. При монтаже моделей удобно ручку стояка зажать в тиски, установленные на рабочем столе и электропаяльником с регулятором напряжения припаять литниковую систему модели к стояку. Далее методом последовательного нанесения огнеупорных слоев (кварцевый песок) формируют оболочку, после сушки модель выплавляют, оболочку прокалывают и заливают металлом.

*Получение художественных отливок в керамических литейных формах методом Шоу.* Для получения художественных отливок применяют метод Шоу (керамические формы). При этом методе литейную форму изготавливают из специальной жидкой формовочной смеси, которая в процессе отверде-

вания проходит резиноподобное состояние. В этот период из формы можно извлечь модель с небольшими поднутрениями, например, кисть руки человека. Методом Шоу получают литейные формы, составленные из 2-3 частей, а также целиковые литейные формы. В первом случае используют деревянные, металлические, гипсовые модели. Во втором случае используют выплавляемые модели.

Формовочная смесь представляет собой суспензию пылевидного кварца и кварцевого песка в гидролизованном растворе этилсиликата. Время отвердевания суспензии поддается регулированию путем добавления раствора щелочи. Отвердевание суспензии сопровождается испарением спирта или ацетона, присутствующих в гидролизованном растворе этилсиликата. На поверхности отвердевшей литейной формы образуется сетка микротрещин шириной 0,1-0,3 мм. Это характерная черта литейных форм, изготовленных методом Шоу.

Трещины делают форму нечувствительной к тепловым ударам. Перед заливкой форму прокаливают. При получении тонкостенных отливок заливку можно проводить в горячую форму. Форма почти не изменяет размеров при нагревах до высокой температуры, обладает очень хорошей огнеупорностью (до 1500 °С) и хорошими прочностными свойствами. Микротрещины, ввиду их малой ширины, расплавом не заполняются, поэтому поверхность отливок получается весьма чистой. По методу Шоу модель можно готовить без уклонов и даже с небольшими обратными уклонами. Обычно метод Шоу применяется для получения мелких и средних отливок весом до 20-30 кг. Особенностью этого метода является высокая точность и воспроизводимость отпечатка модели при низкой шероховатости ее поверхности ( $R_a$  10-20 мкм).

#### Контрольные вопросы.

1. Почему нельзя изготавливать литейные формы бюстов и статуэток обычным способом формовки?
2. В чем состоит сущность формовки в кусках?
3. Как правильно заложить модель в фальшивую опоку при формовке в кусках?
4. Почему при кусковой формовке применяют жирные формовочные смеси?
5. Почему кусковые формы перед заливкой сушат?
6. Какие недостатки имеет способ формовки в кусках?
7. В чем заключается сущность способа литья по выплавляемым моделям?
8. Какие исходные материалы применяют для изготовления моделей и оболочек?
9. Зачем изготавливают фальшивую опоку?
10. В чем особенности формовки ажурных отливок?



## ЛЕКЦИЯ 14.

### ТЕМА: КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ. ВЫБОР СМЕСЕЙ

План лекции

1. Структура смеси.
2. Назначение формовочных и стержневых смесей.
3. Требования к смесям.
4. Контроль качества смесей.

Известно, что одним из наиболее экономичных методов формообразования является получение заготовок посредством литья. При этом отходы металла в стружку в 1,5-2,0 раза меньше, чем при изготовлении деталей из поковок или проката. К тому же более 30 % общего выпуска отливок по массе используют в промышленности без механической обработки.

Вместе с тем в литейном производстве, в силу его технологических особенностей, брак продукции находится на наиболее высоком уровне по сравнению с другими видами металлообработки. Более 50 % всего брака отливок прямо или косвенно связано с качеством формовочных материалов и смесей.

Вопросами совершенствования процессов смесеприготовления и контроля свойств формовочных материалов и смесей постоянно занимаются научно-исследовательские и учебные институты, промышленные предприятия. Разработаны и внедряются новые формовочные смеси и технологические процессы, неуклонно растет автоматизация процессов.

Формовочная смесь представляет собой многокомпонентную систему, состоящую из огнеупорного зернистого наполнителя, связующего и добавок.

По признаку наличия связующего смеси можно отнести к песчано-глинистым, песчано-жидкостекольным и песчано-смоляным.

*Структура формовочной смеси.* Структура – это в общем случае взаимное расположение и характер связей между элементами, образующими целостную систему. Элементы формовочной смеси при более внимательном изучении сами оказываются системами, состоящими из более мелких частей, образующих иерархию элементов различных уровней. Связи между элементами структуры внутри уровня и между уровнями определяют функционированием формовочной смеси в виде целостной системы.

Элементы структурных уровней формовочной смеси различаются, прежде всего, своими размерами (табл. 31) [9]. Макроуровень (от  $10^0$  до  $10^{-3}$  м) – элементами являются слои стенки формы. Наблюдение структуры уровня можно производить невооруженным глазом. В общем случае стенка формы

состоит из следующих четырех слоев: опоки или кожуха, обеспечивающего прочность и возможность манипуляций с формой; наполнительной смеси, обеспечивающей жесткость формы как целого; облицовочной смеси, обеспечивающей сохранение размеров и конфигурации отливки в условиях высоких температур, возникающих при взаимодействии формы с жидким сплавом; покрытия, которое должно обладать высокой огнеупорностью, обеспечивающего высокое качество поверхности отливки.

Таблица 31

| Иерархия структур литейной формы |                            |                    |                  |                                |   |                           |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|--------------------------------|---|---------------------------|
| Размеры                          | $10^0; 10^{-1}; 10^{-2}$   |                    |                  | $10^{-3}; 10^{-4}; 10^{-5}$    |   | $10^{-6}; 10^{-7}$        |
| Уровень                          | Макро                      |                    |                  | Микро                          |   | Субмикро                  |
| Средства изучения                | Невооруженный глаз         |                    |                  | Оптический микроскоп           |   | Электронный микроскоп     |
| Элементы структуры               | Слой стенок литейной формы |                    |                  | Зерна основы формовочной смеси |   | Частицы связующих добавок |
| Структурные составляющие         | Стенки формы               |                    |                  | Формовочные смеси              |   |                           |
|                                  | Наполнительная смесь       | Облицовочная смесь | Покрытие         | Основа смеси песок             | Оболочки зерен, глина, пылевидный кварц |                           |
|                                  | Оболочковые формы          |                    |                  |                                | Смолы                                   |                           |
|                                  | Жидкостекольные            | Смоляные           | Облицовка кокиля | Молекулярные кристаллы         | Мицеллы                                 |                           |

Элементами микроуровня (от  $10^{-3}$  до  $10^{-5}$  м) являются зерна огнеупорной основы смеси. Микроструктуру изучают под оптическим микроскопом. Для уяснения микроструктуры смеси можно заменить ее моделью, состоящей из жестких сфер одинакового размера, скрепленных между собой точечными контактами через пленку связующей добавки. Расстояние между центрами любой пары соприкасающихся сфер равно их удвоенному радиусу. В неуплотненном состоянии сферы образуют рыхлую систему, в которой пористость составляет 70 % и более; в этом случае общая плотность при плотности кварцевых зерен  $2,6 \text{ г/см}^3$  будет около  $1 \text{ г/см}^3$ . Смежные сферы могут создавать многочисленные «арки».

В реальных формовочных смесях зерна основы не являются строго сферическими; не имеют строго одинаковых размеров; контакты между зернами не точечные, а образуют некоторые площадки; в пределах одного микрообъема различные ячейки имеют несколько разные размеры и углы ромбоэдра. Упаковка реальных формовочных смесей в ячейках носит статистический характер. В разрыхленных смесях имеется много ячеек, в которых не все соседние частицы соприкасаются между собой. Это значит, что ромбоэдр превращается в многоугольник и среднее значение его угла в этом случае больше  $90^\circ$ . Если размеры зерен смеси сильно различаются между собой, то плот-

ность упаковки оказывается больше, чем в системе из одинаковых зерен, а газопроницаемость меньше.

Субмикроруровень (от  $10^{-5}$  до  $10^{-7}$  м), элементами которого являются частицы глины, связующих добавок и молекулярные кристаллы. Т.е. детали пленок связующих добавок. Изучение структуры возможно только под электронным микроскопом. Элементы субмикроруровня определяют прочность связи между зернами основы смеси, в особенности для глин и других высыхающих, затвердевающих и химически твердеющих добавок.

К этому уровню относятся размеры частиц пылевидного кварца, составляющие зерновую основу огнеупорного покрытия, и молотого угля. В свою очередь, их связующие добавки должны иметь еще более тонкую структуру.

*Характеристика и области применения формовочных и стержневых смесей.*

*Неотверждаемые смеси для формовки по-сырому.* Смеси для формовки по-сырому используют для изготовления форм на автоматических линиях, встряхивающих формовочных машинах, пескометах, а также вручную. Формовочные смеси в зависимости от способа уплотнения по величине предела прочности на сжатие во влажном состоянии разделяют на три группы: уплотняемые прессованием (0,15-0,22 МПа), встряхиванием или вибрацией с последующим прессованием (0,10-0,14 МПа) и встряхиванием (0,05-0,08 МПа).

Единые смеси с наиболее высокой прочностью во влажном состоянии используют для получения литейных форм прессованием на автоматических линиях безопочной формовки. Высокая прочность безопочных форм необходима для сохранения их постоянных размеров при воздействии металлостатического давления во время заливки, а также транспортировки стопки форм.

Сочетание высоких прочностных свойств, требуемых газопроницаемости и ряда других технологических свойств смеси может быть обеспечено при использовании исходных материалов с определенными свойствами. Основу смеси составляют сухие кварцевые пески классов 1К, 2К или 3К групп 02 (по ГОСТ 2138-74) с концентрированной зерновой структурой с содержанием глинистой составляющей не более 2 %.

Для приготовления формовочных смесей, уплотняемых прессованием, используют бентонитовые молотые глины только прочносвязующей группы с низким и средним содержанием примесей. Предпочтительно использование активированных и природных натриевых бентонитовых глин, обладающих высокой связующей способностью во влажном состоянии и долговечностью. В качестве противопригарной добавки для чугунных отливок взамен пылевидного кварца желательно применять гранулированный каменный уголь или полистирол.

Для устранения хрупкости прессованных форм и поддержания влажности на требуемом уровне применяют крахмалосодержащие добавки. Поглощая большое количество воды, они предохраняет смесь от быстрого высыхания.

ния, снижают ужиминообразование и повышают формуемость. В качестве пластифицирующей добавки иногда применяют патоку, декстрин, злаковую муку.

Составы и свойства смесей для автоматических линий приведены в табл. 32, 33 [10].

*Смеси для формовки по-сухому.* Песчано-глинистые смеси для формовки по-сухому применяют преимущественно при получении ответственных и сложны крупных отливок. Высушенные формы должны обладать высокой прочностью.

Для отливок массой меньше 1000 кг используют кварцевые пески группы 02; для отливок массой свыше 1000 кг – пески групп 04 и 0315. При указанном способе формовки применяются каолиновые глины с высокими прочностью в высушенном состоянии и термохимической стойкостью. С целью поддержания высокой прочности форм после просушки вводят водные связующие (ЛСТ). Для улучшения податливости и газопроницаемости сухих смесей вводят демпфирующие добавки: распаренные в воде древесные опилки или торф. Для устранения пригара формы окрашивают противопопригарными красками.

Облицовочные смеси высшей огнеупорностью для производства преимущественно стальных отливок готовят, заменяя кварцевый песок огнеупорным наполнителем с особо высокими противопопригарными свойствами. Такая замена целесообразна только в том случае, если пригар неустраним более дешевыми средствами, например, с помощью противопопригарных покрытий. Смесей для формовки по-сухому представлены в табл. 34.

*Наполнительные смеси.* Несмотря на то, что наполнительная смесь не соприкасается с жидким металлом и не подвержена действию высоких температур, к ней предъявляются определенные требования. Газопроницаемость наполнительной смеси должна быть не меньше, чем у облицовочной. Это необходимо для беспрепятственной фильтрации газов. Предел прочности на сжатие во влажном состоянии, МПа, наполнительной смеси для машинной и ручной формовки должен соответствовать следующим нормам: чугуновых отливок по-сырому 0,025-0,035; то же по-сухому 0,035-0,045; стальные отливки по-сырому и по-сухому 0,030-0,040.

Использование в составе стержневых и облицовочных смесей кислых связующих и катализаторов может привести к потере прочности наполнительной смеси вследствие дезактивации глины. Это вынуждает контролировать рН наполнительной смеси и своевременно ее освежать.

*Стержневые смеси, отверждаемые тепловой сушкой.* Составы стержневых смесей выбирают по классу сложности стержней (табл. 35). Стержневые смеси, отверждаемые тепловой сушкой, распределяются на следующие группы: песчано-масляные; на неводных синтетических связующих; на водных связующих; песчано-глинистые и смеси для изготовления стержней в горячих ящиках.

Таблица 32

## Типовые песчано-бентонитовые смеси, применяемые для формовки по-сырому при изготовлении стальных отливок

| Смесь и способ формообразования   | Отливки           | Состав формовочных смесей, масс. доля, % |                 |                                   |  | Физико-механические и технологические свойства смесей |              |                            |                                   |                                  |
|---|-------------------|--|-----------------|-----------------------------------|--|---|--------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|   |                   | оборотная смесь                          | кварцевый песок | бентонит                          | добавки                                      | прочность на сжатие, МПа                              | влажность, % | общее содержание мелочи, % | содержание активного бентонита, % | газопроницаемость, ед., не менее |
| Единая для автоматических пескодувно-прессовых линий безопочной формовки типа Дисаматик | Мелкие            | 92-95                                    | 5-8             | 1,2-2,0                           | 0,05-0,1<br>крахмалистые                     | 0,17-0,21   | 3,1-3,5      | 11-13                      | 7,0-8,0                           | 100                              |
| Единая для автоматических линий формовки прессованием                                   | Мелкие<br>Средние | 82-92                                    | 6-12            | 3,0-6,0                           | 0,05-0,1<br>крахмалистые<br>0,01-0,03<br>ПАВ | 0,09-1,30   | 3,5-4,5      | 10-12                      | 5,5-7,0                           | 120                              |
| Единая для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой                              | Мелкие<br>Средние | 88-92                                    | 5-7             | 2,5-4,0<br>бентонитовая суспензия | 0,04-0,08<br>крахмалистые                    | 0,05-0,07   | 3,5-5,0      | 8-10                       | 4,5-5,5                           | 120                              |
| Облицовочная для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой                        | Мелкие            | 40-80                                    | 16-53           | 6-10                              | 0,01-0,03<br>ПАВ                             | 0,04-0,06   | 3,5-4,0      | 8-11                       | 4,5-5,5                           | 100                              |
|   | Средние           | 40-75                                    | 20-52           | 8-12                              | 0,5-1,2<br>ССБ                               | 0,04-0,07   | 4,0-5,0      | 10-13                      | 5,0-6,5                           | 120                              |
|   | Крупные           | 40-60                                    | 33-51           | 10-13                             | 1,0-1,5<br>ССБ                               | 0,05-0,07   | 4,5-5,5      | 12-14                      | 5,5-7,0                           | 130                              |

Таблица 33

## Типовые песчано-бентонитовые смеси, применяемые для формовки по-сырому при изготовлении чугунных отливок

| Смесь и способ формообразования   | Отливки         | Состав формовочных смесей, масс. доля, % |                 |                                       |                          |                        | Физико-механические и технологические свойства смесей |              |                             |                            |                                   |                            |
|---|-----------------|--|-----------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|---|--------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
|   |                 | оборотная смесь                          | кварцевый песок | бентонит                              | молотый уголь или замена | добавки                | прочность на сжатие, МПа                              | влажность, % | газопроницаемость, не менее | общее содержание мелочи, % | содержание активного бентонита, % | потери при прокаливании, % |
| Единая для автоматических пескоструйно-прессовых линий безопочной формовки типа Дисаматик | Мелкие          | 93-98                                    | 2,5-6,0         | 0,2-1,0                               | 0,1-1,2                  | 0,02-0,06 крахмалистые | 0,17-0,21   | 3,2-4,0      | 100                         | 11-13                      | 7,0-8,0                           | 3,5-5,0                    |
| Единая для автоматических линий формовки прессованием                                     | Мелкие          | 91-96                                    | 3,0-7,0         | 1,2-3,0 бентонитовоугольная суспензия |                          | 0,02-0,04 крахмалистые | 0,15-0,19   | 3,1-3,5      | 100                         | 9-12                       | 6,0-7,0                           | 3,0-4,0                    |
|   | Мелкие Средние  | 88-93                                    | 6,0-10          | 0,5-1,5                               | 0,5-1,0                  | 0,01-0,03 ПАВ          | 0,09-0,14   | 3,5-4,0      | 120                         | 9-12                       | 6,0-7,0                           | 3,5-4,5                    |
| Единая для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой                                | Мелкие Средние  | 93-94                                    | 5,0-6,0         | 0,5-1,0                               | 0,5-1,0 пек              | -                      | 0,05-0,07   | 3,5-4,5      | 100                         | 8-10                       | 4,0-5,5                           | 3,5-4,5                    |
|   | Средние         | 90-95                                    | 3,0-8,0         | 1,0-2,5                               | 1,0-1,5                  | 0-0,5 мазут            | 0,04-0,06   | 3,5-4,5      | 100                         | 9-11                       | 4,5-6,0                           | 4,0-4,5                    |
| Облицовочная для машинной формовки встряхиванием с подпрессовкой                          | Средние Крупные | 40-75                                    | 20-50           | 4,0-8,0                               | 1,0-2,0                  | 1,0-1,5 ССБ            | 0,04-0,06   | 4,0-5,0      | 130                         | 8-10                       | 4,0-5,5                           | 3,5-4,5                    |

Таблица 34

## Смеси для форм чугуновых и стальных отливок, заливаемых по-сухому

| Смесь                         | Состав смеси, масс. ч |                 |                    |          |                             |                              | Состав смеси                                  |                        |              |  |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|----------|-----------------------------|------------------------------|---|------------------------|--------------|--|
|                               | оборотная смесь       | кварцевый песок | глина низкосортная | бентонит | противоприварные добавки    | технологические добавки      | прочность на сжатие во влажном состоянии, кПа | газопроницаемость, ед. | влажность, % | прочность на разрыв в сухом состоянии, кПа |
| Для крупных чугуновых отливок | 30-90                 | 10-70           | -                  | 2-6      | уголь, кокс до 3, ЛП до 1,5 | опилки до 5                  | 40-60   | более 30               | 4,5-7        | 100-200                                    |
|                               | 30-50                 | 50-70           | 5-15               | -        | уголь, кокс до 5, ЛП до 3   | опилки 3-10, СДБ до 3        | 30-60   | более 50               | 5-9          | 100-200                                    |
|                               | 40-70                 | 30-60           | 4-7                | 2-4      | уголь, кокс до 4            | опилки, асбест 2-4, СДБ до 2 | 50-60   | более 60               | 5-8          | 150-250                                    |
| Для крупных стальных отливок  | 20-50                 | 50-80           | 5-10               | -        | асбестовая крошка 4-5       | СДБ до 3                     | 30-50   | более 60               | 5-8          | 250-350                                    |
|                               | 40-60                 | 40-60           | 4-7                | 2-4      |                             | СДБ до 2                     | 50-60   | более 60               | 5-7          | 250-350                                    |

*Стержневые смеси для изготовления стержней в нагреваемой оснастке.* Основой таких смесей являются сухие кварцевые пески классов 1К, 2К зернистостью 02 или 01, 016 с содержанием глины не более 0,5 %. Водородный показатель песка (рН) не превышает 7.

Таблица 35

| Классификация стержней по сложности |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| Класс сложности                     | Внешний вид   | Особенности стержня   |
| I                                   |    | Сложной конфигурации с очень тонкими сечениями; омываемые жидким металлом по всей поверхности, за исключением небольшого количества знаков; образуют в отливках необрабатываемые полости, к поверхностям которых предъявляются повышенные требования. При заливке подвергаются сильному тепловому воздействию |
| II                                  |    | Сложной конфигурации, но с более развитыми знаками по сравнению со стержнями I класса. Наряду с массивными частями имеют очень тонкие выступы и переходы, образующие в отливке необрабатываемые каналы и полости, к поверхностям которых предъявляются повышенные требования                                  |
| III                                 |   | Средней сложности, не имеют особо тонких частей и переходов, опирающихся на большие знаки, образуют в отливках полости, легко доступные для осмотра и механической обработки. К литым поверхностям полостей предъявляются повышенные требования   |
| IV                                  |  | Простой конфигурации, образуют в отливках внутренние обрабатываемые и необрабатываемые поверхности, а также внешние поднутрения средней и невысокой сложности. Упрочняются проволочными и литыми каркасами. Газ от стержня во время заливки и от каркасов при очистке удаляется свободно                      |
| V                                   |  | Массивные, простой конфигурации, образуют большие полости внутри отливок и на их внешних поверхностях. В основном упрочняются литыми каркасами  |

В качестве связующих используют различные синтетические смолы, отверждающиеся в горячей оснастке. Улучшение технологических свойств смесей достигается введением различных добавок. Для изготовления стержней в горячих ящиках используют два вида смесей: сухие и сырые.



Сухие песчано-смоляные смеси разделяют на механические и плакированные. Механические смеси представляют собой механическую смесь песка, порошкообразного связующего и различных добавок. Сухие песчано-смоляные смеси используют только при бункерном способе формирования оболочковых (полых) стержней, где смесь обрабатывается в закрытом объеме.

Плакированные смеси представляют собой сухой зернистый материал, зерна которого покрыты пленкой, включающей связующее и различные добавки. Для нанесения пленки на зерна песка применяют холодный, теплый и горячий способы плакирования. Плакированные смеси обладают высокой текучестью и не расслаиваются при любом способе формообразования, в том числе и пескодувном. Их готовят из компонентов, приведенных в табл. 36 [10].

*Смеси для форм и стержней, отверждаемых без нагрева.* Получение форм и стержней, отверждаемых без применения печной сушки, обеспечивают смеси для  $\text{CO}_2$ -процесса, пластичные самотвердеющие смеси (ПСС), наливные самотвердеющие смеси (НСС) и холоднотвердеющие смеси (ХТС).

Смеси для  $\text{CO}_2$ -процесса включают в качестве связующего жидкое стекло. Отверждение смесей происходит при продувке углекислым газом. При этом протекает химическая реакция, в результате которой жидкое стекло необратимо коагулирует с выделением кремнегеля.

Используют пески (ГОСТ 2138-91) класса 1К или 2К зерновой группы 0315, 02. По содержанию глинистых составляющих к пескам особые требования не предъявляются, так как жидкое стекло хорошо сочетается с глиной.

Во многие жидкостекольные смеси специально добавляют глину для повышения прочности во влажном состоянии и улучшения выбиваемости после заливки. Можно использовать любые другие огнеупорные зернистые наполнители. Применяют молотую каолиновую или бентонитовую формовочную глину (ГОСТ 3226-90). Можно использовать среднесвязующие глины со средним содержанием вредных примесей. Основным связующим материалом являются жидкие содовые или содовосульфатные стекла. Используется также калиевое жидкое стекло. Каустическую соду (едкий натр) вводят обычно в смесь для регулирования величины модуля жидкого стекла. Величина модуля определяет живучесть смеси.

При изготовлении крупных литейных форм и стержней, особенно при формовке по шаблонам, модуль жидкого стекла следует снижать до 2,0-2,3. По требованиям техники безопасности каустическую соду вводят в смесь в виде водного раствора 10-20 %-ной концентрации.

Смеси для  $\text{CO}_2$ -процесса используют для изготовления стержней (табл. 37), а также в качестве облицовочных при изготовлении форм (табл. 38). Различие в составах смесей состоит в том, что в стержневых смесях чаще и в большем количестве применяют разупрочняющие добавки.

Таблица 36

Примерный состав сухих песчано-смоляных смесей для изготовления оболочковых форм и стержней пескодувным или бункерным способом

| Компоненты                     | Состав смеси, % по массе |      |                         |      |             |      |        |      |             |      |             |      |           |
|--------------------------------|--------------------------|------|-------------------------|------|-------------|------|--------|------|-------------|------|-------------|------|-----------|
|                                | для углеродистой стали   |      | для специальных сплавов |      | для чугунов |      |        |      | для сплавов |      |             |      |           |
|                                |                          |      |                         |      | ковкого     |      | серого |      | медных      |      | алюминиевых |      | магниевых |
|                                | 1                        | 2    | 1                       | 2    | 1           | 2    | 1      | 2    | 1           | 2    | 1           | 2    | 1         |
| Кварцевый песок:               |                          |      |                         |      |             |      |        |      |             |      |             |      |           |
| 1К02А/Б                        | 100                      | 80   | 70                      | 80   | 70          | 100  | 70     | 70   | 70          | 70   | 70          | 70   | 70        |
| 1К01А/Б                        | -                        | -    | 30                      | 20   | 30          | -    | 30     | 30   | 30          | 30   | 30          | 30   | 30        |
| Добавки (сверх 100 %):         |                          |      |                         |      |             |      |        |      |             |      |             |      |           |
| связующие СФ                   | 4                        | 5    | 6                       | 5,5  | 5           | 5,5  | -      | 5    | 6           | 7    | 4           | 5    | 5         |
| пропитанная бентонитовая глина | -                        | -    | -                       | 2    | -           | 2    | -      | 2    | 2           | 4    | -           | -    | -         |
| окись железа                   | 0,75                     | -    | 1,5                     | -    | 1           | 1,5  | -      | 0,75 | -           | -    | -           | -    | -         |
| пропитанная древесная мука     | -                        | -    | -                       | -    | -           | -    | -      | -    | -           | -    | 0,5         | 2    | 2         |
| стеарат кальция                | 0,05                     | 0,05 | 0,05                    | 0,05 | 0,05        | 0,05 | 0,15   | 0,05 | 0,05        | 0,05 | 0,05        | 0,05 | 0,05      |
| фторборат аммония              | -                        | -    | -                       | -    | -           | -    | 0,15   | -    | -           | -    | -           | -    | 1,5       |

*Примечание.* Смесь №1 для серого чугуна содержит 0,6 % уротропина и 4,5 % смолы СФ-010 и СФ-015, 0,15 % борной кислоты; смесь №2 для углеродистых сталей – 20 % карбоната кальция, смесь 2 для специальных сплавов – 0,75 % двуокиси марганца.

Таблица 37

Стержневые быстротвердеющие смеси для CO<sub>2</sub>-процесса

| № смеси | Назначение смеси  | Состав смеси, % по массе |       |               |                               |       | Физико-механические свойства     |                                |                                    |  |              |
|---------|---|--------------------------|-------|---------------|-------------------------------|-------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--|--------------|
|         |   | кварцевый песок          | глина | жидкое стекло | 10 %-ный раствор едкого натра | мазут | газопроницаемость, ед., не менее | предел прочности, МПа          |                                    |  | влажность, % |
|         |   |                          |       |               |                               |       |                                  | на сжатие во влажном состоянии | на растяжение после тепловой сушки | на растяжение после продувки CO <sub>2</sub> |              |
| 1       | Изготовление стержней механизированными способами для стальных и чугуновых отливок              | 100                      | -     | 4,0-5,5       | 0,5-1,5                       | 0,5   | 120                              | 0,004-0,007                    | 1,0-1,5                            | 0,20-0,30                                    | 3,0          |
| 2       | Изготовление стержней с повышенной податливостью для отливок из стали, чугуна и цветных сплавов | 94-97                    | 3-5   | 4,5-6,0       | 0,5-1,5                       | -     | 80                               | 0,012-0,030                    | 0,8-1,2                            | 0,10-0,25                                    | 3,0-4,5      |
| 3       | Изготовление стержней с облегченной выбиваемостью для отливок из стали                          | 100                      | -     | 4,0-5,0       | 1,0                           | -     | 80                               | 0,005-0,007                    | 0,5                                | 0,18-0,22                                    | 3,3-4,2      |
| 4       | То же для отливок из чугуна   | 100                      | -     | 5,0           | -                             | -     | 120                              | 0,010-0,015                    | 0,5-0,8                            | 0,15-0,20                                    | 2,8-3,0      |
| 5       | То же для отливок из стали и чугуна   | 50-70                    | -     | 5,0-6,0       | 0,5-1,5                       | 0,5   | 80                               | 0,012-0,025                    | 0,8-1,0                            | 0,20-0,30                                    | 3,5-4,5      |

*Примечание.* Кроме компонентов, указанных в таблице, смеси содержат: №2 – 1,5 % древесных опилок, 3 % боксита; №4 – 5 % асбестовой крошки; №5 – 30-50 % оборотной смеси. Жидкое стекло, раствор едкого натра, древесные опилки, асбестовую крошку и мазут добавляют сверх 100 %.

Таблица 38

Облицовочные быстротвердеющие смеси для CO<sub>2</sub>-процесса

| Отливки  | Состав смеси, % по массе     |                              |                               |            |                       |   |                                |            | Физико-механические свойства                          |                       |  |  |                      |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------------|---|--------------------------------|------------|---|-----------------------|--|--|----------------------|
|  | обор-<br>от-<br>ная<br>смесь | квар-<br>це-<br>вый<br>песок | пыле-<br>вид-<br>ный<br>кварц | гли-<br>на | жид-<br>кое<br>стекло | 10 %-<br>ный<br>рас-<br>твор<br>едкого<br>натра | ка-<br>мен<br>ный<br>угол<br>ь | ма-<br>зут | газо-<br>прони-<br>цае-<br>мость,<br>ед., не<br>менее | предел прочности, МПа |  |  | влаж-<br>ность,<br>% |
|  |                              |                              |                               |            |                       |   |                                |            |   | на сжатие             | на растя-<br>жение по-<br>сле теп-<br>ловой<br>сушки | на рас-<br>тяжение<br>после<br>продувки<br>CO <sub>2</sub> |                      |
| Мелкие чугу-<br>нные   | 30-50                        | 47-65                        | -                             | 3-5        | 4-6                   | 1,0-1,5   | 4-6                            | 0,5        | 80  | 0,022-<br>0,030       | 0,5  | 0,2  | 3,0-4,0              |
| Стальные при<br>повышенных<br>требованиях к<br>качеству по-<br>верхности | -                            | 81-89                        | 10-15                         | 1-4        | 4-6                   | 1,0-1,5   | -                              | 0,5        | 70  | 0,020-<br>0,040       | 0,6  | 0,2  | 3,0-4,5              |
| Стальные и чу-<br>гунные   | 21-30                        | 67-74                        | -                             | 3-5        | 4-6                   | 1,5   | -                              | 0,5        | 80  | 0,020-<br>0,035       | 0,6  | 0,2  | 3,0-4,0              |
| Из цветных<br>сплавов  | 30-50                        | 47-65                        | -                             | 3-5        | 4-6                   | 1,0-1,5   | -                              | 0,5        | 50  | 0,020-<br>0,040       | 0,6  | 0,2  | 3,0-4,0              |

Наливные самотвердеющие смеси (НСС) «наливают» в опоки и стержневые ящики и не требуют уплотнения. Высокая текучесть смеси достигается тем, что в НСС вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ), образующие мелкие пузырьки пены. Они снижают силы трения между отдельными зернами наполнителя и способствуют их легкому перемещению под влиянием силы тяжести.

Свежий песок можно частично заменять регенерированным при содержании в нем не более 1 % глинистых составляющих. Повышенное содержание глинистых и пылевидных фракций в песке приводит к резкому ухудшению текучести НСС вследствие большой водопоглощающей способности.

НСС с жидким стеклом. Температура песка не должна превышать 30 °С. Если песок имеет более высокую температуру, то текучесть смеси и устойчивость пены снижаются, повышается осыпаемость.

В качестве отвердителя используют феррохромовый шлак и нефелиновый шлак. Пенообразователями служат ДС-РАС, контакт Петрова, некаль, НРВ и другие ПАВ. Для регулирования устойчивости пены используют стабилизаторы пены и пеногасители.

Большие колебания температур в течение года влияют на текучесть смеси, продолжительность отверждения и устойчивость пены. Стабильность свойств НСС при различных температурах окружающей среды поддерживают, корректируя состав смеси. В летнее время количество ПАВ и отвердителя снижают, а количество стабилизатора пены повышают. НСС отличаются высокой пористостью, что вызывает необходимость тщательной окраски форм и стержней. Плотность отвержденной НСС зависит от высоты столба смеси и находится в пределах 1250-1400 кг/м<sup>3</sup>.

НСС, благодаря высокой пористости, выбивается несколько лучше, чем смеси, отверждаемые газом СО<sub>2</sub> или ПСС. Для улучшения выбиваемости НСС используют органические разупрочняющие добавки, используемые в смесях для СО<sub>2</sub>-процесса и в ПСС. Большинство их ухудшают текучесть и прочность смеси.

Цементные НСС. Существенными недостатками цементных НСС являются длительное отверждение смеси в оснастке и медленное упрочнение. Вследствие повышенного содержания цемента в смеси (8-10 %) формы и стержни необходимо подсушивать.

Интенсифицировать процесс твердения цементных НСС позволяет применение сильных ускорителей твердения цементов – алюминатов, карбонатов и гексаметафосфата натрия, дополнительного помола цемента до удельной поверхности 4500 см<sup>2</sup>/г (исходная удельная поверхность около 2550 см<sup>2</sup>/г) с одновременным введением ускорителей твердения [10].

Холоднотвердеющие смеси на карбамидно-фурановых смолах применяют в основном для получения отливок из чугуна. С увеличением содержания фурилового спирта термостойкость и конечная прочность смесей возрастают. При этом также увеличивается продолжительность отверждения стерж-

ней в оснастке. Поэтому большинство смесей на карбамидно-фурановых смолах с нормальным циклом отверждения используют в индивидуальном и мелкосерийном производстве, где допустима выдержка стержней в оснастке в течение 30-40 мин.

Холоднотвердеющие смеси на феноло-формальдегидных смолах применяют для получения отливок из чугуна и стали. Скорость отверждения смесей на смоле ОФ-1 может быть резко повышена, если применить безводные катализаторы.

Смеси, содержащие смолу ОФ-1, модифицированную силоном марки 112-23, и безводный катализатор НТ отверждаются за 30-40 с. Они пригодны для использования в массовом производстве мелких стержней при изготовлении чугунных и стальных отливок.

*Требования к смесям, свойства и методы контроля.*

*Общие свойства.* Влажность формовочных смесей регламентируется ГОСТ 23409.5-78. Она определяет уровень многих общих, технологических и рабочих свойств смесей. При недостаточном содержании влаги снижаются прочностные свойства смеси, и увеличивается ее осыпаемость. Повышенное содержание влаги также приводит к снижению прочности смесей и к увеличению их газотворности. При формовке по-сырому для смесей, уплотняемых прессованием, рекомендуется влажность 3-4 %. Для смесей, уплотняемых встряхиванием и применяемых при ручной формовке влажность обычно составляет 4,5-6,0 %.

Насыпную плотность формовочных смесей определяют по ГОСТ 23409.13-78. Повышение насыпной плотности способствует выравниванию плотности по объему формы. Для песчано-глинистых смесей, уплотняемых прессованием, рекомендуется насыпная плотность 900-1000 кг/м<sup>3</sup>, для уплотняемых встряхиванием и применяемых при ручной формовке – 650-920 кг/м<sup>3</sup>.

Химический состав смесей регламентируется ГОСТ 23409.1-78 и ГОСТ 23409.4-78. Содержание окислов СаО, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> характеризует свойства смеси как огнеупорного материала и способность к химическим превращениям при нагревании. При пониженном содержании вредных примесей снижается пригар на отливках.

Концентрация водородных ионов рН смеси определяется по ГОСТ 23409.22-78. Она оказывает влияние на взаимодействие с жидким металлом и образование дефектов на литой поверхности. Снижение рН песчано-глинистых смесей ниже 7,5 вызывает уменьшение активности бентонитовой глины и снижение прочности смеси.

Минералогический состав смесей определяют по ГОСТ 3594-62. Он позволяет выявить природу примесей и ориентировочно судить о пригодности смесей для литейного производства.

*Технологические свойства.* Уплотняемость устанавливается ГОСТ 23409.13-78. Она зависит от влажности, содержания глины, размеров и

формы зерен леска. Повышение уплотняемости вызывает вздутие сырых форм. При низкой уплотняемости повышаются осыпаемость форм, брак по раковинам и другим дефектам поверхности отливок. При формовке сырому для автоматических линий рекомендуется уплотняемость песчано-глинистых смесей в пределах 35-45 %, для машинной и ручной формовки – 40-45 %.

Формуемость смесей регламентируется ГОСТ 23409.15-78. Она характеризует вязкость (сыпучесть) смесей в неуплотненном состоянии. Формуемость зависит от влажности смеси. При оптимальной формуемости (70-80 %) обеспечивается равномерная предварительная плотность по объему формы. Сыпучесть сухих песчано-смоляных смесей определяют с помощью стеклянной воронки с выходным отверстием 7 мм.

Осыпаемость смесей определяется ГОСТ 23409.9-78. Она зависит от состава смеси и степени ее уплотнения. Высокая осыпаемость песчано-глинистых смесей наблюдается при недостатке влаги или низком качестве глины. В стержневых смесях, отверждаемых тепловой сушкой, повышенная осыпаемость наблюдается при использовании некачественного связующего, при недостаточном его количестве или пережоге в процессе сушки. В смесях для СО<sub>2</sub>-процесса повышенная осыпаемость возникает в случае избыточной продувки газом. Повышенная осыпаемость затрудняет сборку форм, вызывает их размыв и появление песчаных раковин и пригара. Осыпаемость смесей не должна превышать 0,5 %. Она характеризует способность смеси к перетеканию при различных технологических операциях: при перемешивании составляющих, заполнении технологических емкостей и уплотнении.

Текучесть при динамическом и статическом уплотнении определяется соответственно по ГОСТ 23409.11-78 и ГОСТ 23409.17-78. Текучесть предопределяет способ приготовления и уплотнения смесей. Высокотекучие песчано-глинистые смеси обладают текучестью при статическом уплотнении 75-80 %, среднетекучие – при 70 %. Подвижность наливных самотвердеющих смесей устанавливают по ГОСТ 23409.25-78.

Гигроскопичность формовочных и стержневых смесей регламентируется ГОСТ 23409.10-78. Она зависит от их состава и в основном определяется свойствами связующих материалов. При повышенной гигроскопичности смесей увеличиваются осыпаемость форм и стержней, брак отливок по песчаным и газовым раковинам.

Предел прочности на сжатие во влажном состоянии определяется по ГОСТ 23409.7-78. Испытаниями на сжатие во влажном состоянии подвергают песчано-глинистые и некоторые стержневые смеси до отверждения. Предел прочности песчано-глинистых смесей во влажном состоянии зависит от содержания активной глины, влажности, зернового состава и степени уплотнения. Недостаточная прочность вызывает разупрочнение форм, их деформацию и ухудшение качества литой поверхности. Предел прочности на сжатие во влажном состоянии наполнительной песчано-глинистой смеси составляет

0,025-0,040 МПа; единой для машинной и ручной формовки – 0,05-0,08 МПа; единой для автоматических линий – 0,15-0,22 МПа (верхний предел прочности относится к смесям для безопочной формовки). Недостаточная прочность стержневых смесей до отверждения затрудняет изготовление стержней и приводит к потере размеров вследствие осадки. Определяя нарастание прочности на сжатие, оценивают продолжительность отверждения холодно-твердеющих смесей.

Предел прочности на растяжение смесей во влажном состоянии устанавливается ГОСТ 23409.7-78. Недостаточная прочность смеси на растяжение приводит к разрушению форм при извлечении моделей, транспортировке и сборке форм, что существенно отражается на надежности работы автоматических линий, предел прочности на растяжение для машинной формовки и автоматических линий следует поддерживать в пределах 0,012-0,035 МПа. Предел прочности на растяжение определяется при контроле качества песчано-глинистых смесей для формовки по-сырому.

Предел прочности на сжатие и растяжение смесей в отвержденном состоянии регламентируется ГОСТ 23409.7-78. Его определяют для контроля качества различных формовочных и стержневых смесей, отверждаемых тепловой сушкой, смесей для CO<sub>2</sub>-процесса, горячей оснастки и холоднотвердеющих смесей. Недостаточная прочность смесей вызывает повышенную осыпаемость и разрушение форм и стержней. При повышенной прочности снижается податливость форм и стержней, в отливках могут появляться трещины.

Прилипаемость смеси к модельной оснастке, ухудшает качество поверхности форм и стержней, увеличивает шероховатость литой поверхности, вызывает обрывы выступающих частей форм при извлечении моделей. Контроль прилипаемости не стандартизован. Для ее определения рекомендуется использовать прибор Гроссмана [6].

*Рабочие свойства.* Газопроницаемость смесей определяется по ГОСТ 23409.6-78. Газопроницаемость сухих песчано-смоляных смесей определяют обычным методом. Истинная величина газопроницаемости оболочек определяется составом смеси, степенью ее уплотнения и последующей обработкой. Низкая газопроницаемость вызывает появление вскипов, газовых раковин и при уплотнении форм прессованием – взрывного пригара. Слишком высокая газопроницаемость ухудшает качество литой поверхности вследствие пенетрации расплава в поры формы. Качество смеси оценивают, сопоставляя газопроницаемость смеси с ее газотворностью.

Огнеупорность – свойство материала противостоять, не расплавляясь, действию высоких температур. При высокой огнеупорности формовочных смесей снижается пригар.

Спекаемость смесей регламентируется ГОСТ 23409.20-78. Она определяется температурой начала оплавления нагреваемого формовочного материала и характеризует его противопопригарные свойства. Принятая методика



определения спекаемости не воспроизводит химического и механического воздействия жидкого металла на смесь в реальной форме. Для кварцевых песков температура спекания не превышает 1400-1450 °С и зависит от степени оолитизации зерен песчаной основы.

Пригораемость – свойство смеси плотно приставать к поверхности отливки и образовывать на литой поверхности неметаллический слой, состоящий из зерен песка и сцементированный чаще всего силикатным расплавом или металлом (пригар). Характеристика интенсивности пригара разработана Уральским политехническим институтом.

Теплофизические свойства формовочных смесей зависят от температуры, природы и степени измельчения зерновой основы.

По мере увеличения размеров частиц зерновой основы теплофизические свойства формовочной смеси повышаются. Значительного изменения теплофизических свойств можно достичь, добавляя в смесь частицы со сравнительно высокой теплопроводностью, например чугунные опилки.

При повышении содержания связующих материалов (глины, жидкого стекла) увеличиваются площадь контактов между частицами зерновой основы и теплопроводность скелета формы.

С увеличением плотности формы растет ее теплопроводность при низких температурах (933 К), а при температурах заливки чугуна и стали (1420-1760 К) теплопроводность уменьшается. Несмотря на это увеличение плотности формы способствует росту коэффициента аккумуляции тепла, что позволяет в два-три раза снизить время затвердевания отливки и тем самым улучшить ее качество.

#### Контрольные вопросы.

1. Холоднотвердеющие формовочные и стержневые смеси и требования, предъявляемые к ним.
2. функциональная роль основных компонентов формовочных и стержневых смесей?
3. Перечислите общие свойства формовочных и стержневых смесей. Дайте их характеристику. Назовите способы регулирования общих свойств смесей?
4. Перечислите рабочие свойства смесей, дайте их характеристику. Назовите способы регулирования рабочих свойств смесей?
5. Дайте характеристику песчано-глинистых смесей для формовки по сырому?
6. Дайте характеристику песчано-глинистых смесей для формовки по сухому?
7. Охарактеризуйте стержневые смеси на органических связующих?
8. Охарактеризуйте смеси для изготовления стержней в нагреваемой оснастке?

9. Охарактеризуйте жидкие самоотвердеющие смеси. Опишите механизм формирования текучести смесей.
10. К каким видам дефектов (несоответствие по геометрии или дефекты поверхности) приводит низкая формуемость и уплотняемость смеси.

## **ЛЕКЦИЯ 15.**

### **ТЕМА: ДЕФЕКТЫ В ОТЛИВКАХ. Ч.1. НЕСООТВЕТСТВИЕ ПО ГЕОМЕТРИИ**

План лекции

1. Классификация дефектов.
2. несоответствие по геометрии.
3. Дефекты поверхности.

Сложность технологического процесса производства литья, состоящего из многих, практически самостоятельных и не зависящих одна от другой операций – переделов (подготовка шихты и выплавка жидкого металла, смесе-приготовление, изготовление форм и стержней, заливка, обрубка, очистка, термическая обработка, грунтовка и окраска), на каждой из которых возможны нарушения технологии и работают люди различной квалификации, не дает гарантии получения 100 % годности отливок. Брак отливок неизбежен. Он имеет место и при освоении нового технологического процесса, оборудования, новой марки сплава, а также в условиях установившегося технологического процесса при изменении качества исходных шихтовых и формовочных материалов, небрежности в работе. Почти 90 % потерь от брака в машиностроении приходится на долю литейного производства, поэтому классификация дефектов отливок, изучение причин их образования, разработка методов быстрого и качественного их исправления имеет большое значение.

Хорошее знание дефектов отливок, их внешних признаков, позволяет точно установить причины образования и принять меры по исправлению брака.

Ниже приводится классификация дефектов. В группу «несоответствие по геометрии» входят: недолив; неслитина; перекоп; подутость; разностенность; перекоп; коробление; вылом.

*Дефекты, связанные с несоответствием формы, размера и массы отливок величинам, указанным на чертеже.*

*Недолив.* Недоливом называют дефект отливки, выраженный в отсутствии ее части. Недолив может быть двух типов: истинный недолив полости формы металлом (рис. 69) или частичное вытекание металла из формы после ее заполнения. В последнем случае часть формы остается незаполненной. Дефекты первого типа (см. рис. 69) расположены обычно в наиболее удален-

ных от питателя частях отливки и характерны для тонкостенных отливок сложной конфигурации. Они образуются при заливке металла с недостаточной жидкотекучестью.



Рис. 69. Недолив в результате недостаточной жидкотекучести (холодный металл)  
*a* – схема; *б* – дефектная отливка

Для дефектов второго типа характерна незаполненная часть отливки в виде полости, ограниченной тонкими стенками с острыми краями. Полости расположены в массивных частях отливки, затвердевающих в последнюю очередь. Вытекание металла может произойти через некоторое время после заливки формы, особенно если металл был сильно перегрет.

Недолив легко определяется визуально после очистки отливок от формовочной смеси, при этом нетрудно увидеть место вытекания металла. Наиболее частой причиной недолива является низкая жидкотекучесть металла.

Большое значение для получения бездефектных отливок имеет литниковая система. Необходимо обеспечить быстрое заполнение формы металлом. Особенно быстро требуется заливать тонкостенные формы.

Недоливы получают при медленной заливке с прерыванием струи металла. Низкоквалифицированный заливщик может допустить прерывание струи металла. Струя разбрызгивается также в случае небрежного выполнения носика у заливочного ковша. Возможны недоливы и от нетехнологичности отливки, особенно в тех случаях, когда в ней имеются тонкие стенки, к которым невозможно подвести металл.

Дефекты, подобные недоливу, получают при избыточном припыливании сырой формы противопригарными материалами, например, графитом. Припыл намывается металлом в определенные места и вызывает подобие недолива. Причиной недолива может быть недостаточное количество жидкого металла.

Следует отметить, что металл может вытекать из формы во время заливки или спустя некоторое время после заливки по следующим причинам: неправильное скрепление опок скобами; использование «деформированных опок» или модельных плит; недостаточная прочность формовочной смеси; недостаточная толщина формовочной смеси между полостью формы и стен-

кой опоки; низкое качество уплотнительной пасты, глиняных шнуров и других уплотнителей; большое сечение вентиляционных каналов и др.

Одним из главных условий, устраняющим уход металла из формы, является правильный выбор массы груза, устанавливаемого на форму.

Брак по недоливу зависит от расположения отливок в форме. Между полостью формы и стенкой опоки должен быть определенный слой формовочной смеси.

Металл может вытекать через вентиляционные отверстия в форме или стержне. При изготовлении формы следует исключать возможность попадания металла в такие отверстия. Для предупреждения ухода металла из формы применяют специальные пасты и пластиковые шнуры.

*Неслитина* – нарушение целостности отливки в виде трещины, но с закругленными и окисленными краями (рис. 70). Неслитина образуется из-за не полностью слившихся двух или более потоков металла. Дефекты возникают главным образом на тонких стенках отливки или на удаленных от питателя частях отливки, куда металл поступает окисленным и охлажденным.



Рис. 70. Дефект – неслитина:  
а – схема; б – дефектная отливка

Дефекты вскрываются визуально после очистки отливки или ее механической обработки.

Неслитина получается при малой жидкотекучести сплава. Основным путем предупреждения спая – повышение температуры заливаемого металла.

Причиной спая может быть также литниковая система. Ее размеры должны быть таковы, чтобы обеспечить быструю заливку формы. Особенно высокой должна быть скорость заполнения тонких вертикальных стенок отливки.

Разделение металла на отдельные потоки (при заливке) может привести к поверхностному окислению, в результате чего эти потоки при встрече не сливаются. Установка в форме достаточного количества выпоров уменьшает давление газов в полости формы и ускоряет скорость заливки.

Если заливку металла вести с прерывистой струёй, то неслитина может образоваться и на толстых стенках отливки. Причинами неслитины может быть наличие металлических холодильников или жеребеек с окисленной поверхностью. При изготовлении отливок, работающих под давлением, необходимо использовать чистые облуженные жеребейки. Ножка жеребейки должна быть рифленой или резьбовой. В этом случае основной металл надежно сварится с металлом жеребейки.

Если глубина неслитины меньше припуска на механическую обработку, то отливка считается годной.

Окисленный металл увеличивает брак по неслитине. Трудно получить металл с неокисленной поверхностью, если в нем содержатся окислы  $Al_2O_3$  и  $Cr_2O_3$ . Такой металл следует заливать с большой скоростью, при которой происходит механическое разрушение пленок окисла.

Дефекты от неслитины увеличиваются при использовании смесей с высокой теплоаккумулирующей способностью (хромитовые, оливинные и др.).

Если поверхность формы покрыта толстым слоем противопожарной краски, то в процессе заливки часть слоя может отвалиться и упасть на зеркало жидкого металла. При встрече потоков эта часть формы может помешать их слиянию.

Неслитины часто наблюдаются при литье в кокили. При нагреве кокилей выше  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  дефекты от неслитины уменьшаются.

*Перекас* – это дефект (рис. 71), вызванный смещением частей отливки относительно друг друга. Перекас может быть на внешней части отливки и во внутренней полости. Отливку бракуют, если перекас больше припуска на механическую обработку или превышает допустимые отклонения, оговоренные в технической документации.

Дефект виден после очистки отливки, решение о ее пригодности принимают после определения размеров перекаса.

Наиболее частыми причинами перекаса являются неисправность модельной и опочной оснастки, небрежность изготовления и сборки литейной формы. Решающее значение имеет состояние фиксирующих втулок и штырей в опоках. В связи с быстрым изнашиванием необходимо периодически проверять размеры втулок и штырей и не допускать их изменения свыше предельных отклонений от принятых допусков. Штыри, с помощью которых собирают опоки, должны иметь точный диаметр и необходимую длину. Опоки с короткими штырями создают опасность перекаса.

Большой перекас получается в результате неправильного изготовления модельно-стержневой оснастки или допущения ошибок при проектировании оснастки (неодинаковые базы, разные формовочные уклоны, недостаточные фиксаторы на знаках, неточность определения размеров и др.). А также вследствие неправильного хранения оснастки.

Неправильный выбор жеребеек или их неаккуратная установка в форме приводит к перекасу. При большой массе стержня и низкой прочности фор-

мовочной смеси жеребейки может вдавиться в нижнюю поверхность полуформы. Если стержень не зафиксирован в знаках, то он может всплывать и вдавливать жеребейки в верхнюю поверхность полуформы, особенно при сырой формовке. В этих случаях следует применять высокопрочные смеси или использовать жеребейки с большой опорной поверхностью. Если это невозможно, то следует группировать небольшие жеребейки или устанавливать их на тонкий облуженный стальной лист.



Рис. 71. Дефект – перекося:  
*а* – схема; *б* – дефектная отливка

Деформация форм и стержней при их изготовлении отражается на перекося отливок. Перекося стержня исключается, если он установлен в знаках, препятствующих его перемещению.

*Подутость* – это местные утолщения в отливке, расположенные преимущественно в нижних по положению заливки или слабо уплотненных местах формы (рис. 72).

Попадающий в форму металл оказывает на нее тепловое и силовое воздействие (металлостатическое давление), в результате чего смесь уплотняется. Кроме того, под действием металлостатического давления поверхностная сухая корочка, образующаяся в сырой форме, деформируется и перемещается в направлении ослабленной зоны конденсации влаги. Такие явления вызывают значительное увеличение полости формы, особенно в нижней ее части, где действует максимальное металлостатическое давление. Дефект не вызывает ухудшения поверхности в месте утолщения, не сопровождается включениями формовочной смеси и изменением структуры сплава. Полость формы увеличивается при повышении температуры, увеличении содержания графита в чугуне, замене в формовочной смеси огнеупорной глины бентонитами. Расширение формовочной смеси при нагреве частично уменьшает подутость формы.

В последние годы все более широко применяется уплотнение форм различными методами прессования при повышенных давлениях. Образование в форме ослабленной зоны конденсации приводит к тому, что даже при давлении прессования 4 МПа отливки получаются с подутостью. Форму следует уплотнять так, чтобы и после ее разупрочнения в результате образования зоны конденсации влаги она противостояла силовому воздействию металла в период заливки и затвердевания расплава без существенной деформации.

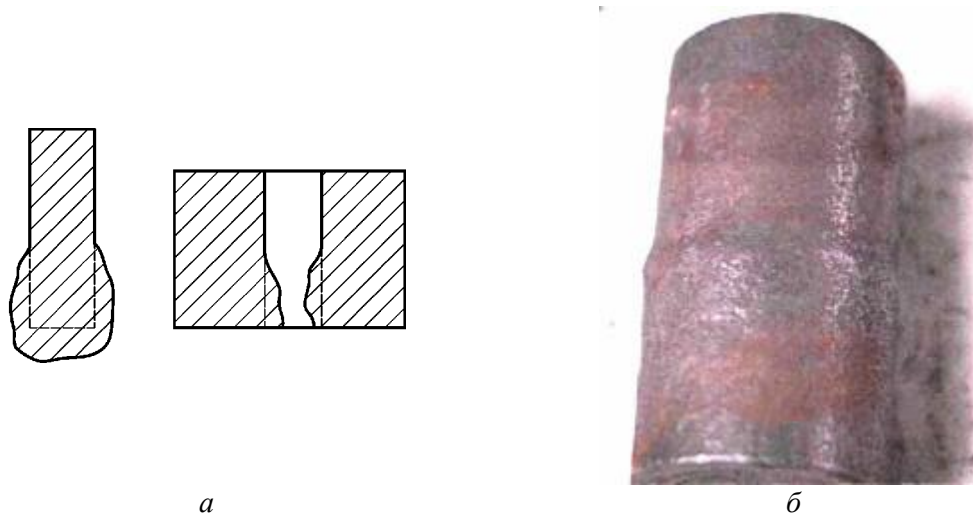


Рис. 72. Дефект – подутость:  
а – схема; б – дефектная отливка

Поскольку чрезмерное уплотнение формы приводит к образованию других дефектов (например, ужимин), следует придерживаться оптимального давления прессования.

Уменьшению брака по подутости способствует повышение степени уплотнения формы, уменьшение относительного количества влаги в формовочной смеси, введение в формовочную смесь молотого угля, пека, хорошее перемешивание смеси. Зерновой состав формовочной смеси оказывает малое влияние на подутость формы, а добавки типа кукурузной муки, декстрина влияют на подутость, если при их введении не повышают влажность формовочной смеси.

*Разностенность* – дефект в виде увеличения или уменьшения толщины стенок отливки (рис. 73). Основными причинами несоответствия размеров отливок, получаемых в песчано-глинистых формах, являются недопустимые отклонения в размерах модельного комплекта, изменение размеров и формы моделей и стержневых ящиков в результате износа и деформаций в процессе эксплуатации; деформации формы и стержней при сушке; неточность сборки формы; повреждение полости формы при извлечении модели или установке стержня; нарушение размеров полости формы или заливке металлом, колебания усадки сплава и ее торможение формой: коробление отливки при охлаж-

дении и термической обработке; механические повреждения при выбивке, обрубке, очистке и транспортировке.

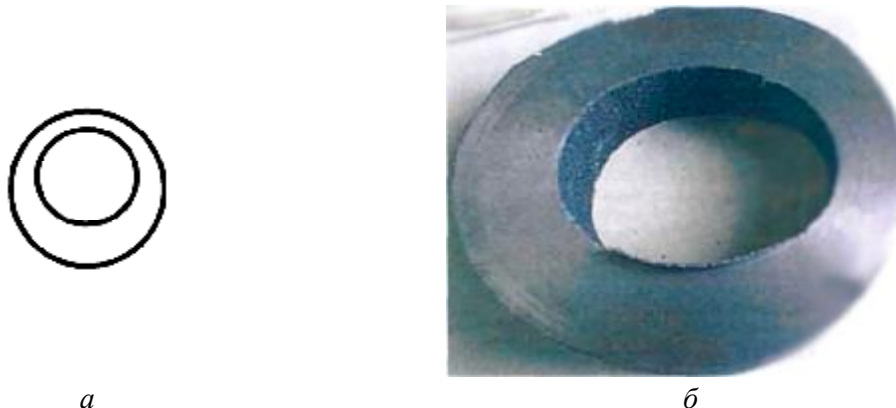


Рис. 73. Дефект – разностенность:  
*а* – схема; *б* – дефектная отливка

Для предупреждения несоответствия размеров отливок по вине модельной оснастки, последнюю перед запуском в производство необходимо тщательно проверять. Обязательна проверка первой партии отливок, полученных по новой оснастке. Искажение размеров, обусловленное неточностью монтажа модели на подмодельной плите, составляет в среднем  $\pm 0,15$  мм и зависит от способа фиксации моделей на плитах.

Существенное влияние на точность размеров отливок оказывает колебание линейной усадки сплава, зависящее от его химического состава, механического торможения усадки формой. При увеличении содержания в чугуне компонентов, способствующих графитизации (главным образом углерода и кремния), уменьшается усадка отливок и, наоборот, при увеличении содержания компонентов, препятствующих графитизации (марганца, серы), увеличивается линейная усадка отливки. Так как колебание содержания серы и фосфора в чугуне незначительно, а марганец мало влияет на графитизацию, то практически усадка чугуна изменяется пропорционально сумме углерода и кремния. Степень механического торможения усадки зависит от отношения площади поверхности стенок отливки, препятствующих усадке, к площади стенок, вызывающих усадку. Чем это отношение больше, тем меньше действительная линейная усадка отливки.

Искажение размеров отливки может быть вызвано воздействием на стенки формы жидкого металла. Например, тепловое расширение материала формы иногда настолько велико, что приводит к уменьшению размеров полости формы и, следовательно, толщины стенки отливки.

Неточная сборка комплекта стержней или формы вызывает искажение размеров отливки.

*Короблением* – дефект в виде искажения конфигурации под влиянием



напряжений, возникающих при охлаждении, а также из-за неправильной модели (рис. 74).

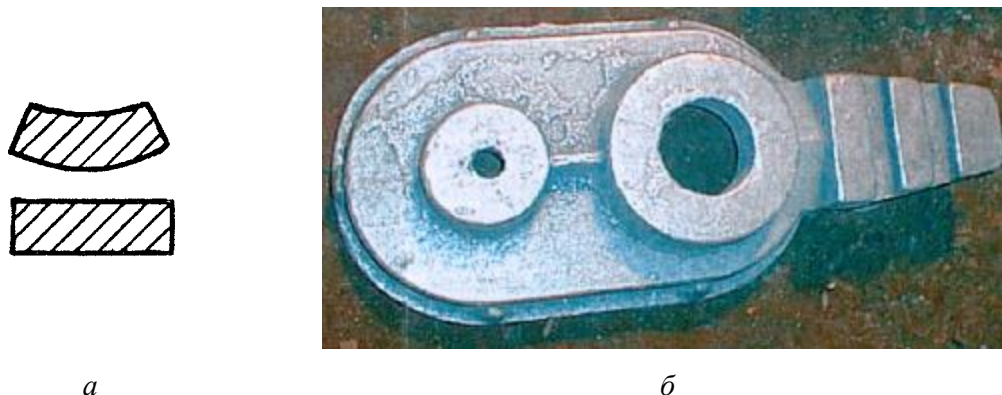


Рис. 74. Дефект – коробление:  
*а* – схема; *б* – дефектная отливка

Данный тип дефекта возникает из-за нетехнологичности отливки; ранней выбивки отливки из формы; неравномерного охлаждения отливки в форме; неправильной укладки отливок при термообработке или нарушении ее режима; применения дефектной модельной оснастке (коробление моделей); недостаточной податливости стержней и отдельных частей формы.

Для устранения коробления необходимо не допускать резких переходов сечений сопрягаемых стенок отливки, использовать в конструкции отливки ребер жесткости, галтелей и технологических отверстий, изготавливать модели с обратным выгибом; не допускать преждевременной выбивки отливок из формы; изменить конструкцию литниковой системы так, чтобы обеспечить равномерное охлаждение различных частей отливки (применять подвод металла в тонкие части отливки, рассредоточенную литниковую систему); применять холодильники для обеспечения равномерности охлаждения частей отливки; не допускать свешивания больших частей отливок, применять опорные приспособления, укладку производить партиями с одинаковой толщиной стенок отливки; проводить термическую обработку для снятия внутренних напряжений отливок; хранить модель в сухом закрытом помещении на специальных стеллажах, усилить жесткость моделей; не применять в работе покорбленные модели; не допускать переуплотнения формы (стержня), контролировать плотность набивки.

*Вылом* – механическое повреждение, нарушение целостности отливки, не связанное с процессом ее затвердевания в форме (рис. 75). Наиболее часто механические повреждения возникают при выбивке, обрубке и очистке отливок. При этом может произойти вылом части тела отливки, образование трещин, искривление и т. д.

Механические повреждения отливок могут быть вызваны преждевре-

менной выбивкой отливок из форм, когда сплав не обладает достаточной прочностью. В этом случае при ударах и сотрясениях затвердевшие литники откалываются вместе с менее прочными горячими участками отливки. Повреждение отливок при выбивке часто связано с образованием заливов у литниковой воронки или чаши, затрудняющих выбивку отливки из формы.



Рис. 75. Дефект – вылом:  
*a* – схема; *б* – дефектная отливка

Механические повреждения (обычно трещины) возникают при обрубке и правке деталей в штампах на механических прессах.

Способы предупреждения механических повреждений. Наиболее простым способом отделения литников и прибылей является их отламывание и обрубка. Во избежание механических повреждений эти приемы можно использовать только в том случае, если сечение питателя меньше сечения части отливки, к которой он подведен, причем плоский питатель отламывается всегда легче, чем круглый или квадратный. Для обеспечения более легкого отделения питателей от отливки рекомендуется: подвести питатель в более массивную часть отливки; уменьшить по возможности площадь сечения питателя; изменить форму питателя, значительно уменьшив его толщину; осуществить подвод металла через несколько питателей меньшего сечения; выполнить вблизи отливки на питателях пережим.

Прибыли и литники следует удалять до отжига отливок, так как после отжига отбить их значительно труднее и опасность появления механических повреждений больше. Достаточно массивные прибыли рекомендуется выполнять легкоотделяемыми, для чего между ними и отливкой устанавливают специальные керамические пластины. При невозможности использования легкоотделяемых прибылей для их удаления следует применять огневую или холодную резку.

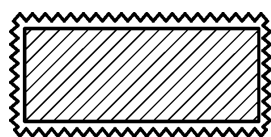
Отливки следует выбивать из форм после полного их затвердевания. Для предупреждения механических повреждений рекомендуется перед выбивкой отливки подсекать (удалять) залив расплава около литниковой воронки.

ки. Однако питатели и стояк к этому времени должны уже полностью затвердеть.

Мероприятия по предупреждению образования дефектов при правке сводятся в основном к проверке пригодности отливок для операций правки и к контролю состояния инструмента и оборудования.

*Дефекты поверхности.*

*Пригар* – это слой на поверхности отливки, состоящий из оплавившихся частиц формовочных материалов, пропитанных основным сплавом, окислами его компонентов и продуктами их взаимодействия с составляющими формовочной смеси (рис. 76). Этот слой прочно удерживается на поверхности отливки.



*а*



*б*

Рис. 76. Дефект – пригар:  
*а* – схема; *б* – дефектная отливка

Пригар, образующийся на поверхности отливки, может быть вызван двумя причинами: проникновением металла в поры стенок формы, т. е. в пространство между зёрнами песка, в результате чего образуется металлический скелет, прочно удерживающий зёрна (механический пригар); спеканием и химическими реакциями образующейся на поверхности металла окисной пленки с формовочным материалом (химический пригар).

Первый процесс усиливается высоким напором металла и высокой жидкотекучестью металла, которая, в свою очередь, зависит от температуры заливки. Это объясняется проникновением металла в поры действием капиллярных сил.

Глубина проникновения возрастает с увеличением размеров зёрен и напора металла. Металл проникает преимущественно в крупные поры, которые затем расширяются за счёт пор меньших размеров. Находящиеся в поверхностном слое формы зёрна песка спекаются в большей или меньшей степени в зависимости от температуры заливки и состава формовочного материала. С

уменьшением температуры спекания образующихся силикатов размеры пор, по которым металл проникает вглубь формы, все более уменьшаются, и при полном спекании зерен песка проникновение металла прекращается.

Спекшийся слой силикатов, особенно при высоких температурах может вызвать образование прочного пригара. Чем больше плотность набивки формы, т.е. чем прочнее форма, тем в меньшей степени происходит пригар. Наибольшей стойкостью против пригара обладает смесь крупнозернистого песка с более мелким. В этом отношении особое значение имеет состав смеси.

Чем больше глины или бентонита содержит сырая формовочная смесь, тем более неровной будет поверхность отливки. Аналогичное влияние оказывает также вода. Считают, однако, что при образовании пригара форма зерен (круглая или остроугольная) не имеет никакого значения.

При низкой температуре заливки и коротком периоде воздействия жидкого металла на стенку формы поверхность отливки будет тем более гладкой, чем мельче будут зерна песка. Поэтому при изготовлении тонкостенных отливок из сплавов, имеющих относительно низкую температуру плавления, следует применять мелкозернистый песок.

Правда, с уменьшением размеров зерен уменьшается газопроницаемость формы, и нередко, именно, гладкая поверхность отливки служит признаком наличия пористости в стенке отливки.

На поверхности зерен песка, соприкасавшихся с жидким металлом, образуется покрытие различной толщины. Это покрытие снижает температуру спекания песка. Крупные сухие формы и стержни защищают от пригара покрытием их формовочной краской. Чем меньше глины содержит краска, тем выше температура ее спекания и тем более эффективной будет ее действие. Сырые формы защищают в известной мере от пригара припыливанием или опрыскиванием их стенок серебристым графитом, жидким стеклом, патокой и т.п.

*Ужимина* – дефект в виде углубления с пологими краями, заполненного формовочным материалом и прикрытого металла, образовавшаяся вследствие отслоения формовочной смеси при заливке (рис. 77). В зависимости от условий образования ужимины могут иметь вид неглубоких вытянутых канавок или впадин, тонких плоских, неправильной формы наростов, сопровождающихся значительными песчаными включениями. Иногда образуются ужимины, в которых отсутствует прослойка формовочной смеси, удалить их весьма трудно.

В процессе заливки поверхностные слои формы быстро высыхают, а испаряющаяся из них влага перемещается в менее прогретые слои формы, где конденсируется, образуя малопрочную зону со значительно повышенной (по сравнению с первоначальной) влажностью и температурой около 100 °С. Существенной особенностью этой зоны является резко выраженная граница. Условно эту зону принято называть зоной конденсации влаги. С увеличением длительности воздействия тепла жидкого металла зона конденсации удаляет-

ся от поверхности вглубь формы, а температура поверхности формы и расстояние от нее до зоны конденсации влаги быстро возрастают.



*а*



*б*

Рис. 77. Дефект – ужимина:  
*а* – схема; *б* – дефектная отливка

Формовочные смеси при нагреве расширяются. Кроме того, при температуре 573 °С изменяется кристаллическое строение кварцевого песка, сопровождающееся дополнительным увеличением объема. Расширение формовочных и стержневых смесей при их нагреве расплавленным металлом сопровождается линейными и объемными изменениями.

В начальный период прогрева поверхностных слоев формы вследствие теплового расширения зерна песка стремятся выдавить разделяющие их связующие в поры формы. Кроме того, органические связующие выгорают, освобождая межзеренные прослойки. В этом периоде внешние размеры рабочей полости формы практически не увеличиваются. В последующий период нагрева поверхностные слои формы (или стержня) расширяются. Свободному расширению этих слоев формы препятствуют соседние участки формы, и в поверхностной корке возникают сжимающие температурные напряжения. Величина температурных напряжений характеризуется нагрузкой, которую необходимо приложить для преодоления расширения образца формовочной или стержневой смеси и сохранения его начальной высоты при нагреве.

Под действием этих напряжений возможно отслоение и разрушение поверхностной корки формы вдоль зоны конденсации влаги. В результате первоначальная геометрия полости формы искажается. Заполняющий форму металл воспроизводит все нарушения целостности формы, что приводит к возникновению на поверхности отливки дефектов, называемых ужиминами.

Неравномерное уплотнение формы обуславливает неравномерную прочность и газопроницаемость, а, следовательно, и неравномерные давления газов и деформации в стенках формы. Поэтому при употреблении жирных глинистых песков основное внимание следует обращать на обеспечение равномерного уплотнения. Однако равномерное уплотнение может быть достиг-

нуто лишь при использовании тщательно смешанного формовочного состава. Нельзя допускать применения формовочной смеси с комками, так как это создаст иную степень уплотнения, чем при рыхлом составе.

Уплотнение смеси, подвергнутой последующему разрыхлению, происходит значительно лучше, чем если бы она была только перемешана в бегунах.

Большой процент содержания пыли также способствует образованию ужимин на толстостенных отливках. Нужно избегать слишком сильного уплотнения смеси, так как это снижает газопроницаемость. Лучше плотно утрамбовывать смеси из тощих песков, чем из слабо жирных.

Слишком высокое содержание влаги в формовочном материале и главным образом неравномерное распределение воды вызывает образование ужимин. Это особенно часто происходит, если форма недостаточно газопроницаема, чтобы вывести наружу образующуюся при заливке волну газа. Следовательно, формовочная смесь должна иметь оптимальное содержание влаги и быть хорошо перемешанной.

Сказанное полностью относится к облицовочной смеси, так как именно эта смесь должна пропустить газы, образующиеся при заливке формы. Наполнительная смесь должна обладать такими же свойствами, что и облицовочная. Непросушенные литейные формы в большей степени склонны к образованию ужимин, чем высушенные. Недостаточная, неглубокая и прежде всего неравномерная просушка форм и стержней весьма сильно способствует образованию ужимин, особенно при длительном простое готовой формы и сборке ее в горячем состоянии. Сухая форма обладает меньшей газопроницаемостью и расширяется больше, чем сырая.

Температура сушки должна быть достаточно высокой, с тем, чтобы можно было удалить из глины кристаллизационную воду.

Трещины, образующиеся в процессе сушки форм и стержней, предопределяют образование ужимин. Опасность их возникновения можно уменьшить, применяя при сушке увлажненный воздух, который имеет еще и то преимущество, что обеспечивает равномерное просушивание и ускорение сушки по глубине.

Газы, образующиеся при заливке формы, должны иметь достаточную возможность быстро выйти из поверхностных слоев формы, подверженных опасности поражения ужиминами. Такая возможность обеспечивается хорошей газопроницаемостью формы, которую можно повысить применением каменноугольного шлака или кокса, а также устройством вентиляционных каналов.

Прежде всего, необходимо создавать вентиляционные каналы в нижней части формы, лучше ставить форму на основание, пропускающее воздух, например, на колосниковую решетку. Аналогичный эффект достигается при применении форм, в которые закладываются вышеуказанные добавки, а также установкой их на постель из шлака. Но в этом случае необходимо следить

за тем, чтобы постель не была сырой. Органические связующие материалы, сгорающие при заливке, уменьшают склонность к образованию ужимин. Кирпичная кладка для глинистых форм должна иметь во многих местах воздухопроницаемые прокладки из золы и соломенных веревок. Газы, выделяющиеся при заливке из формы, следует поджигать, поскольку при их сгорании возникает тяга. Создание вентиляционных каналов является хорошим средством устранения ужимин. Однако лучше всего, конечно, иметь газопроницаемую форму, чтобы избежать неэкономичного проделывания вентиляционных каналов.

Формы и стержни, обгоревшие при сушке, всегда являются причиной образования ужимин. Поэтому следует избегать применения форм с заделанными трещинами, обломанными частями, так как это может лишь усилить образование ужимин.

Образованию ужимин можно противодействовать, принимая соответствующие меры при заливке. В отливках с большими горизонтальными поверхностями следует следить за тем, чтобы металл быстро покрывал их.

Система питателей должна быть устроена таким образом, чтобы металл заливал форму равномерно. Большие тонкие плиты должны заливаться быстро. Надежным средством предупреждения отделения отслоений на стенке формы является создание в форме давления во время заливки. Это достигается тем, что входные отверстия стояков, по крайней мере, в начале заливки, держат закрытыми глиняными пробками.

*Нарост* – дефект в виде выступа произвольной формы, образовавшийся из-за загрязнения формовочными материалами металла вследствие местного разрушения (обвала) литейной формы (рис. 78).

При обвале крупных участков форм и стержней значительно искажаются размеры и конфигурация всей, отливки. Подобное разрушение является причиной нароста. Металл заполняет разрушенные, отвалившиеся участки формы, а на отливке образуются характерные приливы, по внешнему виду соответствующие отвалившимся участкам формы. Причиной разрушения отдельных участков формы и образования обвалов часто является недостаточная прочность формовочной смеси на разрыв. Под действием собственного веса уплотненной смеси в верхнем болване возникают растягивающие напряжения, достигающие максимального значения у основания болвана. При недостаточной прочности формовочной смеси на разрыв такой болван может оторваться при транспортировке форм под заливку, различных толчках и других внешних воздействиях на собранную форму. В результате в отливке образуется нарост.

В процессе многократных заливок даже при введении оптимального количества освежающих добавок и при постоянной прочности на сжатие, прочность на разрыв находящихся в обороте формовочных смесей резко падает. Это создает условия для местных разрушений формы и образования дефектов отливок-наростов. Следовательно, проверка прочности на разрыв формовоч-

ных смесей дает наиболее достоверные сведения о возможности возникновения обвалов. Наиболее часто причиной обвалов являются различные нарушения технологического процесса формовки и сборки форм: неправильная установка груза на собранную форму; недостаточное количество крючков, солдатиков и шпилек при мелкосерийном производстве отливок; использование покоробленных опок, опок с дефектами рабочей поверхности и крестовин; неисправная работа подъемных и вытяжных механизмов формовочных машин, приводящая к образованию в форме разрывов и трещин; неисправности подъемно-транспортных механизмов; применение неисправных крепежных приспособлений и т.д.



Рис. 78. Дефект – нарост:  
а – схема; б – дефектная отливка

Для предупреждения образования обвалов необходимо тщательно соблюдать технологию на всех операциях формовки, сборки, транспортировки и заливки форм, проверять состояние оборудования и модельно-опочной оснастки. Неисправности в работе формовочно-заливочного оборудования следует своевременно устранять, а поврежденные опоки заменять новыми. Необходимо предотвращать резкие толчки, встряхивания при кантовании и установке форм на заливочный плац, конвейер, рольганг. Обеспечивать плавное передвижение собранных форм на всех транспортных устройствах, правильную и равномерную установку грузов и т.д.

Формы следует равномерно уплотнять. Крючки, солдатiki и шпильки нужно устанавливать в требуемых по технологии количествах. Состав, способ приготовления и физико-механические свойства формовочных и стержневых смесей должны соответствовать техническим условиям. При уменьшении прочности формовочной смеси на разрыв, следует увеличивать в составе смеси количество активной глины или бентонита.

Сушка или твердение форм и стержней должны соответствовать требованиям технических условий. Готовые формы и стержни необходимо тща-



тельно контролировать. Ремонт и заделку поврежденных участков следует выполнять с особой тщательностью и соблюдением максимальной осторожности. При скреплении или нагружении полуформ следует избегать ударов и толчков. Расположение готовых форм должно обеспечить возможность свободного доступа к ним с ковшем металла и выполнения всех приемов заливки.

Контрольные вопросы.

1. В отливке появился дефект – ужимина. Влияет ли глина, входящая в состав формовочной смеси, на образование этого дефекта?
2. Какое влияние и почему окажет на образование ужимин замена свежего формовочного песка на горелую смесь?
3. Чем может быть вызвано образование пригара на отливках?
4. Что такое коробление отливки? Причины образования?
5. Причины появления разностенности отливок.
6. Причины образования недолива.
7. Дефекты поверхности отливок.
8. Что такое пригар? Виды пригара.
9. Что такое шероховатость поверхности?

## **ЛЕКЦИЯ 16.**

### **ТЕМА: ДЕФЕКТЫ В ОТЛИВКАХ. Ч.2. НЕСПЛОШНОСТИ В ТЕЛЕ ОТЛИВКИ**

План лекции

1. Дефекты несплошности в теле отливки.
2. Включения.
3. Несоответствие по структуре.

Группа «несплошности в теле отливки» относится к самому сложному разделу литейной технологии. В ее состав входят: разновидности трещин в отливках; газовые раковины; усадочные раковины.

*Горячие трещины.* Основной причиной образования наружных горячих трещин являются силы сопротивления усадке отливок, создаваемые формой или возникающие вследствие разницы в скоростях охлаждения отдельных частей отливки (рис. 79).

При охлаждении залитого в форму металла у стенок образуется тонкая корочка твердой фазы, из которой внутрь жидкого металла начинают прорастать дендриты. Вокруг них располагаются пленки остаточного жидкого металла, глубоко заходящие в связи между кристаллами и образующие острые

надрезы.

При возникновении в корочке напряжений вследствие торможения усадки формой или смежными элементами отливки наружная корочка, имеющая гораздо более низкую температуру, чем слой дендритов, пластически растягивается, а скелет дендритов, имеющий надрезы в виде глубоко проникающей в него жидкой фазы и лишенный из-за высокой температуры пластических свойств, дает трещину.



Рис. 79. Дефект – горячая трещина:  
а – схема; б – дефектная отливка

По мере нарастания твердой корки в зависимости от величины затрудненной усадки трещина выходит на поверхность отливки или на отдельных участках остается под коркой металла.

Горячие наружные трещины – это поверхностные или сквозные разрывы тела отливки, имеющие неравномерную ширину и извилистый характер. Располагаются перпендикулярно оси напряжений, иногда в виде нескольких параллельных между собой надрывов. Излом трещин межкристаллитный, темный, покрытый слоями окислов; иногда на нем обнаруживаются дендриты. Такие трещины частично или полностью завариваются жидким металлом из незатвердевших внутренних частей отливки. В этом случае на поверхности отливки над трещиной образуется гребень затвердевшего металла

Основными факторами, влияющими на образование горячих наружных трещин на отливках, являются: свойства литейной формы (податливость, теплоаккумулирующая способность смеси); условия заливки металла в форму (температура, длительность, место подвода металла); конструкция отливки; химический состав стали.

Создание достаточной податливости формы в процессе линейной усадки отливки является классическим способом устранения горячих трещин. Однако переход к смесям на жидком стекле, резко поднявший производитель-

ность стержневых работ, создал большие трудности в обеспечении свободной усадки отливок. Несмотря на принятие мер по увеличению податливости стержней; (выполнение оболочковых стержней, специальных колодцев в местах затрудненной усадки и др.), жидкостекольные смеси не позволяют эффективно использовать фактор податливости.

Замена жидкостекольных смесей смесями со смолами позволяет резко увеличить податливость стержней из-за быстрого разупрочнения смеси при высоких температурах. Однако в ряде случаев такая замена приводит к возникновению на тонкостенных отливках трещин в местах, где ранее их не было. Такое явление вызвано уменьшением теплоаккумулирующей способности этой смеси по сравнению с жидкостекольной хромомagneзитовой (хромитовой) смесью, которой облицовывались стержни в районе тепловых узлов. Таким образом, в этом случае вступают в противоречие два фактора – увеличение податливости и уменьшение теплоаккумулирующей способности смеси, что и приводит к возникновению усадочных дефектов в узлах, и, как следствие этого, к трещинам.

В борьбе с горячими трещинами, возникающими в районе тепловых узлов отливки, эффективным является использование специальных теплоаккумулирующих смесей на основе хромита с металлической дробью.

Следующим фактором, определяющим качество отливок, являются условия заливки металла в форму. Несмотря на большое количество рекомендаций, приводимых в отечественной и зарубежной литературе, этот вопрос остается открытым, особенно в области оптимальной температуры и скорости заливки. Решение его связано с большими трудностями из-за невозможности создания постоянных температурных условий заливки формы. Большая номенклатура, разнообразие весов, габаритных размеров и толщин стенок отливок требует индивидуального подхода к каждой группе отливок.

При изготовлении массивных толстостенных отливок температурный режим часто не оказывает решающего воздействия на величину и количество наружных горячих трещин.

Скорость заливки формы также не оказывает решающего влияния на трещинообразование. Малая теплоаккумулирующая способность формовочных смесей, по сравнению с металлическими изложницами, применяемыми при изготовлении слитков, не обеспечивает достаточно быстрый рост корочки металла, способного сопротивляться ферростатическому давлению жидкого металла. Увеличение времени заливки на отливках корпусов нагнетателей и цилиндров в два и три раза не привело к уменьшению количества трещин, однако, вызвало дефекты типа ужимин и пригара.

Существующая тенденция применения минимально возможной температуры заливки толстостенных массивных отливок не всегда оправдана, поскольку создает угрозу замораживания стопора разливочного ковша. При назначении нижнего предела температуры заливки для массивных отливок следует руководствоваться условиями надежной работы стопоров, а верхний

предел определится возможностями применяемых смесей.

Для тонкостенных отливок целесообразно применение высокотемпературной заливки исходя из условий хорошей заполняемости форм. Для этих отливок наиболее выгодным является рассредоточенный подвод металла в тонкие части большим количеством питателей, исключающий вероятность образования трещин.

Конструкция литниковой системы должна учитывать схему развития напряжений при усадке отливки.

Конструкция литого изделия определяет степень развития усадочных напряжений и может способствовать или препятствовать зарождению и развитию горячих трещин. Сочетание в конструкции тонких стенок с массивными узлами, резкие переходы от тонких частей отливки к массивным, наличие на стенках выступающих приливов и патрубков, недостаточно плавное сопряжение элементов конструкции – все это значительно облегчает условия образования трещин.

Учитывая склонность теплоустойчивых сталей к образованию горячих трещин, конструкцию отливок необходимо создавать компактной, с направленной толщиной стенок. Следует избегать Х-образных и Т-образных сочетаний, особенно в тонкостенных отливках. Выступающие относительно корпуса патрубки должны иметь минимально допустимую длину. Радиусы сопряжений элементов конструкции и особенно горизонтальных плоскостей с вертикальными, должны быть достаточно большими, чтобы релаксация усадочных напряжений происходила на достаточно большой длине стенки.

Наружные горячие трещины в стальных отливках возникают и развиваются преимущественно по границам первичных кристаллов. На их возникновение существенное влияние оказывают содержание различных элементов металла и технология плавки.

Снижение серы в сталях до 0,010-0,015 % во всех случаях оказывает положительное влияние на качество отливок. При более высоком содержании серы в интервале температур 1368-988 °С происходит ее выделение из раствора в виде жидкой фазы, ослабляющей границы зерен. С целью снижения отрицательного влияния серы на трещинообразование при выплавке сталей для ответственных паротурбинных отливок ее содержание ограничено 0,010-0,015 %.

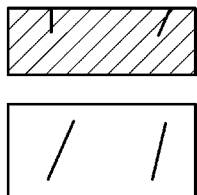
*Холодные трещины.* Холодными трещинами обычно называют нарушения сплошности тела отливки, возникающие вследствие развития литейных напряжений (термических, фазовых и усадочных) при переходе из области пластических деформаций в область упругих (рис. 80).

Холодные трещины – это разрывы тела отливки, имеющие равномерную ширину. Поверхность излома – мелкозернистая, блестящая или покрытая цветами побежалости.

По интервалу температур образования к холодным трещинам следует отнести и трещины, встречающиеся в классификациях под названием «рас-

кол» и образующиеся в результате случайного механического повреждения.

В энергомашиностроении холодные трещины чаще всего возникают в чугунных и стальных отливках замкнутой формы, с большим различием толщин стенок при недостаточной толщине ребер жесткости. Причинами образования этого дефекта могут явиться плохая податливость стержней, наличие массивных литых каркасов, заливки и другие факторы.



а



б

Рис. 80. Дефект – холодная трещина:  
а – схема; б – дефектная отливка

*Газовые раковины.* По причине возникновения газовые раковины можно разделить на металлургические и технологические. Первую группу образуют газы, расположенные в жидком металле. Технологическую группу дефектов составляют источники газов, связанные с технологией литейной формы. Технология выплавки стали и чугуна в условиях НЗЛ позволяет почти полностью избежать брака отливок по газовым раковинам из-за некачественного металла. Из технологических факторов, вызывающих появление газовых раковин на отливках, определяющими являются следующие: неудовлетворительный вывод газов из стержней и форм; низкокачественные исходные материалы для изготовления смесей и красок; некачественная сушка формы и стержней; неправильно выполненная литниковая система; неправильный режим заливки формы.

Внешний вид и расположение газовых раковин на отливке зависят от перечисленных факторов.

По форме газовые раковины получались двух типов: шаровидные с размерами от 2 до 15 мм (часто сопровождаемые корольками) и округлые, вытянутые. Длина последних в некоторых случаях достигает 600 мм, ширина – 20 мм, глубина – 30 мм. Полости этих раковин заполнены «языками» металла, имеющими гладкую блестящую поверхность, покрытую тонким слоем окислов железа и соединенных с металлом отливки у основания (рис. 81).

Поверхность газовых раковин может быть окисленной (черной, темно-коричневой или бурой), и не окисленной (светлой). В обоих случаях встреча-

ются раковины с гладкой или шероховатой поверхностью. Гладкая поверхность характерна для газовых раковин небольших размеров.

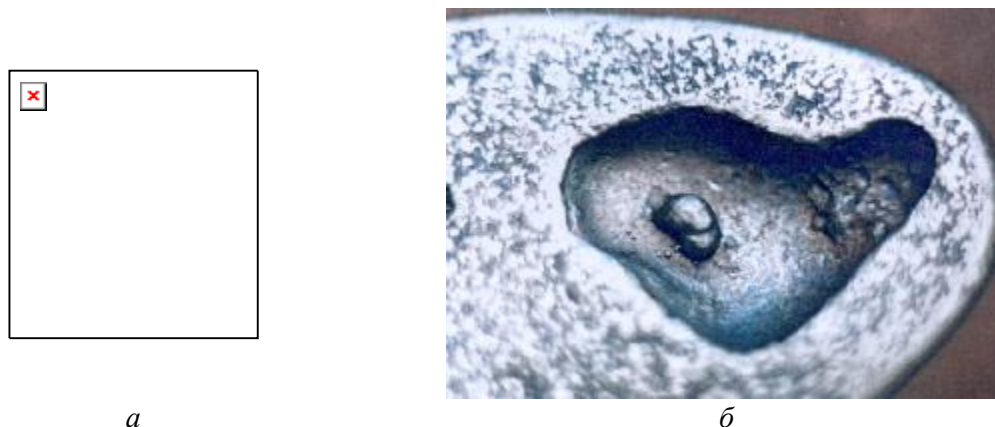


Рис. 81. Дефект – газовая раковина:  
*а* – схема; *б* – дефектная отливка

Газовые раковины с окисленной поверхностью возникают в результате инъекции воздуха через литниковую систему или из-за недостаточной величины выporов. В последнем случае воздух не успевает выходить из полости формы и захлестывается металлом. Причиной возникновения светлых газовых раковин может быть некачественное изготовление центрального стержня.

*Усадочные раковины* и *усадочная пористость* являются нарушением сплошности металла, резко снижают гидравлическую плотность отливок и могут стать причиной развития трещин в процессе эксплуатации изделия.

Усадочные раковины (рис. 82) представляют собой внутренние полости неправильной формы с шероховатой, часто дендритной поверхностью, сосредоточенные преимущественно в верхних, затвердевающих в последнюю очередь частях отливок. В большинстве случаев они имеют форму сужающейся книзу воронки с окисленной поверхностью, которая продолжается в виде отдельных замкнутых полостей. Усадочные раковины могут быть открытыми и замкнутыми. К ним относятся газоусадочные раковины типа утяжин, располагающиеся обычно вблизи внутреннего узла или углубления и не обязательно в верхней по заливке части отливки.

Разновидностью усадочных раковин является усадочная пористость (рис. 83), в частности, осевая усадочная рыхлота. Основным способом борьбы с усадочными раковинами является осуществление принципа направленного затвердевания отливки, а также улучшение литейной технологичности отливок.

*Шлаковая раковина.* Дефект в виде полости, полностью или частично заполненной шлаком (рис. 84). Возникает из-за попадания шлака в форму во время заливки; неправильного расчета и конструкции литниковой системы и низкой вязкости шлака.

Для устранения шлаковой раковины необходимо тщательно очищать ковш от остатков предыдущей плавки; при заливке применять чайниковые или стопорные ковши или сгущать шлак; проверять расчет литниковой системы; применять литниковые системы с шлакоуловителем, питатели расширяющегося типа для отливок из стали; литниковые чаши, обеспечивающие задержку шлака; фильтровальные сетки в литниковой системе; повышать вязкость шлака путем присыпки в ковш сухого кварцевого песка.

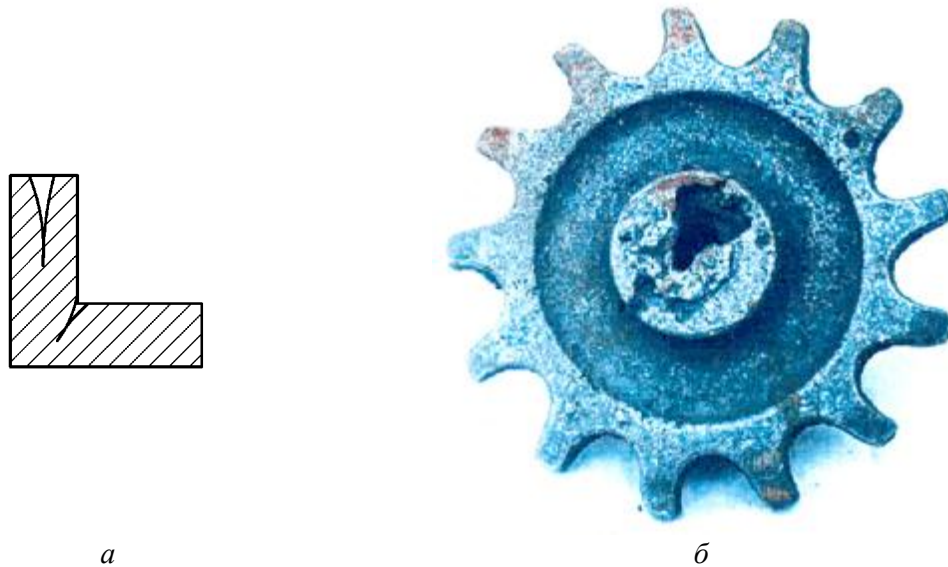


Рис. 82. Дефект – усадочная раковина:  
а – схема; б – дефектная отливка

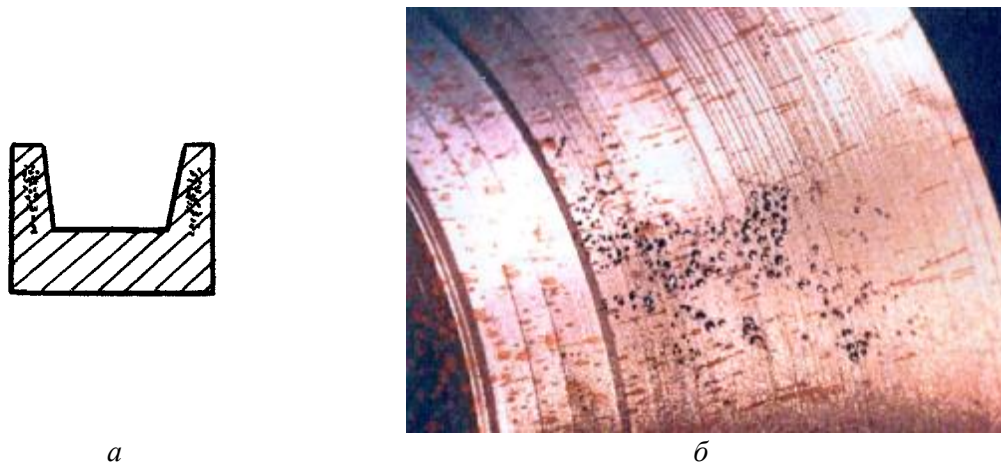


Рис. 83. Дефект – усадочная пористость:  
а – схема; б – дефектная отливка

*Несоответствие по структуре (отбел).* Дефект в виде твердых, трудноподающихся механической обработке мест в различных частях отливки из

серого чугуна, вызванных скоплением структурно свободного цементита (рис. 85).

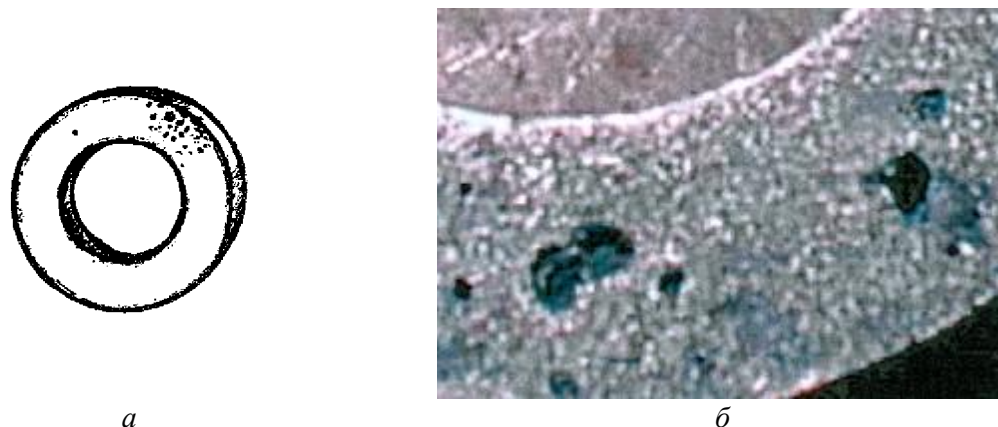


Рис. 84. Дефект – шлаковая раковина:  
*a* – схема; *б* – дефектная отливка

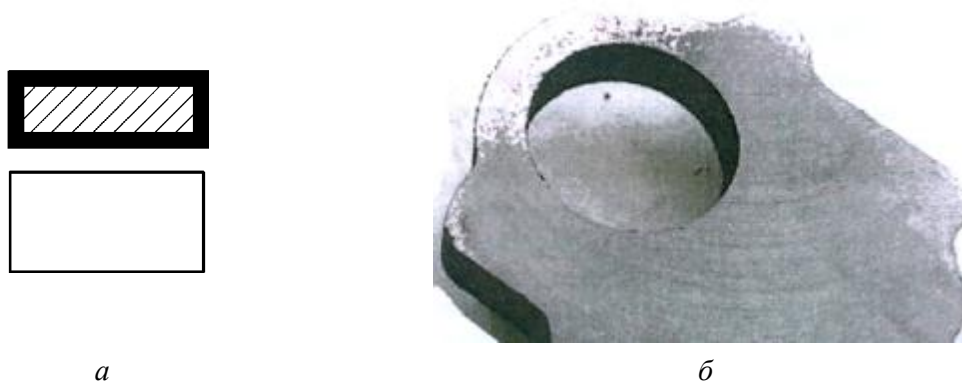


Рис. 85. Дефект – отбел:  
*a* – схема; *б* – дефектная отливка

Возникает из-за несоответствия химического состава чугуна; низкой температуры заливаемого металла; низкой температуры металлической формы (кокиля) перед заливкой; высокой влажности формовочной или стержневой смеси; неправильного подвода металла к отливке; не проведения термической обработки отливок или нарушения ее режимов.

Для предупреждения дефекта необходимо выдерживать содержание кремния, фосфора и углерода в жидком чугуне в пределах требования ГОСТа, применять раскислители; контролировать температуру заливки термометром погружения или оптическим пирометром; подогреть кокиль перед заливкой до 250-300 °С; уменьшить содержание влаги до минимума, выдержать формы до заливки их металлом; изменить конструкцию литниковой системы, металл подводить в тонкие части отливки для выравнивания скорости охлаждения;



проводить термическую обработку для снятия внутренних напряжений отливок.

Контрольные вопросы.

1. Какова физическая сущность и природа объемной и линейной усадки сплавов?
2. Объясните разницу в усадке металла и в усадке отливки.
3. В каких местах фасонных отливок обычно располагаются сосредоточенные усадочные раковины? Какими способами можно это заранее определить по чертежам отливок?
4. В каких видах могут находиться газы в отливках, их происхождение? Какое отличие имеют газовые раковины по сравнению с усадочными пороками?
5. Каковы источники образования газа в форме и зависимость количества газов в форме от количества первоначально содержащегося в ней воздуха?
6. Обобщите методы устранения газовых пороков в литье.
7. Почему внутренняя горячая трещина чаще образуется в наиболее массивной части отливки?
8. Что такое отбел на чугунных отливках? Является ли отбел устранимым дефектом?
9. Как отличить горячую трещину от холодной?

## **ЛЕКЦИЯ 17.**

### **ТЕМА: КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

План лекции

1. Оценка качества литой поверхности, влияние качества поверхности отливки на ее свойства.
2. Условия получения качественных поверхностей форм.
3. Пригар на поверхности отливок.
4. Мероприятия, предупреждающие образование пригара.

В большинстве случаев качество литых поверхностей доводится до требуемой нормы тем или иным способом механической обработки. Поэтому, если неудовлетворительная структура литого металла или недостаточная плотность отливки обычно приводят к ее забракованию, то низкое качество ее поверхности вызывает лишь затраты на дополнительную обработку. Только в том случае, если затраты на такую обработку будут превышать стоимость повторного изготовления отливки (что бывает, например, при большом прига-

ре), последняя бракуется. Поэтому качество литых поверхностей часто определяется наличием и величиной пригара.

*Поверхность с пригаром.* Пригар обычно определяют как неметаллический слой, состоящий из зерен песка, цементированных либо металлом после его затвердевания (механический пригар), либо неметаллическим расплавом, полученным в результате взаимодействия окислов металла и материалов формы (химический пригар). Из этого определения следует, что в основу классификации пригара (механический, химический) положено его строение.

В процессе заполнения формы расплавом, затвердевания и охлаждения отливки происходит повышение температуры и изменение состояния, состава и свойств формовочной смеси. При этом компоненты сплава взаимодействуют с компонентами материала формы и атмосферой, вступают в химические реакции, сплав выделяет и поглощает газы, оказывает силовое воздействие на стенки формы (размывает, сжимает элементы формы), проникает в поры формы и т.д. В результате указанных процессов в отливках образуются дефекты, ухудшающие качество поверхности отливок.

Этот слой прочно удерживается на поверхности отливки.

Образование пригара обусловлено проникновением сплава в поры формы под действием капиллярных сил и давления металла на стенки формы. Проникновение расплава в поры формы является первой стадией процесса образования пригара, а второй его стадией является химическое взаимодействие окислов металла, содержащихся в расплаве (окислов железа и легирующих элементов), и окислов, содержащихся в формовочных материалах. Химическое взаимодействие расплава и формы усиливает проникновение металла в поры формы [2].

Проникновение металла в поры формы начинается после прогрева частиц формовочной смеси выше температуры начала затвердевания сплава. Поэтому повышение температуры заливки и увеличение времени контакта с движущимся расплавом (длительности заливки) способствуют прогреву формы и проникновению металла в поры формы (рис. 86, *а*, *б*). Наоборот, добавка в формовочную смесь более теплопроводных материалов (хромомagneзита, хромистого железняка) ускоряет охлаждение отливки и образование на ее поверхности твердой корочки, что уменьшает возможность проникновения расплава в форму. Так как проникновение расплава в поры формы происходит под действием капиллярных сил и сил статического давления, применение материалов, плохо смачиваемых расплавом, и снижение давления расплава уменьшают пригар.

Давление, при котором начинается проникновение металла в поры формы, называют критическим. Величина критического давления зависит от материала формы (точнее, от его смачиваемости расплавом), зернового состава формовочной смеси и степени ее уплотнения, влияющих на размеры пор в форме.

Увеличение зернистости смеси приводит к увеличению размера пор и

степени проникновения расплава. При высоком перегреве сплава вследствие спекания мелких зерен возможно образование новых, более крупных пор. В этом случае проникновение сплава даже в мелкозернистую смесь значительное (рис. 87).

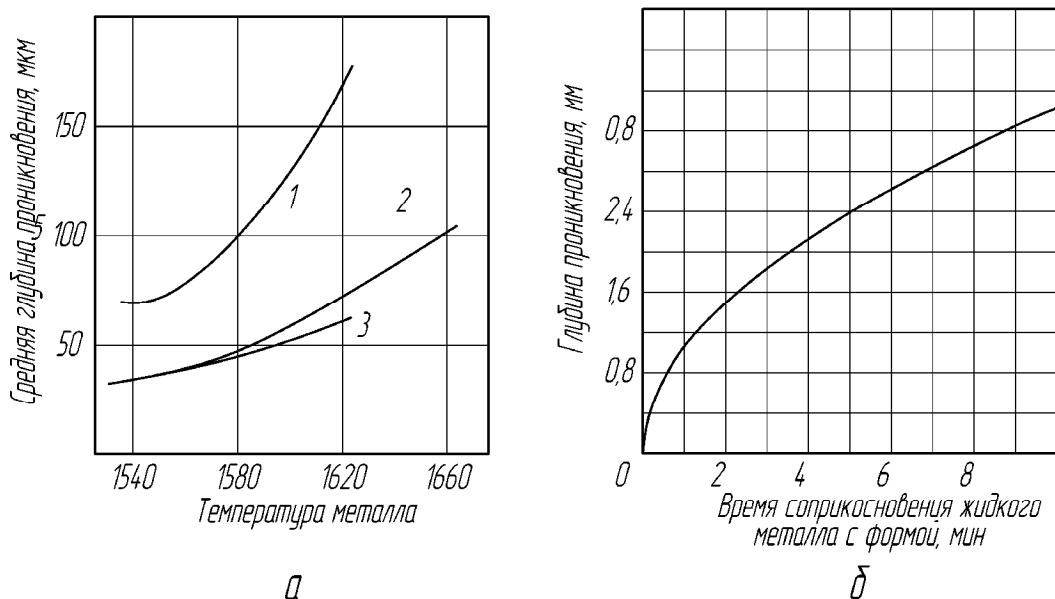


Рис. 86. Влияние температуры заливки (а) и времени соприкосновения жидкой стали при температуре 1600 °С (б) на глубину проникновения в поры формы:  
 1 – форма из кварцевого песка; 2 – форма из хромагнетита; 3 – форма из хромистого железняка

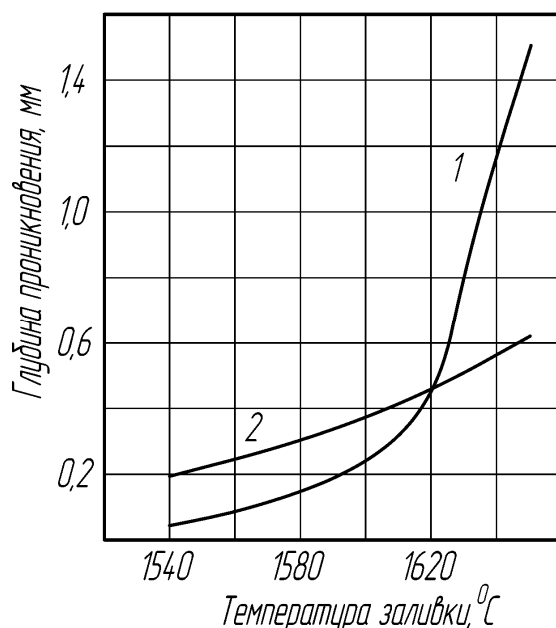


Рис. 87. Влияние температуры заливки и зернового состава формовочной смеси на глубину проникновения стали:  
 1 – мелкий песок; 2 – крупный песок

Проникновение расплава в поры формы сопровождается процессами химического взаимодействия компонентов сплава, а также окислов последних, и формовочной смеси. А так как продукты взаимодействия улучшают смачиваемость поверхности пор расплавом и имеют температуру плавления, более низкую, чем формовочный материал, усиливается проникновение металла в поры формы.

Проникший в форму сплав начинает интенсивно окисляться. Образовавшиеся окислы железа активно взаимодействуют с составляющими формовочной смеси, и образуются легкоплавкие соединения. Они хорошо смачивают зерна песка и основной сплав. Под действием металлостатического напора и капиллярных сил жидкие легкоплавкие соединения и расплав внедряются вглубь формы по мере ее прогрева, скрепляя зерна песка и образуя слой трудноудаляемого пригара. Химическое взаимодействие сплава с формой может продолжаться и после его затвердевания вплоть до температур 600-800 °С.

Под действием высокой температуры изменяются свойства кварцевого песка и глины в поверхностных слоях формы, происходит их спекание и оплавление. Одновременно наблюдается химическое взаимодействие окислов металла и формовочного материала, приводящее к возникновению новых минералов и образованию в форме зоны, называемой контактной (рис. 88). В общем случае эта зона состоит из трех слоев. В первом слое глубиной до 10-20 мм наблюдаются прожилки проникшего в форму сплава 1, растрескавшиеся зерна песка 4, легкоплавкие продукты химических реакций (новообразования) 3, поры 2. Заметно частичное спекание формовочной смеси. Во втором слое, обычно более светлом, заметны растрескавшиеся и оплавившиеся зерна песка 4, отдельные очаги новообразований 3. Глубина слоя достигает 15-30 мм, а при литье очень крупных отливок 50-60 мм. В третьем слое зерна песка 5 почти не изменяются, происходит оплавление лишь отдельных из них, а также легкоплавких частиц, присутствующих в формовочной смеси.

Общая величина контактной зоны и соотношение размеров отдельных ее слоев зависят от температуры заливаемого сплава и физико-химических свойств формовочных смесей. Например, вследствие уменьшения интенсивности взаимодействия между окислами металла и составляющими смесей на основе хромомagneзита и хромистого железняка пригарные корки получаемых в них стальных отливок сравнительно малы и легко отделяются.

Пригар характеризуется прочным сцеплением зерен формовочной смеси между собой и с металлом. Механический пригар – это охватывание зерен смеси проникшим расплавом. Прочное сцепление химического пригара с отливкой объясняется наличием прослойки соединений, обладающих хорошим сцеплением с металлом и частицами смеси.

Сила сцепления пригара с отливкой при комнатной температуре определяется соотношением величин существующего между ними сцепления и напряжений на границе сплав – пригар. Напряжения на границе сплав – пригар возникают вследствие разницы коэффициентов линейного расширения

этих материалов. Если эти напряжения превысят силы связи, то пригар может легко отделиться. Легкоотделимым считается пригар, который в виде корочки легко отделяется от отливки.

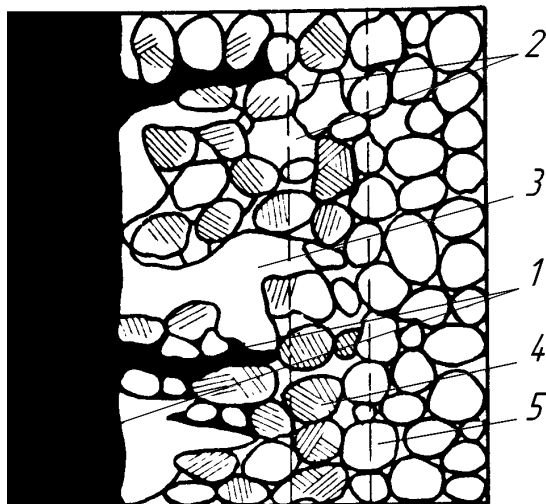


Рис. 88. Строение контактной зоны:

1 – отливка и сплав, проникший в поры или трещины формы; 2 – поры; 3 – новообразования; 4 – видоизмененные зерна песка; 5 – малоизмененные зерна песка

Обычно химический пригар прочно удерживается на поверхности отливки. Однако если в состав формовочной смеси ввести сильные окислители, например марганцевую или железную руду, то на границе раздела пригара и отливки образуется относительно толстый слой малопрочных окислов. В результате связь пригара с отливкой ослабнет и его легко удалить. Слой окислов должен иметь определенную толщину, иначе не произойдет легкого отделения пригара. Например, при применении песчано-жидкостекольной смеси толщина слоя окислов для обеспечения легкого удаления пригара должна быть не менее 100 мкм.

*Мероприятия, предупреждающие образование пригара.* Для предотвращения механического проникновения расплава в поры формы необходимо, чтобы давление расплава было меньше критического, и температура на поверхности формы была ниже температуры затвердевания сплава.

Ускоренное образование на поверхности отливки затвердевшей корочки, предотвращающей механическое проникновение металла в поры формы, достигается использованием облицовочных смесей с повышенной охлаждающей (теплоаккумулирующей) способностью. В табл. 39 приведена теплоаккумулирующая способность некоторых смесей для стального литья.

Замена в формовочных смесях кварцевого песка хромомагнетитом или цирконом такого же зернового состава, но имеющими более высокую охлаждающую способность, уменьшает механический пригар и снижает глубину проникновения расплава примерно вдвое.

При отливке деталей из специальных сталей или в особо тяжелых условиях для предотвращения пригара используют специальные холодильники и различные охлаждающие устройства.

Таблица 39

| Теплоаккумулирующая способность некоторых смесей для стального литья |  |
|--|--|
| Смесь  | Теплоаккумулирующая способность, ккал/м <sup>2</sup> ×ч×град |
| Песчано-глинистая  | 20-25  |
| Песчано-маршалитовая   | 30-35  |
| Быстротвердеющая   | 28-30  |
| Быстротвердеющая с пылевидным кварцем                                | 32-34  |
| Хромомагнетитовая  | 40-55  |
| Цирконовая   | 50   |

Уменьшение величины пор в формовочной смеси при применении мелкозернистых песков или среднезернистых песков с добавкой мелких фракций, а также при увеличении степени уплотнения формовочной смеси повышает критическое давление и уменьшает глубину проникновения расплава в поры формы (рис. 89). Повышение давления прессования до 1 Па при уплотнении формы наиболее эффективно для снижения проникновения металла; дальнейшее повышение давления прессования уже не вызывает заметного уменьшения глубины проникновения металла.

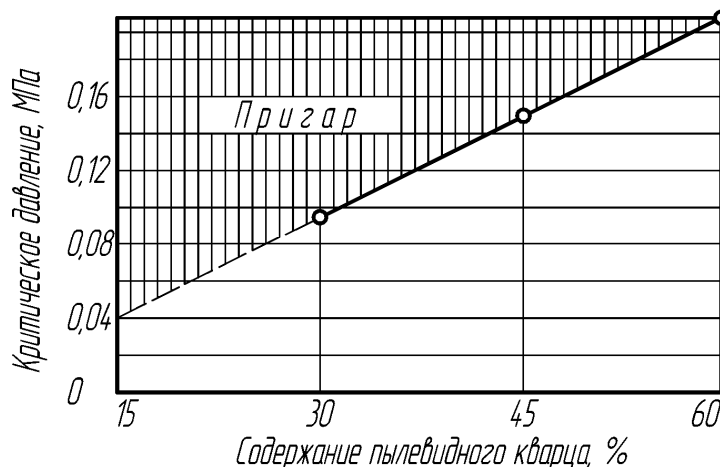


Рис. 89. Изменение критического давления с уменьшением пористости формы при введении в формовочную смесь пылевидного кварца

Влияние уплотнения наиболее существенно при использовании крупнозернистого песка.

Проникновение расплава уменьшается при снижении металлостатического давления расплава на стенки формы. Скорость заливки должна быть максимальной, а температура расплава минимально допустимой.

Для предотвращения или снижения интенсивности химической стадии

образования пригара следует, прежде всего, уменьшать окисленность расплава. Для уменьшения окисленности до попадания расплава в полость формы и в процессе заливки следует тщательно его раскислять, уменьшать контакт расплава с атмосферой, вводить в состав формовочных смесей специальные органические добавки, способствующие созданию в форме восстановительной атмосферы, и т.д. Восстановительная атмосфера в форме должна создаваться с момента попадания в нее первых порций расплавленного металла и сохраняться до окончания процесса взаимодействия окислов металла и формы. Добавки не должны загрязнять атмосферу цеха, оставлять в смеси вредные примеси, затруднять ее приготовление.

В качестве добавок наиболее распространены угли марок Г (газовый) и Ж (жирный). Степень помола угля следует уменьшать с увеличением средней толщины отливки. Недостатком каменноугольной пыли является значительное содержание серы и золы. Вместо угля в смесь можно вводить различные пеки, битумы, а также мазут. Наиболее активные и быстродействующие восстановители – это кальций, магний, алюминий, кремний, титан и другие, наносимые на поверхность формы.

Основным способом предупреждения пригара, особенно на крупных отливках, является нанесение на поверхность формы специальных противопригарных покрытий – литейных красок и паст на основе огнеупорных материалов. Покрытия создают на поверхности формы плотную, прочную и огнеупорную корку, препятствующую проникновению жидкого расплава в стенки формы. Противопригарное действие красок на основе материалов с высокой теплоаккумулирующей способностью объясняется образованием ими плотного барьера, препятствующего проникновению расплава. В качестве огнеупорного материала в красках используют аморфный и кристаллический графит, циркон, маршалит, корунд и др.

Цирконовые покрытия форм применяют для сложных отливок, к чистоте поверхности которых предъявляются повышенные требования. Если для тонкостенных отливок достаточна толщина цирконового покрытия 0,1 мм, то для получения чистой поверхности толстостенных отливок слой краски должен составлять не менее 0,5 мм. Хорошие результаты при изготовлении чугунных и стальных отливок обеспечивают краски на основе корунда.

Связующие материалы, применяемые в красках, делятся на три категории: крахмалистые, масляные, неорганические.

Эффективным средством предотвращения пригара стальных отливок, не имеющих крупных тепловых узлов, являются противопригарные пасты. В качестве основы противопригарных паст используют хромомagneзит, металлургический магнезит, хромистый железняк, циркон. Пасту наносят на слегка увлажненную поверхность формы слоем толщиной 1,5-4,0 мм и разравнивают смоченной в воде кистью. Выступающие углы формы, а также наиболее прогреваемые ее места, в частности, прилегающие к литниковой системе, покрывают более толстым слоем пасты. В течение нескольких часов формы, покры-

тые пастой, выдерживают на воздухе («проявливают»), затем сушат по режимам, принятым для песчано-глинистых форм. Начальная температура печи не должна превышать 100 °С, а скорость нагрева 50-70 град/ч. Если во время сушки происходит местное отслаивание пасты, то дефектное место слегка смачивают водой и покрывают пастой повторно.

Для цирконовых паст содержание примесей в цирконе ограничивают 5-7 %. Больше содержание примесей снижает огнеупорность и увеличивает пригар. Пасты на основе хромомagnesита и хромистого железняка рекомендуются использовать для отливок средних (до 5 т) и крупных (свыше 5 т), которые в обычных условиях получаются с пригаром.

Один из путей получения чистой поверхности отливок – искусственное создание на поверхности формы вязкой пленки, препятствующей проникновению кислорода и закрывающей поры смеси. Это достигается введением в формовочную смесь 0,2-2,0 % веществ, образующих с ней при нагревании вязкие легкоплавкие шлаки. К таким добавкам относятся щелочь, жидкое стекло, подмыленный шлок, апатитовая руда и др. Смеси с этими добавками можно применять многократно.

*Получение отливок с чистой поверхностью.*

*При формовке по-сырому.* Формовку по сырому применяют при изготовлении мелких и средних отливок как в единичном, так и массовом производстве. Обычно по-сырому получают отливки массой не более 500 кг, а в массовом производстве большей частью до 200 кг.

При выборе составов формовочных смесей для формовки по-сырому первоочередное внимание следует обращать на достижение достаточной прочности форм, качества песка, содержание в смеси глины, противопригарной добавки и воды.

Обычно при формовке по-сырому в серийном производстве на формовочных машинах или автоматических линиях применяют единые формовочные смеси, в которых преобладающей составляющей является отработанная смесь, т.е. важнейшей задачей является предварительная ее подготовка. Накопление в отработанной смеси дезактивированной глины, золы, угольной пыли, щелочных и щелочно-земельных и других примесей увеличивает пригар на отливках, поскольку взаимодействие окислов железа происходит в первую очередь с этими примесями и глиной. Чем выше содержание примесей в песке, тем ниже огнеупорность смеси и тем интенсивнее происходит взаимодействие смеси с металлом, а поэтому пригар на отливках больше.

Подготовка отработанной смеси, удаление из нее примесей повышает ее огнеупорность и способствует получению отливок с чистой поверхностью, без пригара.

Глина также ухудшает текучесть формовочной смеси, уплотняемость и вследствие этого качество поверхности форм и отливок. В массовом производстве при формовке по-сырому с целью уменьшения содержания глины в формовочных смесях все чаще применяют активированные бентониты вместо



каолиновых глин. Это позволяет достичь необходимой прочности смеси при меньших расходе глины и влажности (до 3 %) и тем самым улучшить качество поверхности отливок.

Форма должна достаточно прочной, чтобы выдержать тепловой удар и напор залитого металла, а, следовательно, избежать размывания и продавливания. Чем больше напор (высота отливки), тем прочнее должна быть форма. Необходимо учитывать также эрозионное динамическое воздействие потока жидкого металла.

Кроме того, за время контакта с жидким металлом форма не должна разупрочняться. Прочность формы зависит в основном от состава смеси и степени ее уплотнения. Наибольшая степень уплотнения достигается при высоком давлении. На современных линиях формовки под высоким давлением прочность форм при сжатии составляет 1,1-2,1 кгс/см<sup>2</sup>, что в значительной степени обеспечивает высокую точность и чистоту поверхности отливок.

При формовке по-сырому для повышения прочности в смесь вводят небольшие добавки (0,05-0,15 %) органического крепителя: сульфитно-дрожжевой бражки, декстрина, крахмалита и др. Формовочную смесь перед уплотнением необходимо тщательно разрыхлить, так как образовавшиеся в ней при приготовлении комья не разрушаются даже при большом давлении прессования, особенно в слоях формы, контактирующих с моделью и плитой. Эти комья ухудшают качество поверхности отливок.

Для получения отливок с гладкой поверхностью используют кварцевые пески группы 016 и 020 (ГОСТ 2138-91). При применении более крупнозернистых песков в облицовочную смесь необходимо вводить или мелкозернистый песок либо пылевидный кварц.

При формовке по-сырому влажность форм должна быть минимальной, чтобы испарение влаги во время заливки и контакта с жидким металлом было спокойным и не привело к отслаиванию смеси и образованию дефектов в отливках. В настоящее время изготавливают формы прессованием высоким давлением при влажности 2,0-3,5 %.

Для приготовления формовочных смесей с высокими физико-механическими свойствами при минимальной влажности необходимо высокоэффективное смешивающее оборудование [5]. Желательно и дальнейшее снижение влаги в смесях. Поэтому для формовки по-сырому желательны смеси с бентонитом, не содержащие воды и имеющие высокие противопопригарные свойства. Применение таких смесей позволяет получать отливки с весьма чистой поверхностью без ввода в смесь противопопригарных добавок.

С целью повышения поверхностной прочности и уменьшения пригара при формовке по-сырому формы иногда опрыскивают слабым раствором связующего, например, ЛСТ.

Значительно снижается образование пригара при добавке в смесь пылевидного кварца (20-30 %), цирконовой муки, графита и др. Однако необходимо при этом учитывать, что пылевидный кварц является вредным для челове-

ческого организма.

Эффективность действия противопригарной добавки очень сильно зависит от ее концентрации в поверхностном слое. При вводе противопригарных добавок в формовочную смесь при ее приготовлении расход добавок большой. Поэтому часто вместо единых смесей применяют облицовочные с большим содержанием противопригарной добавки. С этой же целью при изготовлении форм на автоматических линиях рекомендуют наносить жидкие противопригарные добавки только на поверхность формы [10].

*При формовке по-сухому.* Поскольку формовку по-сухому применяют для получения всех отливок массой свыше 200-500 кг, способы предотвращения пригара на них могут быть самыми различными в зависимости от состава сплава, массы и толщины отливки, предъявляемых к ней требований и др.

Наиболее распространенным способом предотвращения пригара на отливках при формовке по-сухому является покрытие поверхности форм и стержней противопригарными красками.

Противопригарные добавки в формовочные смеси при формовке по-сухому, например углеродосодержащие вещества, не применяют, так как они при сушке газифицируются и их противопригарное действие резко снижается.

При формовке по-сухому прочность форм в несколько раз больше, чем при формовке по-сырому, поэтому склонность к дефектам значительно меньше, а качество поверхности отливки намного лучше.

Если слой противопригарной краски, имеющий обычно толщину 0,1-0,5 мм, не позволяет предохранить отливку от пригара, применяют противопригарные пасты, имеющие по сравнению с краской (представляющей обычно суспензии) намного большую вязкость и позволяющие получить на поверхности формы или стержня слой противопригарного покрытия толщиной 2-6 мм. Для небольших стержней с этой же целью используют противопригарные натирки.

Если отливка имеет в отдельных тепловых узлах очень большую склонность к пригару, то соответствующие места в форме выполняют стержнями-вставками из высокоогнеупорных материалов (хромомagneзита, циркона, хромистого железняка и др.). Кроме того, в особо сложных случаях на стальном литье формовочную смесь готовят на основе высокоогнеупорного материала (хромистого железняка, циркона и др.).

При применении различных самотвердеющих смесей (жидкоподвижных, пластичных и сыпучих) вопросы борьбы с пригаром также являются очень актуальными. Формы и стержни из жидкоподвижных (наливных) самотвердеющих смесей имеют повышенную пористость и поэтому более склонны к проникновению в них металла и образованию пригара. В связи с этим приходится окрашивать формы два и даже три раза.

При применении стержневых смесей с синтетическими смолами, твердеющих в холодной или нагретой оснастке, из-за недостаточной термостой-

кости при соприкосновении с металлом смола часто разлагается или выгорает, в результате чего возникает просечка металла в поверхность формы и стержня. Для предупреждения этих дефектов в смеси вводят небольшое количество (0,5-2,0 %) окислов железа, железной руды и др.

Контрольные вопросы.

1. Чем может быть вызвано образование пригара на отливке?
2. Что такое механический пригар?
3. Чем отличается пригар химический от механического?
4. Каков механизм химического пригара?
5. Как влияют капиллярные силы на образование пригара?
6. На какой стадии технологического процесса изготовления отливки используется противопригарные покрытия?
7. В какие формовочные смеси добавляют углеродсодержащие вещества и для чего?
8. Как влияет характер газовой атмосферы на чистоту поверхности отливки?
9. Может ли древесный уголь, входящий в состав смеси, влиять на качество чугунных отливок?
10. Как влияет на качество смеси гранулометрический состав песка?

### **МОДУЛЬ 3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК**

#### **ЛЕКЦИЯ 18.**

#### **ТЕМА: МОДЕЛЬНО-ЛИТЕЙНАЯ ОСНАСТКА**

План лекции

1. Модельный комплект, его состав, назначение.
2. Опочная оснастка, назначение, требования к конструкции.

Для изготовления отливок в разовых песчано-глинистых формах необходимо иметь комплекты технологической оснастки. Литейная оснастка должна обеспечивать получение отливок требуемой точности и шероховатости поверхности. Литейная оснастка по своей роли в процессе изготовления отливок подразделяется на формообразующую и универсальную.

Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект, в который входят модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы,

модельные плиты, шаблоны для изготовления форм и стержней. Для изготовления форм обычно применяют два вида шаблонов: шаблоны вращения и протяжные шаблоны. Шаблоны представляют собой плоские заготовки определенного профиля и размера, позволяющие получать сложные объемные формы путем вращения или протяжки.

К универсальной оснастке относятся опоки, подопочные плиты, сушильные плиты (драйеры), корпуса стержневых ящиков для сменных вкладышей, литейный инструмент различного назначения (гладилки, ланцеты, трамбовки, пневмозубила и др.).

Модель, являясь видоизмененной копией отливки, отличается от нее размерами и наличием стержневых знаков. По своим размерам модель должна быть больше получаемой отливки на величину усадки металла в форме при его охлаждении и на припуск для последующей механической обработки. В зависимости от очертаний и размеров модель может быть цельной или разъемной, состоящей из двух или нескольких частей. В большинстве случаев модель выполняется из двух половин – верхней и нижней – разделяемых по линии разъема. Конструкция модели должна обеспечивать извлечение ее из формы без разрушения отпечатка. Для этого вертикальным поверхностям отливок или отдельным их частям при конструировании необходимо придавать литейные (конструктивные) уклоны.

Стержневой ящик – это формообразующее приспособление с рабочей полостью для получения в ней стержней нужных очертаний и размеров.

Стержневые ящики разделяют по конструктивным признакам на разъемные и неразъемные, на простые, средней сложности и сложные. К моделям литниковых систем относят модели литниковой чаши или воронки, модели стояка, шлакоуловителя, питателей. Кроме того, при изготовлении форм используют модели выпоров и прибылей. Размеры указанных моделей разнообразны и определяются соответствующими расчетами литниковых систем, прибылей и выпоров.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве модели и стержневые ящики изготавливаются обычно деревянными (иногда гипсовыми или цементными). В массовом производстве при машинной формовке вся модельная оснастка (модели, стержневые ящики, модельные плиты) выпускается металлической. Деревянные модели и стержневые ящики изготавливаются из следующих пород дерева: мелкие модели — из ольхи, сосны, липы, бука, клена; средние — из ольхи, сосны, липы; крупные — из ольхи и сосны.

Предназначенная для изготовления моделей древесина предварительно просушивается при температуре 60-70 °С. Древесина для модельного комплекта должна быть высококачественной.

Преимуществом металлических моделей является наличие после обработки гладкой поверхности и меньших формовочных уклонов, что обеспечивает получение более точных отливок.

При машинной формовке находят применение модели и стержневые

ящички из серого чугуна. Применяются также алюминиевые сплавы, сталь, реже бронзы и латуни.

Деревянные модели обычно изготавливаются из заготовок, полученных склеиванием нескольких кусков дерева, причем с таким расположением волокон, чтобы модель как можно меньше коробилась и не изменяла своих размеров.

Для предохранения деревянных моделей от влаги (из атмосферы или из сырой формовочной смеси) их окрашивают масляной краской и покрывают лаком. Для того чтобы в процессе формовки легче было определить наличие стержней, отъемных частей, места постановки прибылей и др., деревянные модели окрашивают разной по цвету краской.

| Части и поверхности моделей   | Отличительная окраска  |
|---|--|
| Поверхности моделей, соответствующие поверхностям отливок, не подвергающимся механической обработке | Красная – для отливок из чугуна, серая – для отливок из стали, желтая – для отливок из цветных сплавов |
| Поверхности моделей, соответствующие поверхностям отливок, подвергающимся механической обработке    | Черные круглые пятна по красному, серому или желтому фону (диаметр пятен не свыше 50 мм)               |
| Стержневые знаки  | Черная   |
| Поверхности сопряжения моделей с отъемными частями  | Поверхности сопряжения должны быть окантованы черной полоской  |
| Скрепляющие части моделей (ребра жесткости), подлежащие заделке                                     | Черные полосы по красному, желтому или натуральному (неокрашенной древесины) фону                      |
| Прибыли, элементы литниковой системы, приливы для отбора проб и образцов для испытания              | Черная полоса по контуру сопрягаемых элементов   |

Следует отметить, что модельный комплект, предназначенный для ручной формовки, не всегда может быть применен для формовки на машинах. Это объясняется тем, что на моделях, предназначенных для машинной формовки, имеются обычно приливы для закрепления моделей на модельной плите.

По точности изготовления модельные комплекты в соответствии с ГОСТ 17819-84 делят на три класса в зависимости от характера производства, требуемой точности отливок и состава модельного комплекта. По первому классу точности изготавливают модельные комплекты для массового производства отливок, по второму – для серийного и по третьему классу – для единичного производства. Модельные комплекты сложных и особо сложных отливок допускается изготавливать по точности на класс выше, чем это требуется для серийного производства. С классами точности совпадают классы прочности моделей (ГОСТ 13354-91).

По прочности модельные комплекты подразделяются на три класса. От прочности зависит количество съёмов литейных форм с моделей.

По первому классу прочности изготавливают модели и стержневые ящики, предназначенные для серийного и мелкосерийного производства отливок при непрерывной эксплуатации модельных комплектов. Данные модельные комплекты пригодны для ручной и машинной формовки с установкой моделей на деревянные или металлические модельные плиты. Для особо сложных отливок при единичном производстве допускается использовать модельные комплекты первого класса прочности.

По второму классу прочности делают модели и стержневые ящики для серийного и мелкосерийного производства отливок при периодической эксплуатации модельных комплектов, а также при единичном производстве отливок 4-5-й групп сложности.

По третьему классу прочности изготавливают модельные комплекты для единичного производства отливок 1-3-й групп сложности. Эти модели не подлежат длительному хранению.

Модельная плита (рис. 90) представляет собой металлическую плиту, на которой укрепляется одна или несколько моделей с литниковой системой и выпорами, а также размещаются штифты для установки опок. Крепление моделей производится при помощи винтов.

Пользование модельной плитой способствует уменьшению затрат времени на установку моделей и прорезку каналов литниковой системы, благодаря чему повышается производительность труда формовщика.

Модельные плиты бывают односторонними и двусторонними. При односторонней модельной плите одна половина модели располагается на одной плите, а другая – на второй; при формовке необходимо пользоваться обеими плитами.

При двусторонних модельных плитах на одной стороне плиты прикрепляется одна половина модели, а на другой стороне – другая. Поэтому формовка нижней и верхней опоки обеспечивается одной такой плитой.

Подмодельные щитки – это металлические или деревянные плиты, служащие для установки на них моделей и опок при ручной формовке.

Основные типы стержневых ящиков представлены на рис. 91. Для производства простых стержней и с большими уклонами боковых стенок могут применяться цельные стержневые ящики (рис. 91, *а*, *б*). Наиболее распространёнными являются разъёмные стержневые ящики (рис. 91, *в*), позволяющие получать стержни самой разнообразной конфигурации. Этой же цели служат вытряхные стержневые ящики (рис. 91, *г*), состоящие из корпуса со вставленными в него вкладышами.

Материалом для изготовления большинства стержневых ящиков являются алюминиевые сплавы. Для изготовления стержней с одной плоской стороной обычно применяют неразъёмные вытряхные ящики. Верхние и нижние плоскости стержневых ящиков для пескодувных и пескострельных машин

армируют стальными пластинами и шлифуют для наилучшего уплотнения между надувной плитой и столом машины.

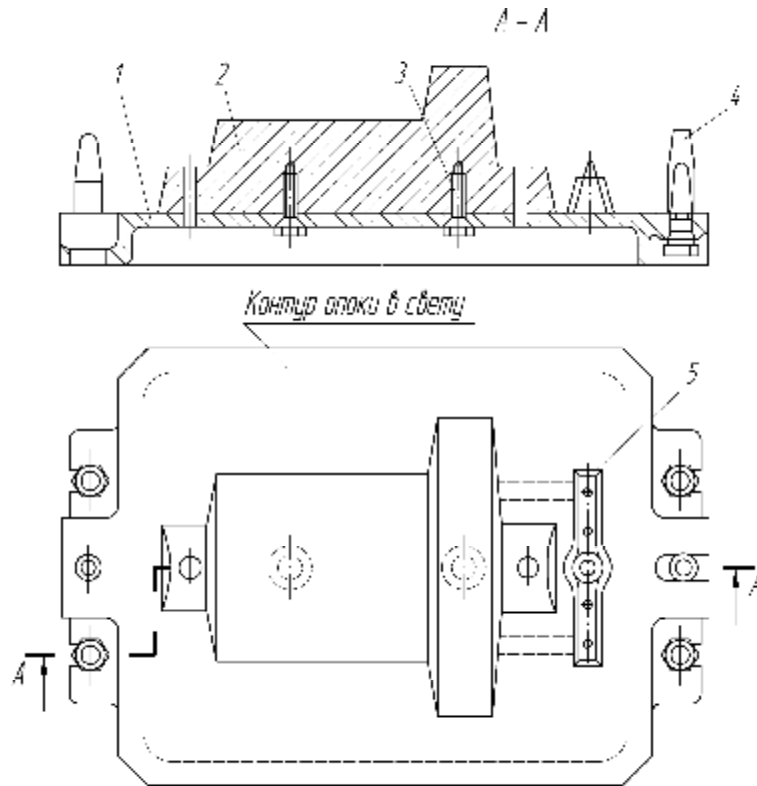


Рис. 90. Модельная плита:  
1 – плита; 2 – модель; 3 – винт; 4 – штифт; 5 – модель шлакоуловителя

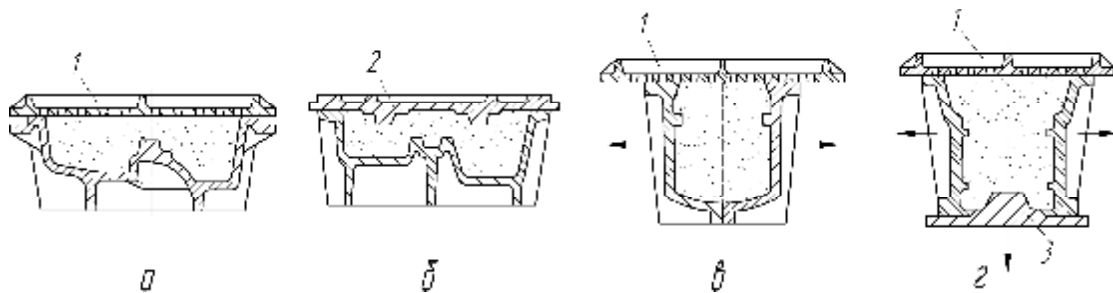


Рис. 91. Стержневые ящики:  
а, б – цельные; в – с вертикальным разъемом; г – с горизонтальным разъемом; 1 – сушильная плита; 2 – фасонный вкладыш; 3 – вкладыш

Стержневые ящики в условиях единичного и мелкосерийного производства могут изготавливаться деревянными.

При конструировании моделей и стержневых ящиков кроме обеспечения легкой набивки формовочных или стержневых смесей и удаления моделей из форм, а стержней из стержневых ящиков необходимо также обеспе-

чить простоту изготовления (технологичность) и экономичность.

При изготовлении модельной оснастки пересчет размеров отливки модельщик обычно не производит, а учитывает усадку, применяя при откладывании чертежных размеров на заготовке модели так называемый «усадочный метр». Каждое деление такого метра больше деления обычного метра на величину усадки.

Части модели, мешающие извлечению ее из формы, делаются отъемными. Боковые отъемные части могут крепиться к модели при помощи клиновых шипов, шпильками и другими способами.

На рис. 92, *а* показана фиксация отъемной части модели при помощи посадки в гнездо типа «ласточкин хвост». Вкладыш 1 крепится к ползуну 4 винтами 2. Точная установка вкладыша обеспечивается штифтами 3.

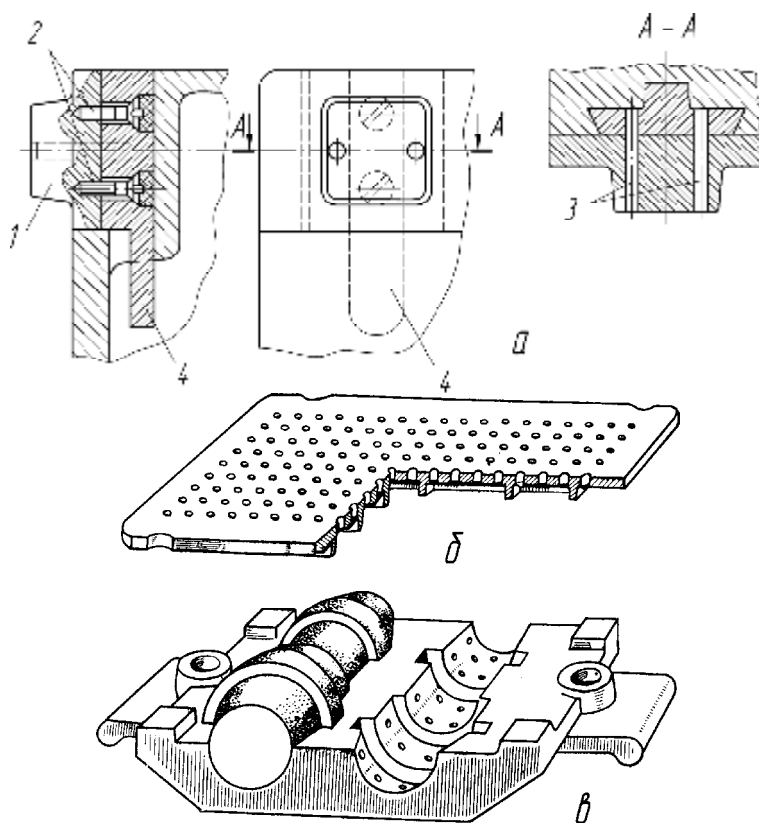


Рис. 92. Фиксация отъемных частей модели и сушильные плиты

К универсальной оснастке модельного комплекта относятся сушильные плиты (драйеры) для установки на них стержней после изготовления, инструмент для зачистки и контроля форм и стержней и др.

Стержни, имеющие ровную поверхность, сушатся на плоских плитах (рис. 92, *б*), а для сушки стержней, имеющих сложные очертания поверхности, применяются фасонные плиты – драйеры (рис. 92, *в*).



К опочной оснастке относят, опоки, штыри, крепежные приспособления, литейные жакеты, подопочные плиты.

*Классификация опок.* Опока – приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом. Опоки классифицируют по геометрии, назначению. Различают опоки для ручной и машинной формовки, для формовки методом прессования под высоким удельным давлением, специальные опоки для безопочной формовки.

Материалом для опок служат чугун, сталь или алюминиевые сплавы. Опоки изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 17819-84.

Для удаления из формы газов, образующихся при заливке, в стенках опок выполняются вентиляционные отверстия. Удержание земли в форме и увеличение жесткости опок обеспечивается внутренними ребрами (крестовинами).

Перемещение опок осуществляется при помощи ручек или цапф.

Точность центровки опок при их сборке обеспечивается обычно специальными втулками, закрепленными в отверстиях центрирующих ушков или самими точно обработанными отверстиями в ушках (рис. 93).

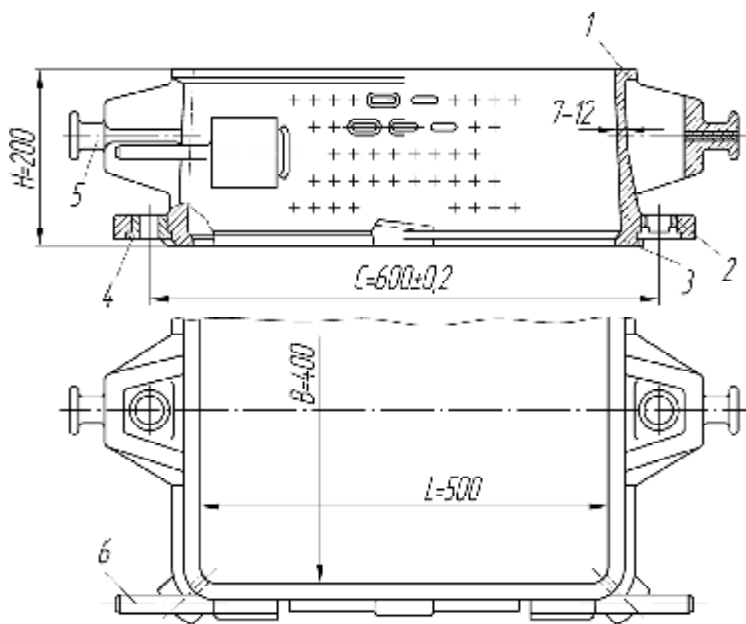


Рис. 93. Цельнолитая стальная опока

Наиболее широко применяются литые опоки из стали или чугуна.

Мелкие и средние формы изготавливаются в сварных опоках из проката специального профиля. Сварные опоки имеют достаточную жесткость при меньшем весе, чем литые. На рис. 93 показана цельнолитая стальная опока с размером в свету 500×400 мм. Боковая стенка опоки имеет в верхней части выступ 1 для увеличения прочности, а в нижней части – буртик 2 для удержа-

ния формовочной смеси. Для соединения с другой опокой (при помощи штырей) имеются приливы для направляющей 2 и центрирующей 4 втулок.

Для подъема при помощи крана служат цапфы 5, а для ручного подъема съемные ручки 6.

Металлические подопочные плиты имеют форму, соответствующую форме устанавливаемых на них опок.

Они изготавливаются из алюминиевых сплавов и снизу имеют сетку ребер жесткости.

Для удаления газов из форм при заливке в плитах делаются конические отверстия.

Транспортировка подопочных плит может осуществляться вручную (при помощи приливов ручек), электромостовым краном или кран-балкой (при помощи цапф).

*Элементы центрирования.* Спариваемые опоки всегда должны центрироваться в двух диаметрально-противоположных точках.

Центрирующие отверстия располагаются на торцевых стенках, диаметры центрирующих отверстий и размеры центрирующих и направляющих втулок с учетом габаритов опок по ГОСТ 15019-69.

Центрирование при спаривании опок производят с помощью сборочных штырей через центрирующие и направляющие втулки (рис. 94).

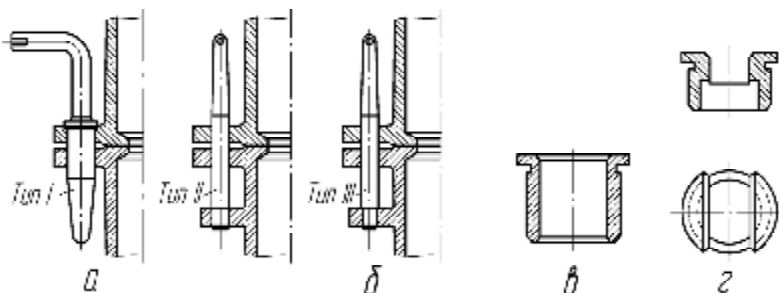


Рис. 94. Способы спаривания (а, б) и элементы центрирования (в, з): а – штырь; б – на штырь; в – центрирующая; з – направляющие втулки

#### Контрольные вопросы.

1. Что такое модельный комплект?
2. Какие материалы применяют для изготовления моделей?
3. Металлические модели и стержневые ящики, их назначение, применяемые сплавы, процесс изготовления?
4. Классификация моделей по точности изготовления?
5. Классификация опок?
6. Назовите элементы центрирования опок?
7. Что такое драйер?
8. Какими способами осуществляют спаривание опок?

9. Почему необходимо применять элементы центрирования при сборке форм?
10. В чем отличие опок для ручной и машинной формовки?

## **ЛЕКЦИЯ 19.**

### **ТЕМА: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА. КОНСТРУИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ**

План лекции

1. Техническое обоснование выбора материала моделей.
2. Конструирование деревянных и металлических моделей.
3. Конструирование стержневых ящиков.

Все модели по типу применяемого материала можно разделить на три группы: деревянные, металлические и неметаллические.

В производстве моделей наиболее широко используемыми породами дерева являются сосна, ель, пихта, липа, бук, клен, береза. Древесину заготавливают зимой, и она проходит естественную или искусственную сушку; затем из нее готовят пиломатериалы – доски, брусья, бруски, которые и используют для изготовления моделей. Каждая из пород дерева характеризуется определенными физико-механическими свойствами: имеет предел прочности на растяжение, сжатие, изгиб, твердость и вязкость (способность древесины получать относительно большую остаточную деформацию при изгибе, не проявляя при этом признаков разрушения). Эти характеристики являются основополагающими при выборе той или иной породы дерева для изготовления моделей.

Металлические модели применяют в серийном производстве для отливок с высоким классом точности, низкой шероховатостью поверхности, при большом количестве съемов форм с одной модели. В качестве сплавов для моделей используют чугун, сталь, алюминиевые сплавы, реже – бронзы или латуни. Сплавы должны не только обладать высокими механическими свойствами, твердостью, но и хорошо обрабатываться, а после соответствующей механической обработки давать гладкую рабочую поверхность моделей.

Неметаллические модели предназначаются, как правило, для специальных целей. Например, восковые (парафиностеариновые и др.) – для литья по выплавляемым моделям, гипсовые – для художественного литья, цементные – для формовки с фальшивой опоккой, пенополистироловые – для формовки по выжигаемым или газифицируемым моделям и т.д. Получают распространение и пластмассовые модели. Они прочнее деревянных, легче некоторых сплавов (чугун, сталь, бронза), хорошо шлифуются, дешевле металлических моделей и т.д. Однако химические методы упрочнения пласт-

масс делают производство моделей вредным и требуют проведения специальных мероприятий по охране труда.

Выбор того или иного материала для изготовления моделей определяется рядом требований, предъявляемых к отливкам, а также технологическими и техническими особенностями производства. Это класс точности отливок, сложность, размерные характеристики отливок, серийность производства, способ изготовления форм, материал отливок. Отливки высокого класса точности, серийного производства, при машинной формовке, с размерами до 500 мм из всех видов сплавов экономически выгодно получать в формах по металлическим или пластмассовым моделям.

*Конструирование деревянных и металлических моделей.* Независимо от конструктивных признаков процесс изготовления моделей начинают с деревянных заготовок, используемых в качестве полуфабриката для выточки моделей заданной геометрической формы. Заготовки получают путем склеивания отдельных частей пиломатериалов, подготовленных из древесины.

Пиломатериалы, имеющие влажность 8-12 % и выдержанные после сушки, разрезают на мерные части. Широкие доски распиливают на узкие, шириной 110-150 мм, а затем склеивают в щиты, чтобы предупредить коробление. Рамные, кольцевые, дисковые заготовки, а также заготовки для круглых болванок делают не менее чем из трех слоев (рис. 95). При склеивании учитывается расположение годовых колец древесины для предупреждения коробления.

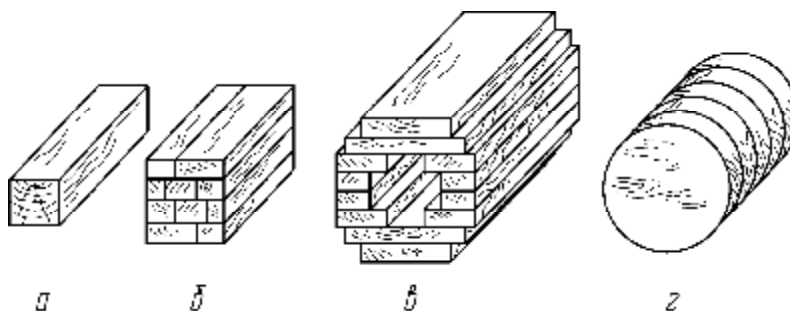


Рис. 95. Заготовки для круглых болванок:  
а – цельная; б – сплошная клееная; в – клееная полая; г – клееная из дисков

При изготовлении модели из заготовки мелкие формообразующие части (бобышки, платики, ребра и т.д.) крепят дюбелями, шурупами, гвоздями с предварительной врезкой в основное тело модели и посадкой на клей. Галтели (закругления) выполняют за счет основного тела модели или посредством врезки в нее (рис. 96). Галтели радиусом до 3 мм допускается выполнять из замазки. Отъемные и другие быстроизнашивающиеся части изготавливают из твердых пород древесины или из металла и пластмассы. Выступающие части моделей и стержневых ящиков, а также формовочные шаблоны, подвергаемые особенно быстрому износу (ребра, кромки, углы), армируют, т.е. оканто-

вывают пластинами из полосовой стали толщиной 1-3 мм.

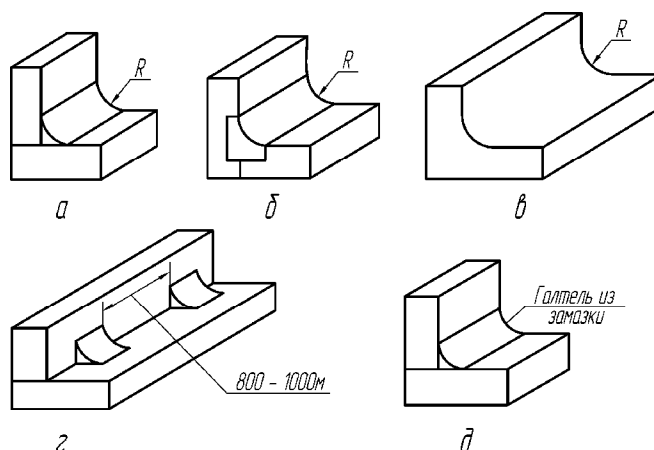


Рис. 96. Выполнение галтелей в моделях и стержневых ящиках:  
а – вклеиванием; б – врезанием; в – в теле модели (ящика); г – вклейкой частей галтелей (маяков); д – замазкой

Рабочую поверхность модельного комплекта тщательно шлифуют, она должна быть совершенно гладкой. Для выравнивания стыкуемых поверхностей допускается шпатлевание. После грунтования рабочие поверхности окрашивают не менее двух раз модельным лаком.

В зависимости от класса прочности или точности модели в технологию ее изготовления могут быть внесены какие-то коррективы, устанавливаемые технологом. Эти данные заносят в технологическую карту, прикладываемую к чертежу детали с указанием технологии изготовления модельного комплекта и отливки.

Как было отмечено выше, металлические модели получают из литой заготовки, для изготовления которой применяют промодель. К деревянной промодели не предъявляется высоких требований по прочности, твердости, так как она используется один или несколько раз при формовке, но основные технологические указания по изготовлению деревянных моделей относятся и к промоделям. Размеры промодели учитывают двойную усадку сплавов модели и отливки и двойной припуск на механическую обработку.

Заготовка на модель должна быть плотной, без усадочных, газовых, песчаных дефектов, не иметь перекосов, коробления и трещин. Металлические модельные комплекты должны иметь соответствующий класс точности и шероховатости рабочей поверхности. Конструкция металлических моделей и стержневых ящиков должна обеспечить жесткость и прочность при минимальной массе. Модели допускается изготавливать сплошными только при мелких и средних габаритных размерах. Крепление отъемных частей моделей и крепление моделей к модельным плитам осуществляется с помощью шурупов, болтов и т.д.; при этом на рабочих поверхностях не должно быть следов крепежных изделий. Головка шурупа или болта утапливается внутрь рабочей

поверхности на некоторую глубину и сверху тщательно заделывается замазкой с соответствующей обработкой поверхности до гладкой.

*Конструирование стержневых ящиков.* Стержневые ящики по конструкции подразделяют на два типа: неразъемные вытряхные и разъемные. Выбор типа стержневого ящика определяется его габаритными размерами и конфигурацией.

Вытряхные стержневые ящики широко применяют в серийном производстве отливок. Такой ящик состоит из коробки, доньшка и вкладышей, которые после набивки полости ящика стержневой смесью извлекают вместе со стержнем. Заготовкой для таких стержневых ящиков является обычно коробка с дном, сделанная из досок или щитов. Коробку стержневого ящика изготавливают на шипах из досок толщиной 40-50 мм. Она расширяется от доньшка вверх, чтобы удобнее было вытряхивать внутренние части ящика; уклон боковых стенок делается 1:10. Для облегчения удаления вкладышей к их наружным плоскостям клеют или шурупами крепят клинья, которые при переворачивании ящика скользят по стенке коробки. Уклоны стенок корпуса при высоте вкладыша до 150 мм принимается  $6^\circ$ , от 151 до 250 мм –  $5^\circ$ , выше 250 мм –  $3^\circ$ . Не следует делать лишних разъемов и вкладышей в ящике.

Для транспортировки ящика предусматриваются деревянные ручки, располагаемые на боковых стенках корпуса. Деревянные стержневые ящики, предназначенные для машинной формовки, оснащаются приспособлениями для крепления ящика к столу машины. Стержневым ящикам, предназначенным для изготовления стержней из ХТС или ЖСС, делают увеличенные уклоны боковых стенок.

Разъемные стержневые ящики могут иметь один, два и более разъема. Части ящика соединяют стяжками, скобами, дюбелями, втулками и др. Металлические ящики выполняют тонкостенными. Их изготавливают так же, как и модели. На рис. 97 показана конструкция алюминиевого стержневого ящика (ГОСТ 19370-74) для изготовления песчаных стержней машинным, ручным и пескодувным способом.

Стержневые ящики для пескодувной и пескострельной формовки имеют воздухоотводные и вдувные отверстия. Отношение площадей воздухоотводного и вдувного отверстий составляет 0,2-0,3. При массовом производстве стержней это отношение увеличивают до 0,4-0,5. Вентиляцию стержневого ящика осуществляют с помощью вент специальных щелей шириной 0,15-0,20 мм.

Нагреваемые стержневые ящики изготавливают из стали и чугуна. Отличительной особенностью нагреваемых стержневых ящиков является наличие системы механизированных толкателей, которые монтируют индивидуально или на специальной плите. Толкатели устанавливают против знаков и других нерабочих частей стержня. Для простых стержневых ящиков расстояние между толкателями 100-130 мм, а для более сложных 50-70 мм. Зазор между толкателем и отверстием для него в стержневом ящике равен 0,15-0,25 мм.

Пример изготовления модельного комплекта для отливки «Корпус вентиля» приведен на рис. 98 (изготовление модели) и на рис. 99 (изготовление стержня).

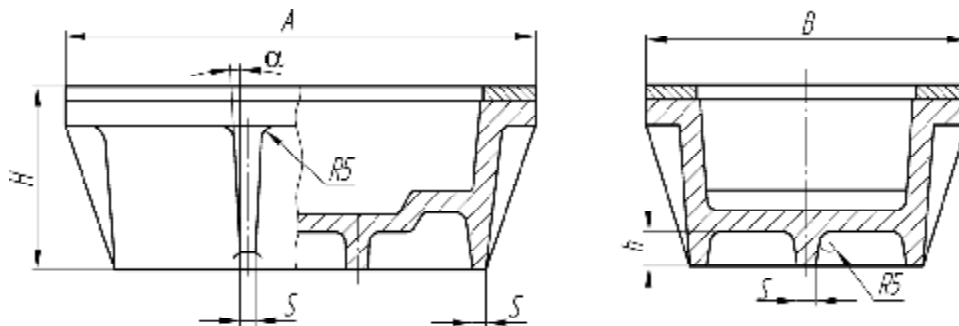


Рис. 97. Конструкция алюминиевого стержневого ящика

Перед установкой на токарный станок спаренных заготовок острые углы древесины срубают или сострагивают. Подготовленная и закрепленная в центрах токарного станка заготовка для корпуса вентиля показана на рис. 98, а.

При обработке на токарном станке сначала вытачивают знаки 1 (рис. 98, б). Затем обрабатывают наружную поверхность модели в соответствии с формой и размерами, указанными в модельном чертеже. Правильность овальной формы обтачиваемой поверхности проверяют прикладыванием шаблона 4 (рис. 98, б). После окончательной обработки шаблон должен полностью прилегать к обработанной поверхности, а его горизонтальные участки при этом должны касаться цилиндрических поверхностей знаков. Затем вытачивают углубления 3 (рис. 98, б) для последующей установки фланцев.

Снятая с центров обточенная заготовка освобождается от металлических планок. Посредством легкого удара молотком по ручке плоской стамески, лезвие которой установлено на границе разъема на торце одного из концов заготовки, заготовка легко разъединяется на две части по плоскости разъема. Оставшиеся концы около стержневых знаков удаляют пилой, а бумагу с клеем на поверхности обеих частей заготовки сострагивают маленьким рубанком, рабочую поверхность которого смазывают машинным маслом. После этого на обеих частях заготовки на соответствующем расстоянии от оси вращения выстрагивают плоские поверхности под прямым углом к плоскости разъема. К этим поверхностям приклеивают две предварительно выстроганные дощечки для изготовления галтели по линии пересечения поверхностей двух тел (рис. 98, б). Толщина дощечек определяется по модельному чертежу. Фланцы 5 (рис. 98, г, д, е) для модели вытачивают на токарном станке (на планшайбе) из заготовок, выпиленных из досок соответствующей толщины (см. рис. 98, г, д, е).

Цилиндрическую часть модели патрубка изготавливают аналогично ос-

новой части модели. При этом цилиндрическую часть патрубка вытачивают такой длины, чтобы из нее можно было затем изготовить ручную шип 2 (рис. 98, ж) для крепления патрубка к основной части модели, в которой предварительно изготовляют углубление б (рис. 98, ж).

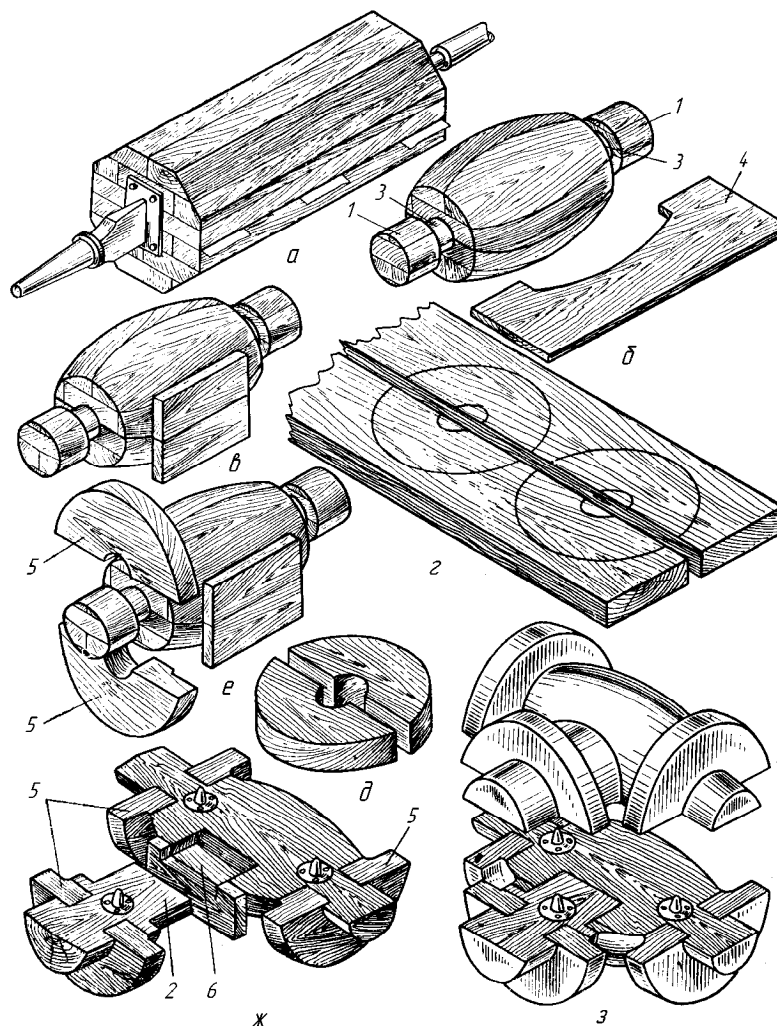


Рис. 98. Процесс изготовления модели «Корпуса вентиля»

После соединения патрубка с основной частью модели с помощью шипа 5, клея и шурупов, из приклеенных ранее дощечек (рис. 98, в) изготовляют галтель путем ручной обработки этих дощечек полукруглой стамеской. Затем к модели приклеивают фланцы и окончательно отделяют модель (рис. 98, з).

Технология изготовления стержневого ящика к модели «Корпус вентиля» изображена на рис. 99.

Стержневой ящик состоит из двух симметричных половинок. Однако следует отметить некоторые особенности в изготовлении этого стержневого



ящика. После разметки обеих половинок ящика, как указано на рис. 99, *а*, делают полости в них. Сначала вырезают полукруглой стамеской или выстрагивают в каждой половине ящика специальным рубанком-галтельником сквозное полуцилиндрическое отверстие диаметром 40 мм. Затем вырезают полость овальной формы. Для обеспечения правильной формы полости применяют шаблон *1* (рис. 99), выступающая овальная часть которого натирается цветным карандашом. Далее вырезают цилиндрическое отверстие диаметром 54 мм, расположенное перпендикулярно долевой оси ящика. После этого полость ящика приобретает вид, указанный на рис. 99, *б*.

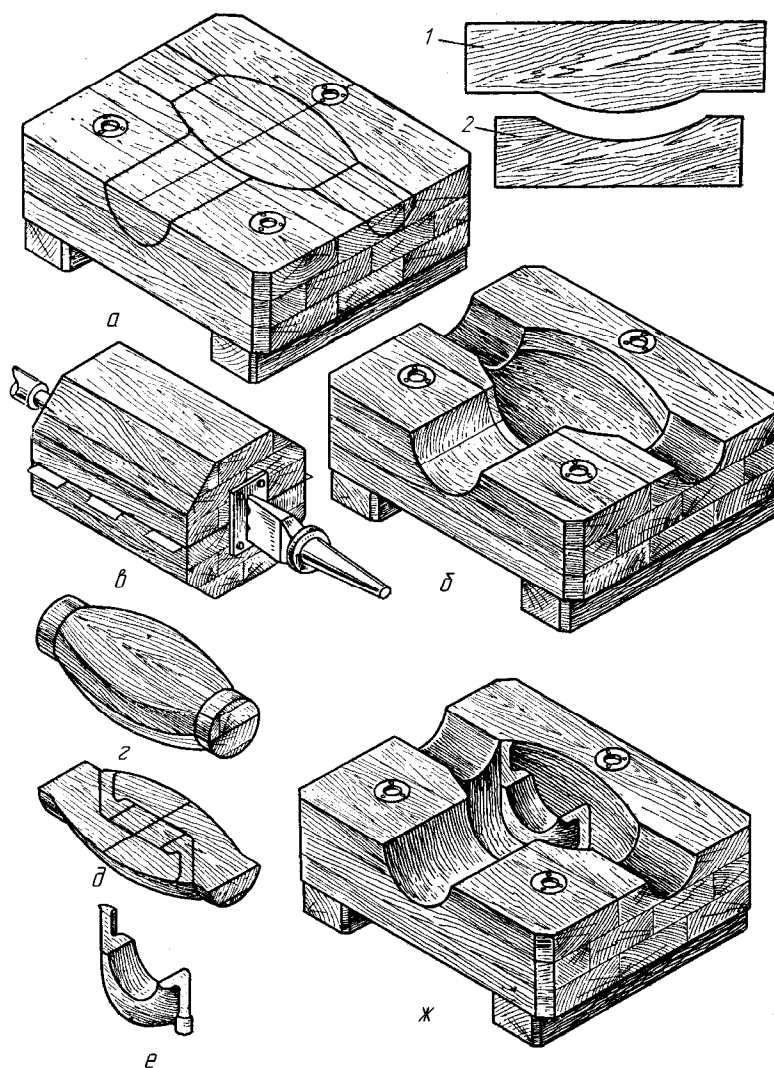


Рис. 99. Процесс изготовления стержневого ящика для модели «Корпуса вентиля»

Перегородки для части ящика овальной формы изготавливают из заготовки, склеенной через бумагу из двух брусков. Заготовку устанавливают для

обработки на токарном станке, как показано на рис. 99, в; из заготовки вытачивают вставку в соответствии с размерами и формой овальной полости ящика. Правильность кривизны поверхности вытачиваемой вставки проверяют шаблоном 2 (рис. 99). После обработки вставка приобретает вид, указанный на рис. 99, г. Вставку разъединяют по плоскости разъема на две части и каждую из них вставляют в полость половинок стержневого ящика и производят разметку перегородки на плоской поверхности каждой части вставки. После разметки вставки вынимают из полостей ящика (рис. 99, д) и подвергают ручной обработке стамесками. Для облегчения работы при извлечении стержня из ящика на перегородке делают формовочные уклоны, которые измеряют при изготовлении малкой.

Обработанную по размерам перегородку (рис. 99, е) устанавливают в полость ящика и приклеивают. Затем между вставкой и основной полостью ящика выполняют галтели из замазки, ящик зачищают и окрашивают. На рис. 99, ж показана одна из половин готового ящика.

*Изготовление модельной оснастки из пластмасс.* Модельные комплекты из пластмасс обладают лучшими свойствами, чем деревянные и металлические комплекты. Пластмассовые модели имеют высокую механическую прочность и точность, не подвергаются короблению, разбуханию, усушке, коррозии. При изготовлении модельной оснастки широко применяют пластмассы на основе эпоксидных смол. Формовочные уклоны, точность и шероховатость поверхности пластмассовых модельных комплектов должны соответствовать требованиям к модельным комплектам, изготовленным из алюминиевых сплавов.

Процесс изготовления модельных комплектов из пластмасс на основе эпоксидных смол состоит из следующих основных операций: изготовление мастер-модели, изготовление форм, изготовление пластмассовой модели, стержневого ящика, монтаж модели на модельную плиту. Мастер-модель можно изготовить из древесины, гипса или алебаstra.

Существует два способа изготовления модельных комплектов из пластмасс: литьевой и контактный. Литьевой способ применяют при изготовлении модельных комплектов небольших габаритных размеров. Контактный способ применяют в тех случаях, когда модель (стержневой ящик) должна иметь высокие прочностные свойства, или когда ее конструкция имеет сложные геометрические формы и выступающие тонкие части.

При этом способе используют армирующий стеклонеполнитель (стеклоткань, стеклоленту, стекложгут), который в комплекте с пропиточными эпоксидными составами образует прочный конструкционный материал стеклопластик. После изготовления модели неровности, шероховатости на поверхности сухой гипсовой формы, зачищают шлифовальной шкуркой, а затем наносят разделительный состав. После этого приготавливают эпоксидную композицию для облицовочного слоя и наносят ее кистью равномерно на всю поверхность. Кистью проводят по поверхности формы 4-5 раз до начала желатинизации.

тизации смолы. Через 20-24 часа после нанесения облицовочного слоя по-слойно накладывают на поверхность формы куски стеклоткани, пропитанные эпоксидной композицией. После завершения формообразования модель (стержневой ящик) выдерживают в форме два-три дня при температуре 20-25 °С. Далее на фрезерном станке зачищают плоскость разъема, модель извлекают из гипсовой формы, удаляют с нее гипс и разделительное покрытие. Затем в модели сверлят отверстия для ее монтажа на модельной плите.

Изготовление модельных комплектов литьевым способом проще. Оно заключается в заливке в гипсовую форму эпоксидной композиции. Остальные операции такие же, как и при контактном способе.

При изготовлении пластмассовых моделей необходимо особенно строго соблюдать требования техники безопасности.

После изготовления модельного комплекта из любого материала производится его окончательная отделка. Деревянные модели обрабатывают мелкой абразивной шкуркой или шлифуют пемзой. После отделки поверхности моделей грунтуют, шпаклюют и покрывают модельным лаком. После каждой операции поверхность шлифуют шкуркой. Окраска моделей и стержневых ящиков модельным лаком должна систематически повторяться в процессе использования их в производстве. После окончательной отделки и проверки модельные комплекты маркируют, набивая на них цифры и буквы. Все отъемные части также маркируются.

Маркировка модели для детали А-4515 (первый модельный комплект с одним стержневым ящиком, тремя отъемными частями на модели и двумя вкладышами ящика) будет выглядеть следующим образом: А-4515-К1-Я1-ОЧМ-3; маркировка стержневого ящика будет выглядеть так: А-4515-К1-Я1-ОЧС-2, где К – обозначение модельного комплекта, Я – обозначение стержневого ящика.

Готовые модельные комплекты с соответствующей документацией направляют на склад готовых комплектов.

#### Контрольные вопросы.

1. Какие материалы используются для изготовления моделей?
2. Какие требования предъявляются к модельным комплектам для машинной формовки?
3. Какие породы деревьев применяют для изготовления модельных комплектов I и III классов точности?
4. Какие требования предъявляются к материалам из дерева (заготовки) для изготовления моделей?
5. Для чего в моделях выполняют галтели?
6. Как крепятся на моделях отъемные части?
7. Что такое разъемные и неразъемные стержневые ящики?
8. В чем особенность конструкции стержневого ящика для изготовления

- стержней пескоструйным и пескострельным методом?  
 9. Преимущества и недостатки пластмассовых моделей?  
 10. В чем заключается операция окончательной отделки модельного комплекта?

## ЛЕКЦИЯ 20.

### ТЕМА: КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК

План лекции

1. Классификация отливок.
2. Показатели точности отливок.
3. Технические требования к отливкам.

*Классификация отливок.* Отливки классифицируют по массе, назначению, сложности конфигурации, серийности изготовления и точности размеров [3]. По массе отливки из чугуна и стали подразделяются на 4 группы (табл. 40), а из цветных сплавов – на 9 групп (табл. 41).

Таблица 40

Распределение отливок из черных металлов по массе

| Группа | Характеристика группы | Масса, кг  |
|--------|-----------------------|------------|
| I      | мелкие                | до 100     |
| II     | средние               | 101-1000   |
| III    | крупные               | 1001-5000  |
| IV     | очень крупные         | свыше 5000 |

Таблица 41

Распределение отливок из цветных сплавов по массе

| Группа | Масса отливки, кг                    |                                    |
|--------|--------------------------------------|------------------------------------|
|        | из бронзы, латуни и цинковых сплавов | из алюминиевых и магниевых сплавов |
| 1      | до 0,25                              | до 0,2                             |
| 2      | 0,26-1,0                             | 0,21-0,4                           |
| 3      | 1,1-4,0                              | 0,41-0,8                           |
| 4      | 4,1-10,0                             | 0,81-1,6                           |
| 5      | 10,1-20,0                            | 1,61-3,2                           |
| 6      | 20,1-50,0                            | 3,21-6,3                           |
| 7      | 50,1-200,0                           | 6,31-12,5                          |
| 8      | 200,1-500,0                          | 12,6-25                            |
| 9      | свыше 500,0                          | свыше 25                           |

По назначению чугунные и стальные отливки подразделяются на три группы.

*1 группа* – отливки неответственного назначения. Это отливки деталей, не рассчитываемые на прочность. Конфигурация и размеры отливок определяются конструктивными и технологическими требованиями к ним.

*2 группа* – отливки ответственного назначения. Это отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках и в условиях трения и скольжения.

*3 группа* – отливки особо ответственного назначения. Это отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемых в условиях динамических и знакопеременных нагрузок.

Отливки из цветных сплавов по условиям применения делят на три категории ответственности.

*1 категория* – это отливки, работающие в неблагоприятных условиях под значительными нагрузками. Их подвергают индивидуальному контролю вихревыми токами, рентгенопросвечиванию, флуоресцентному контролю, определяют механические свойства, плотность, химический состав. Кроме того, предусмотрено испытание механических свойств на образцах, вырезанных из тела отливки или прилитых к телу отливки.

*2 категория* – это отливки, которые используют в нормальных условиях под средними нагрузками. Для них предусмотрены испытания механических свойств, выборный контроль на плотность и рентгенопросвечивание.

*3 категория* – это малонагруженные отливки. Для них механические свойства определяют, как правило, на отдельно отлитых образцах от плавки.

*Стальные и чугунные отливки.* Отливки по степени сложности подразделяют на пять групп.

*I группа* – простые отливки. Отливки преимущественно плоскостные, малоответственного назначения (рис. 100). Наружные поверхности гладкие и прямолинейные с наличием невысоких усиливающих ребер, буртов, фланцев, отверстий, невысоких выступов и углублений, не связанных между собой и установочной базой размерами и допусками. Внутренние полости отсутствуют. Поверхности механически не обрабатываются или обрабатываются (полностью или частично) только с одной стороны.

*II группа* – несложные отливки (рис. 101). Отливки открытой коробчатой или цилиндрической формы. Наружные поверхности прямолинейные и криволинейные с наличием усиливающих ребер, буртов, муфт, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями (простейших геометрических фигур) без выступов и углублений. Внутренние полости расположены в один ярус (по собранной форме) и со свободными широкими выходами наружу минимум в две противоположные стенки. Поверхности механически обрабатывают с одной-двух сторон или по диаметру и растачивают одно-три отверстия, связанные между собой жесткими размерами и допусками.

*III группа* – отливки средней сложности (рис. 102). Отливки открытой коробчатой или цилиндрической формы, ответственного назначения. Наружные поверхности криволинейные и прямолинейные с наличием нависающих

частей, ребер, муфт, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями и углублениями, сравнительно сложной конфигурации. Внутренние полости средней сложности, с гладкой прямолинейной и одной-двумя криволинейными поверхностями, с незначительными выступами и углублениями на одной из гладких плоскостей, с небольшими по высоте ребрами, бобышками, кронштейнами, перемычками, расположенными в один и частично в два яруса со свободными широкими выходами полостей на поверхность отливки.

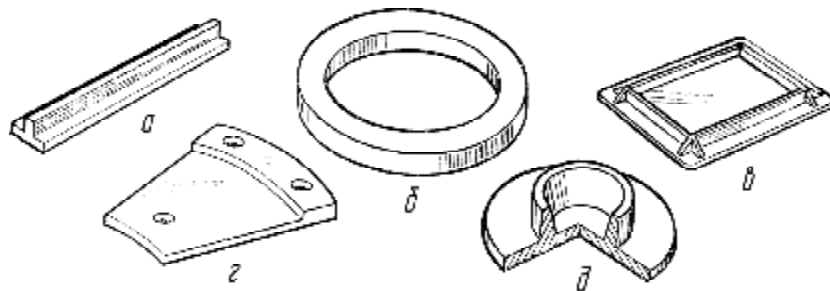


Рис. 100. Примеры простых отливок (I группа сложности):  
*a* – балка; *б* – бандаж; *в* – плита; *г* – сектор; *д* – крышка

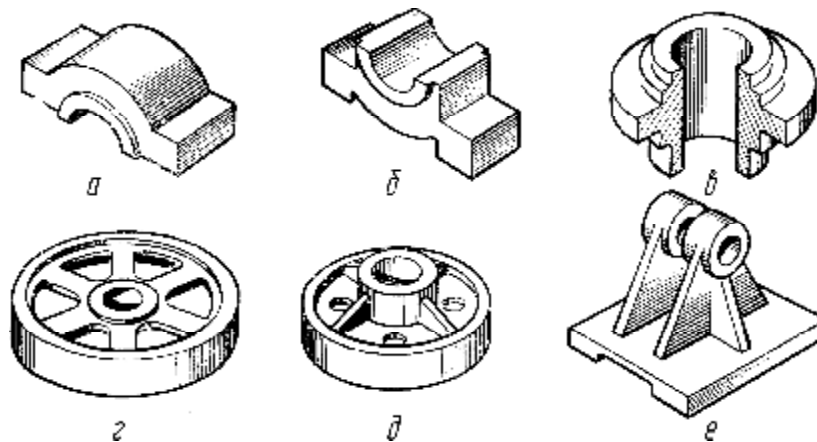


Рис. 101. Примеры несложных отливок (II группа сложности):  
*a* – крышка подшипника; *б* – корпус подшипника; *в* – ступица; *г* – зубчатое колесо; *д* – ролик; *е* – кронштейн

Поверхности механически обрабатывают с двух-трех прилегающих одна к другой сторон и растачивают до пяти отверстий, связанных между собой или с установочной базой жесткими размерами и допусками. Одна- две полости служат резервуарами для жидкости, работают без избыточного давления.

*IV группа* – сложные отливки (рис. 103). Отливки закрытой и частично открытой коробчатой или цилиндрической формы, ответственного назначения. Наружные поверхности криволинейные и прямолинейные с незначительным количеством пересекающихся поверхностей, имеющих выступаю-

щие части и углубления сложной конфигурации. Внутренние полости сложной конфигурации с небольшим количеством (3-4) пересекающихся криволинейных и прямолинейных поверхностей, с большим количеством далеко отстоящих одно от другого выступающих и углубленных мест, ребер, перемычек, бобышек и кронштейнов, расположенных в один-два яруса, со свободным выходом на поверхность отливки минимум в одну сторону (по собранной форме).

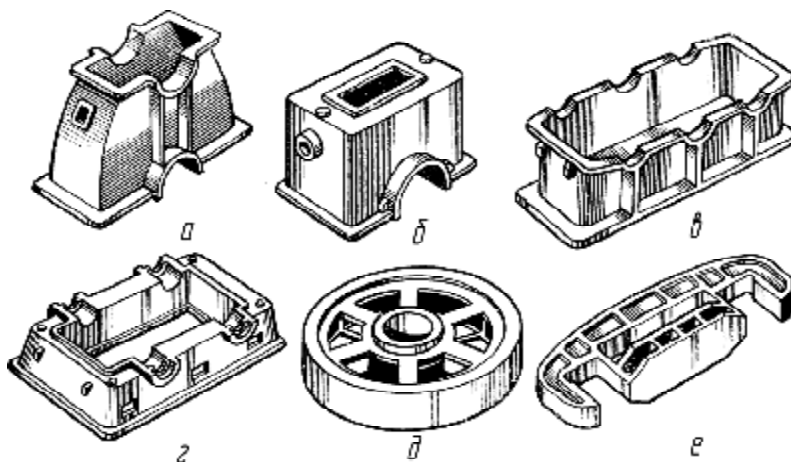


Рис. 102. Примеры отливок средней сложности (III-я группа сложности):  
*a* – корпус; *б* – крышка редуктора; *в* – корпус редуктора; *г* – основание; *д* – зубчатое колесо; *е* – рама балансира

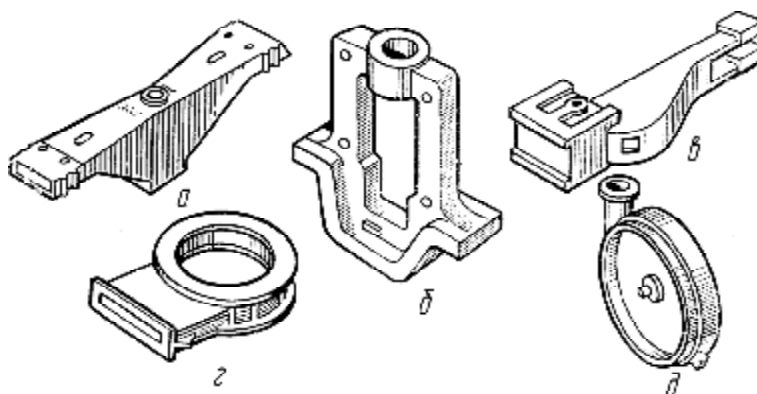


Рис. 103. Примеры сложных отливок (IV группа сложности):  
*a* – шкворневая балка; *б* – станина прокатного стана; *в* – ползун; *г* – корпус шибера; *д* – улитка

Одна-четыре полости служат резервуарами для жидкости, работают без избыточного давления.

Поверхности механически обрабатывают с трех-пяти сторон и растачивают до семи отверстий, связанных между собой или с установочной базой жесткими размерами и допусками. Отдельные поверхности являются трущи-

мися.

*V группа* – отливки особо сложные и уникальные. Отливки закрытой коробчатой и цилиндрической формы, весьма ответственного назначения; комбинированные, состоящие из двух-трех и более разветвлений. Наружные поверхности криволинейные, имеющие пересекающиеся под различными углами ребра, кронштейны и фланцы, с высокими выступающими и углубленными местами. Внутренние полости сложной и особо сложной конфигурации с криволинейными поверхностями, имеющие пересекающиеся под различными углами сложные близко расположенные одна от другой выемки, выступы и заходы, с ленточными и кольцевыми каналами (двухтельные отливки), расположенные в два-три и более ярусов со свободным и с затрудненным выходом внутренних полостей на поверхность отливки. Поверхности механически обрабатываются со всех сторон. Большое количество растачиваемых отверстий, расположенных в разных направлениях, связанных между собой или с установочной базой жесткими размерами и допусками. Высокие требования к качеству рабочих поверхностей. Многие полости служат резервуарами для жидкостей, работающими без избыточного давления.

В табл. 42 приведена характеристика отливок из алюминиевых и магниевых сплавов по сложности.

Таблица 42

| Параметры отливок различных групп сложности |                  |          |          |         |                   |         |
|---|------------------|----------|----------|---------|-------------------|---------|
| Параметры отливки                           | Группа сложности |          |          |         |                   |         |
|   | 1                | 2        | 3        | 4       | 5                 | 6       |
| Масса, кг, не более                         | 30               | 15       | 8        | 30      | 15                | 8       |
| Габаритные размеры, мм                      | 400-1600         | 400-1600 | 250-1000 | 100-400 | 100-250           | до 100  |
| Толщина стенки, мм                          | 4,5-7,0          | 4,5-6,0  | 4,0-6,0  | 1,5-5,0 | не ограничивается |         |
| Число размеров, определяющих отливку        | до 200           | 150-250  | 100-150  | до 100  | до 100            | до 100  |
| Класс точности размеров (по ГОСТ 26645-85)  | 6т-13т           | 5т-13т   | 5т-13т   | 3т-13т  | 3т-13т            | 3т-13т  |
| Число стержней                              | до 15            | до 10    | до 10    | до 8    | до 5              | нет     |
| Категория ответственности                   | I                | I        | I, II    | I, II   | II, III           | II, III |

*Точностные параметры и выбор способа изготовления отливок.* Под точностью изготовления отливок понимается степень отклонения их геометрических размеров и массы от номинальных значений. Точностные параметры отливки по ГОСТ 26645-85 (измененная редакция, изм. №1 от 01.07.88) предусматривают: класс размерной точности (КРТ), степень коробления (СК),



степень точности поверхности (СТП), класс точности массы (КТМ), допуск смещения отливки по разьему формы (ДСР).

По точности размеров и масс отливки из всех видов сплавов (черных и цветных) подразделяются на 22 класса (16 основных и 6 дополнительных).

Классы размерной тонности и точности масс зависят от способа изготовления отливок, габаритов отливки и типа литейного сплава.

Степень коробления элементов отливок показывает отклонения от прямолинейности, плоскости, параллельности, перпендикулярности заданного профиля. Она зависит от конфигурации отливки (отношения наименьшего размера отливки к наибольшему), типа формы, наличия термообработки. Всего регламентируется 11 степеней коробления: 1-ая самая низкая, для компактных нетермообрабатываемых отливок, получаемых в многократные формы; 11-ая самая высокая, для протяженных термообрабатываемых отливок, получаемых в разовые формы.

Степень точности поверхности определяет допуск неровностей поверхностей отливки, и, как и КРТ и КТМ, зависит от способа изготовления отливки и вида сплава. СТП связана с шероховатостью.

Допуск смещения элемента отливки по плоскости разьема (ДСР) – это разность предельных отклонений положений частей элемента отливки, формируемых в разных полуформах.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения отливки.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

*Точность отливки 8-5-4-7 См 0,8 ГОСТ 26645-85.*

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями, а обозначение смещения опускают. Например:

*Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.*

В технических требованиях чертежей литой детали допускается указывать сокращенную номенклатуру норм точности отливки, при этом указание классов размерной точности массы отливки является обязательным. Например:

*Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.*

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны в нижеприведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс равных для детали 20,35 кг, для припусков на обработку 3,15 кг, для технологических напусков 1,35 кг, для

отливки 24,85 кг:

*Масса 20,35-3,15-1,35-24,85 ГОСТ 26645-85.*

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают «0». Например:

*Масса 20,35-3,15-1,35-24,85 ГОСТ 26645-85.*

или

*Масса 20,35-0-0-20,35 ГОСТ 26645-85.*

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

Классификация отливок позволяет правильно выбрать способ их изготовления, осуществить разработку оптимального технологического процесса, произвести выбор необходимого оборудования, провести соответствующую организацию труда.

В настоящее время в различных отраслях производства находят применение около 60 различных способов литья, из них 24 относятся к специальным способам [11]. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, которые ограничивают область их применения. Более 70 % отливок получают литьем в песчаные формы.

При выборе способа изготовления отливки в первую очередь принимают во внимание результаты анализа заказа и технологичности детали. На первом месте, как правило, стоит фактор серийности производства, на втором – вид сплава и технические требования, предъявляемые к изделиям. В единичном, мелкосерийном и серийном производстве отливки обычно изготавливают литьем в песчаные сырые и подсушиваемые формы. Сухие формы в настоящее время используют довольно редко из-за высокой трудоемкости, длительности и энергоемкости их изготовления. Все более широкое распространение получают химически твердеющие формы: на неорганических связующих (жидкое стекло, металлофосфаты), а также на синтетических смолах ( $\alpha$ -set-процесс). При крупносерийном и массовом производстве чаще применяют литье в сырые песчано-глинистые формы, изготавливаемые на формовочных машинах и автоматических линиях, а также специальные способы литья. Трудности выбора способа литья связаны также с тем, что большую часть отливок можно изготавливать несколькими способами, которые в равной степени обеспечивают требуемые свойства литой детали. В данном случае решающим фактором, определяющим выбор способа, является его экономичность.

Например, применение специальных способов изготовления отливок: литье в кокиль (ЛК), литье под низким давлением (ЛНД), вакуумным всасыванием (ЛВВ), литье под давлением (ЛД), центробежное литье (ЦЛ), литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), литье в оболочковые (корковые) формы (ЛОФ) и др., оправдано лишь при производстве крупных партий отливок, когда увеличение расходов на литейную оснастку и оборудование перекрывается повышением производительности труда, экономией сплава и затрат на ме-

ханическую обработку отливок.

Каждый способ литья, как показывает практика, имеет свои оптимальные области применения (табл. 43).

Таблица 43

| Применение основных способов литья   |  |
|--------------------------------------|--|
| Способ литья                         | Получаемые отливки   |
| В песчаные формы                     | Любых конфигураций, размеров и массы   |
| В металлические формы (ЛК, ЛНД, ЛВВ) | Простые и средней сложности, мелкие и средние по массе и размерам с повышенной точностью и чистотой поверхности в серийном и массовом производстве                 |
| Центробежное                         | Мелкие и средние в серийном и массовом производстве, чаще всего имеющие форму тел вращения, но могут быть и фасонные отливки, например, из титановых сплавов       |
| В оболочковые (корковые) формы       | Мелкие и средние, средней сложности с повышенной точностью и чистотой поверхности в серийном и массовом производстве   |
| По выплавляемым моделям              | Мелкие любой сложности, с большой точностью и высокой чистотой поверхности в основном из стали и труднообрабатываемых сплавов при серийном и массовом производстве |
| Под давлением                        | Мелкие любой конфигурации, с большой точностью размеров и высокой чистотой поверхности из сплавов цветных металлов при серийном и массовом производстве            |
| Непрерывное                          | Длинные круглого и прямоугольного сечения в массовом производстве  |

Наиболее экономичен способ изготовления отливок в сырых формах.

Следует отметить, что каждый из способов литья имеет свои ограниченные технические возможности.

Учитывая большой объем производства отливок, получаемых в песчаных формах, важное значение имеет правильный выбор состава формовочных и стержневых смесей, способа их изготовления.

*Технические требования к отливкам.* На чертежах литых деталей должны быть указаны следующие технические требования:

1. Допускаемые отклонения по размерам, весу и припускам на обработку. Класс точности литой детали выбирают в зависимости от требуемой точности необрабатываемых поверхностей. Детали, имеющие необрабатываемые посадочные места или сопрягаемые поверхности (храповики, зубчатые колеса и звездочки с необработанным зубом, кронштейны и т.д.), рекомендуется выполнять по I-II классам точности. Детали, имеющие обрабатываемые посадочные и сопрягаемые места им не требующие особой точности изготовления (шкивы, корпуса и крышки подшипников, коробки передач и т.д.), рекомендуется выполнять по III классу точности. Допускается применение различных классов точности для размеров одной и той же отливки.

2. Величины не указанных на чертежах радиусов закруглений.

3. Допуски на смещение опок устанавливают в пределах  $\pm 1$  мм, а для

крупных деталей  $\pm 1,5$  мм. Допускаемое смещение опок указывают обычно на чертежах корпусных деталей (корпуса и крышки редукторов, коробки передач, кронштейны коробчатой формы, шкивы, диски шкивов и т.д.).

4. Формовочные уклоны принимают по ГОСТ 3212-92. Кроме приведенных обязательных пунктов технических условий на чертежах могут быть указаны дополнительные требования в зависимости от конструктивного назначения деталей.

5. Условные обозначения класса чистоты необработанных поверхностей по ГОСТ 2789-73.

6. При термической обработке должны быть указаны требуемые пределы твердости и места замера ее.

7. при предъявлении специальных требований к твердости, глубине отбела отливки, макро- и микроструктуре, гидроплотности, коррозионной стойкости, жаропрочности и другим параметрам, должны быть приведены пределы требуемых величин, а также метод и схема испытаний.

8. Данные (или ссылки на общие технические условия) о виде, количестве, размерах и местах расположения литейных дефектов (раковин, трещин, спаев и т.д.), допускаемых на отливках без устранения, а также о дефектах, допускаемых к устранению и способы их устранения.

9. Место маркировки детали, характер ее (углубленная или выпуклая), а также шрифт и текст.

#### Контрольные вопросы.

1. Что такое степень сложности отливок?
2. Что относится к точностным параметрам отливки?
3. Что такое классы размерной точности детали?
4. Что относится к нормам точности отливки?
5. Что такое степень коробления?
6. Для чего необходимо классифицировать отливки?
7. Какой способ литья является наиболее экономичным?
8. Перечислите параметры отливок, характеризующие группу сложности.
9. Какие технические требования указывают на чертеже литой детали?

## **ЛЕКЦИЯ 21.**

### **ТЕМА: КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТОЙ ДЕТАЛИ, ОТЛИВАЕМОЙ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ**

План лекции

1. Оценка технологичности литой детали.
2. Разработка рациональной конструкции литой детали.

*Оценка технологичности литых деталей.* Под технологичностью детали в общем виде понимается оценка конструкции детали для выбранного варианта изготовления ее с точки зрения обеспечения минимальных затрат материала и труда и в конечном итоге минимальной себестоимости. При этом должны быть обеспечены надежные эксплуатационные качества детали. Такая оценка позволяет из нескольких вариантов изготовления детали выбрать наилучший или убедиться в приемлемости уже выбранного.

Обычно задача по оценке технологичности конструкции литой детали решается для данных условий производства (материал, характер производства).

Ниже приводятся данные для такой оценки.

Технологичные литые детали должны иметь:

- простые и прямолинейные общие контуры, облегчающие изготовление модельных комплектов, а также процессы формовки, сборки форм и очистки отливок;
- рациональную толщину стенок в различных сечениях, что обеспечивает необходимую прочность конструкции и возможность заполнения формы металлом;
- плавные переходы в сопряжениях различных сечений, способствующие снижению внутренних напряжений в отливке;
- достаточное число окон для удобной и надежной простановки стержней, вывода из них газов и очистки внутренних полостей отливки;
- конструктивные уклоны, обеспечивающие изготовление формы без усложняющих приемов и искажения контуров отливки формовочными уклонами;
- возможность транспортирования различными средствами.

Литые детали не должны иметь выступающих частей, тонкостенных ребер, глубоких впадин, закрытых полостей и поднутрений, затрудняющих формовку (из-за увеличения числа стержней) и механизацию процессов.

Задача по оценке технологичности конструкции литой детали решается для данных условий производства.

*Комбинирование и расчленение литых деталей.* Сложные детали, а также детали с большими габаритными размерами рекомендуется делать сборными, так как при этом обычно упрощаются процесс изготовления моделей и

формовка, уменьшаются по размерам и упрощаются по форме стержни, появляется возможность уменьшения внутренних напряжений в отливках. Все это создает условия для снижения брака отливок.

Пример расчленения детали, изготавливаемой литьем, приведен на рис. 104. Цилиндр четырехтактного двигателя выполнить цельнолитым (рис. 104, *a*) трудно, так как он имеет глухую внутреннюю полость. Изготовление этой детали после расчленения (рис. 104, *б*) упрощается. Особенно целесообразно расчленение детали, обеспечивающее применение машинной формовки, ибо последняя позволяет получать детали более точными, со стабильными размерами. При расчленении детали необходимо обеспечить неизменность ее эксплуатационных характеристик, основных размеров, качества рабочих поверхностей и надежность крепления составных частей.

Не рекомендуется расчленять детали с повышенными требованиями к жесткости. Мелкие и простые литые детали бывает целесообразно комбинировать в более крупную и сложную деталь. При этом обычно снижается расход металла на механической обработке, упрощается сборка узлов и машин, повышается их надежность.

При комбинировании деталей также следует обеспечивать возможность применения машинной формовки.

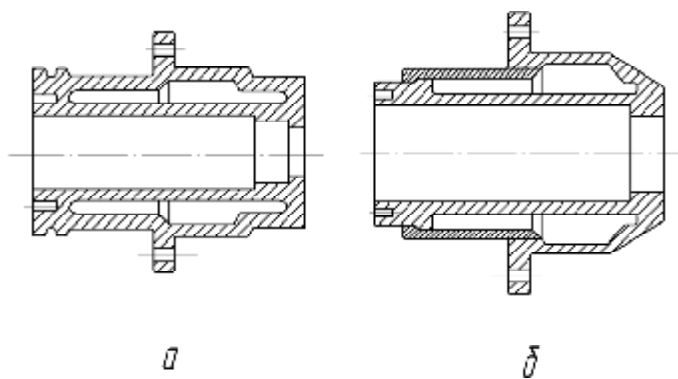


Рис. 104. *a* – цельнолитой цилиндр четырехтактного двигателя; *б* – пример расчленения цельнолитого цилиндра

*Внешнее очертание литых деталей.* Внешнее очертание литой детали должно быть по возможности простым. Это и облегчает процесс изготовления модели и исключает необходимость применения отъемных частей моделей. Простое внешнее очертание отливки позволяет изготавливать форму с минимальным количеством стержней. Лишние стержни увеличивают трудоемкость изготовления формы, приводят к появлению таких видов брака, как перекосы и несовпадение размеров, вызывают неточность изготовления и установки стержней.

Внешнее очертание и конструкция литой детали должны быть такими, чтобы модель можно было изготовить с одним плоским разъемом. Это осо-

бенно важно при машинной формовке.

Модель или части модели должны при формовке легко извлекаться из формы. Для проверки этого требования можно использовать метод теневого рельефа. Если на деталь или часть детали направить пучок параллельных лучей, перпендикулярных предполагаемой плоскости разъема формы, или стержневого ящика, то отсутствие теневых мест обеспечивает выполнение этого требования. На рис. 105 приведены примеры такой проверки.

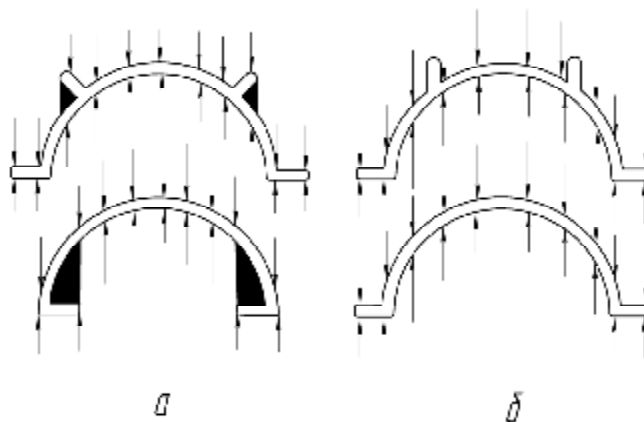


Рис. 105. Метод теневого рельефа нетехнологичные (а) и технологичные (б) конструкции деталей

При наличии у литой детали выступающих наружу крепежных приливов и бобышек рекомендуется следующее:

- близко расположенные приливы или бобышки необходимо объединять в один прилив (рис. 106);

- если деталь имеет внутренние полости, выполняемые с применением стержней, то выступающие наружу приливы и бобышки следует переносить внутрь детали;

- наличие приливов и бобышек не должно вызывать местных скоплений металла, для чего их высота не должна превышать толщины стенки, на которой они расположены. При этом наименьшая высота бобышек назначается в зависимости от наибольшего габаритного размера детали. В табл. 44 приводятся рекомендуемые высоты бобышек.

Верхним (по положению при заливке) плоским поверхностям большой протяженности необходимо придавать при заливке некоторый наклон, в противном случае поверхность будет плохого качества из-за наличия таких видов брака, как ужимыны и газовые раковины.

Не следует допускать у литой детали двустороннюю механическую обработку, при которой в стружку удаляется наиболее (рис. 107) прочный слой металла. Кроме того, при назначении припусков на обработку создается местное скопление металла, что приводит к появлению усадочных раковин и трещин. Примеры правильного (б) и неправильного (а) назначения механиче-

ской обработки даны на рис. 107.

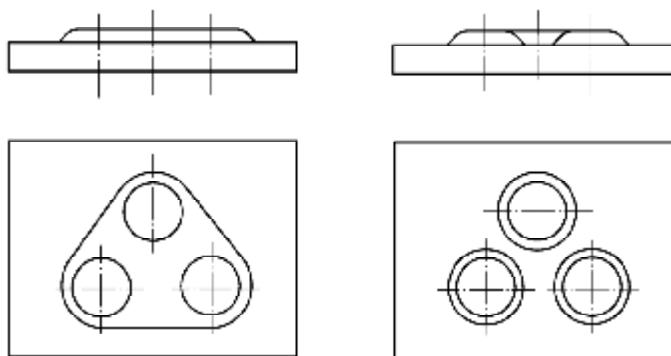


Рис. 106. Объединение бобышек или приливов

Таблица 44

| Рекомендуемые пределы высоты бобышек         |        |          |            |
|--|--------|----------|------------|
| Наибольший габаритный размер детали, мм      | до 500 | 500-2000 | свыше 2000 |
| Наименьшая высота обрабатываемой бобышки, мм | 5      | 10       | 20         |

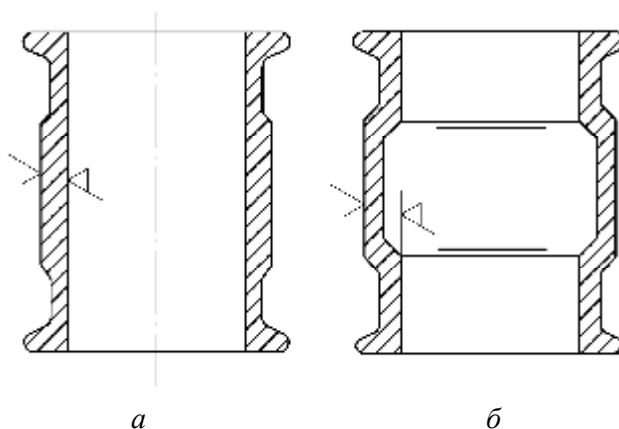


Рис. 107. Примеры правильного и неправильного назначения механической обработки:  
*a* – неправильно; *б* – правильно

*Внутренние полости и отверстия в отливках.* Внутренние полости отливок необходимо по возможности выполнять без применения стержней за счет выступающих частей формы – «болванов». При машинной формовке выступающие части, расположенные в нижней опоке, и стоящие на своем основании, могут иметь высоту  $H$ , меньшую или равную размеру основания  $D$  (диаметру или диаметру вписанной окружности). Выступающие части верхних опок, свешивающиеся вниз (подвесные болваны), могут иметь высоту  $h$  меньше или равную  $0,3$  размера своего основания  $D$  (рис. 108).

При ручной формовке вышеуказанные нормы рекомендуется уменьшить до 50 %.

Конфигурация внутренних полостей должна быть по возможности про-



стой. При наличии сложных полостей стержни рекомендуется расчленять на более простые, обеспечивая удобство сборки стержня и надежность крепления его частей. Желательно, чтобы целые стержни или части составных стержней могли быть изготовлены машинным способом. Стержни должны иметь размеры в сечении, позволяющие применять металлические каркасы для увеличения их прочности. Выходные отверстия для знаков стержня изготавливаются с размерами, достаточными для надежного крепления стержней. При малом их количестве предусматриваются дополнительные отверстия.

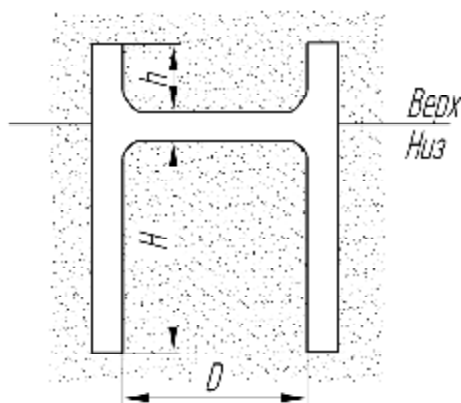


Рис. 108. Размеры выступающих частей опок

При наличии замкнутых полостей в отливке необходимо предусмотреть технологические отверстия для выхода знаковых частей стержня. Для закрытия этих отверстий должны быть установлены соответствующие заглушки. Пример устройства дополнительного отверстия для выхода знака стержня приведен на рис. 109, б.

Дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек (рис. 109, а) крайне нежелательно, так как жеребейки, заливаемые металлом, часто являются причиной брака отливок (газовые раковины, несвариваемость).

Отверстия в отливках в значительной степени осложняют технологический процесс, особенно если они имеют малый диаметр и большую глубину. Стержни для образования этих отверстий трудно изготовить и обеспечить их прочность.

Поверхность таких отверстий обычно имеет пригар, затрудняющий их дальнейшую обработку. Эти обстоятельства должны быть учтены при проектировании.

*Размеры литых отверстий.* Отверстия в отливках в значительной степени осложняют технологический процесс. Стержни для выполнения отверстий малых диаметров трудно изготавливать и обеспечивать должную прочность. Кроме того, из таких отверстий трудно удалять пригар. Поэтому отверстия в отливках могут высверливаться, если диаметр их не превышает:

- при массовом производстве 20 мм;
- при серийном производстве 30 мм;
- при единичном производстве 50 мм.

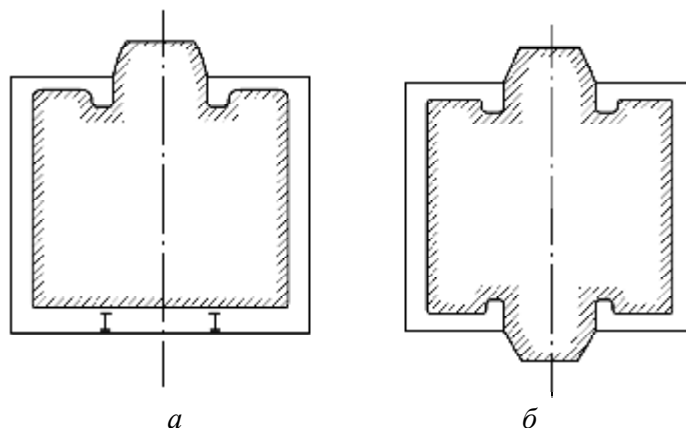


Рис. 109. Пример устройства жеребеек и дополнительных отверстий для выхода знака стержня:  
*а* – дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек;  
*б* – дополнительное устройство отверстия для выхода знака стержня

Обрабатываемые отверстия некруглого сечения не выполняются в отливке, если диаметр вписанной окружности отвечает вышеприведенным нормам.

*Размеры квадратных, прямоугольных и фигурных отверстий.* Определение наименьших размеров указанных отверстий, выполняемых отливкой, производится по таблицам.

Припуски на механическую обработку отливаемых отверстий должны приниматься независимо от расположения отверстия.

*Выполнение уступов и пазов.* При наличии на детали уступов и пазов малого размера они должны выполняться механической обработкой. Выполнение их в отливке вызывает пригар и увеличивает количество стержней, необходимых к постановке в форму. На рис. 110 приводятся примеры выполнения их путем механической обработки, а не отливкой.

*Толщина стенок отливок.* У литых деталей толщину стенки необходимо назначать, учитывая требуемую расчетную прочность, а также жидкотекучесть металла и возможность заполнения формы при назначенной толщине. Лимитирующим обычно является обеспечение необходимой прочности детали. Поэтому толщина стенки назначается наименьшей, но обеспечивающей необходимую прочность и достаточной для заполнения формы. Всякое увеличение толщины стенки приводит к замедлению скорости затвердевания металла и неоднородности структуры. Следствием этого является снижение прочности детали.

Для выбора наименьшей толщины стенки отливки при литье в песчаные

формы, может быть использована табл. 45.

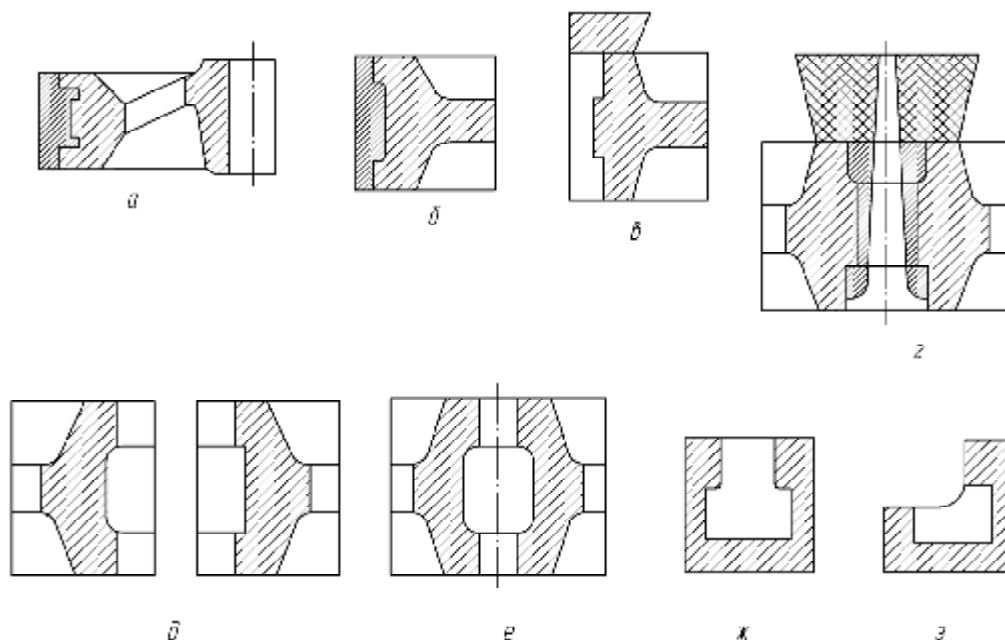


Рис. 110. Типы уступов (а, б, в, г, д) и пазов (ж, з)

Таблица 45

| Материал       | Наименьшая толщина стенок отливок |          |                      |
|----------------|-----------------------------------|----------|----------------------|
|                | Наибольший размер детали, мм      |          |                      |
|                | до 500 (мелкие)                   | 500-1500 | свыше 1500 (крупные) |
| Чугун серый    | 6                                 | 10       | 15                   |
| Чугун ковкий   | 5                                 | 8        | -                    |
| Сталь          | 8                                 | 12       | 20                   |
| Цветные сплавы | 3                                 | 6        | -                    |

Наименьшую толщину стенки можно также определить расчетным путем по формуле

$$t = \frac{L}{200} + 4,$$

где  $t$  – толщина стенки, мм;  $L$  – наибольший габаритный размер детали, мм.

При выборе толщины стенки отливки необходимо учитывать, что, начиная с некоторой (критической) толщины, прочность увеличивается несоизмерно.

Сечениям стенок литых деталей рекомендуется придавать форму, обеспечивающую наименьшее торможение усадки. Наличие термического (неравномерность затвердевания и остывания) и механического (сопротивление формы) торможения усадки может приводить к короблению и трещинам.

Схемы возможных конструкций сечений стенок отливок приводятся на рис. 111.

| Со свободной усадкой | С механическим торможением усадки | С термическим торможением усадки | С механическим и термическим торможением усадки |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
|                      |                                   |                                  |   |
|                      |                                   |                                  |   |
|                      |                                   |                                  |   |
|                      |                                   |                                  |   |

Рис. 111. Схемы возможных конструкций сечений стенок отливок

Внутренние стенки у литой детали рекомендуется делать несколько тоньше (примерно на 20 %) внешних стенок. Стенки отливки должны быть по возможности, одинаковой толщины, что обеспечивает равномерное затвердевание и остывание отливки, ее равномерное строение, предотвращает коробление и образование трещин. Допускается местное увеличение толщины стенки до 20 % при значительном удалении его от места подвода металла.

*Сопряжения стенок, углы и переходы.* При конструировании машиностроительных деталей часто приходится сопрягать стенки различной толщины. У литых деталей для большей их надежности при сопряжении стенок, отличающихся по толщине меньше чем вдвое, рекомендуется применять галтели (радиусы внутренних углов). Галтели обеспечивают плавный переход и предотвращают возникновение трещин из-за неравномерного затвердевания и остывания отливки (рис. 112).

Радиус галтели рекомендуется выбирать от 1/6 до 1/3 среднего арифметического толщин сопрягаемых стенок:

$$r = \left( \frac{1}{6} - \frac{1}{3} \right) \times \frac{a+b}{2}.$$

По нормальному ряду радиусов выбирают ближайший: 1, 2, 5, 8, 10, 16, 20, 25, 40. По возможности все галтели должны быть одного радиуса. Если

толщины сопрягаемых стенок разные (вдвое и более), рекомендуется клиновое сопряжение (рис. 113). При этом сопряжение может быть выполнено по вариантам 1 и 2.

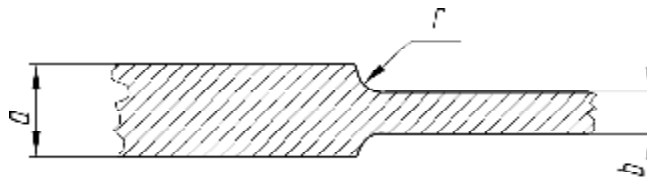


Рис. 112. Сопряжение стенок различной толщины при помощи галтелей

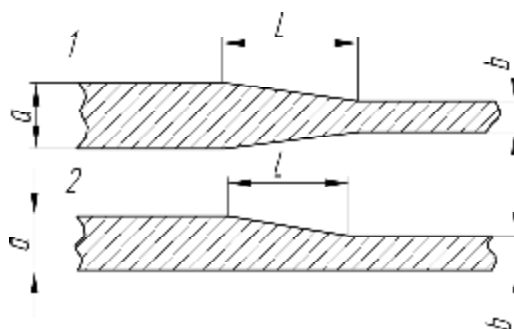


Рис. 113. Пример клинового сопряжения стенок

Длину сопряжения  $L$  рекомендуется принимать:

- для чугуна и цветных сплавов  $L = 4 \times (a - b)$ ;
- для стали  $L = 5 \times (a - b)$ .

При угловых сопряжениях стенок разной толщины с соотношением  $(a/b) < 2$  для получения плавного перехода делают закругление с внешним радиусом  $R$ , равным толщине стенки (стенки большей толщины), и внутренним радиусом  $r$  в пределах от  $1/6$  до  $1/3$  среднего арифметического толщин сопрягаемых стенок.

Такое сопряжение показано на рис. 114.

Оформление сопряжений стенок под острым углом – на рис. 115.

При соотношении толщин сопрягаемых стенок  $(a/b) > 2$  переход необходимо оформить, как показано на рис. 116.

При этом  $c \approx 3 \times \sqrt{a - b}$ ;  $b + c \leq a$ ; для чугунного и цветного литья  $h \approx 4c$ ; для стального литья  $h \approx 5c$ .

В месте сопряжения стенок внутренний радиус закругления,

$$r = \left( \frac{1}{6} - \frac{1}{3} \right) \times \frac{a + b}{2},$$

а наружный радиус закругления

$$R = r + \frac{a+b}{2}.$$

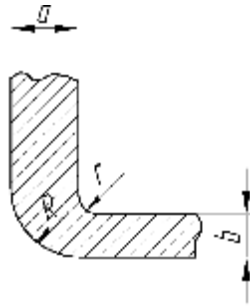


Рис. 114. Пример углового сопряжения стенок

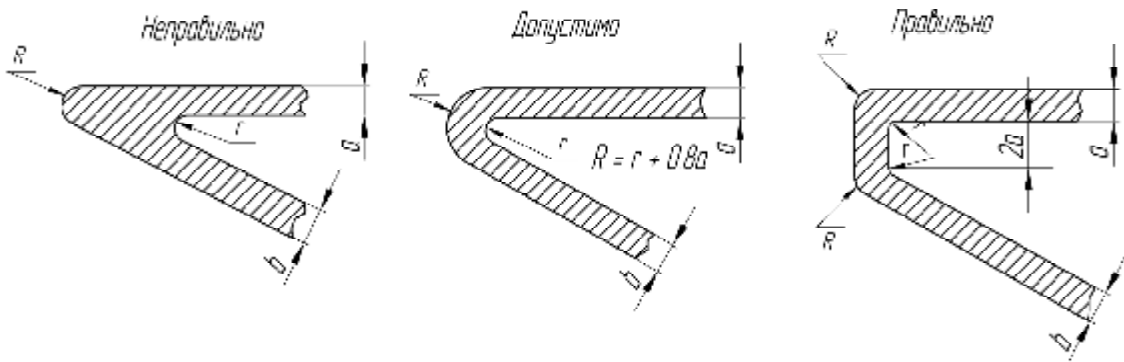


Рис. 115. Пример сопряжения стенок под острым углом

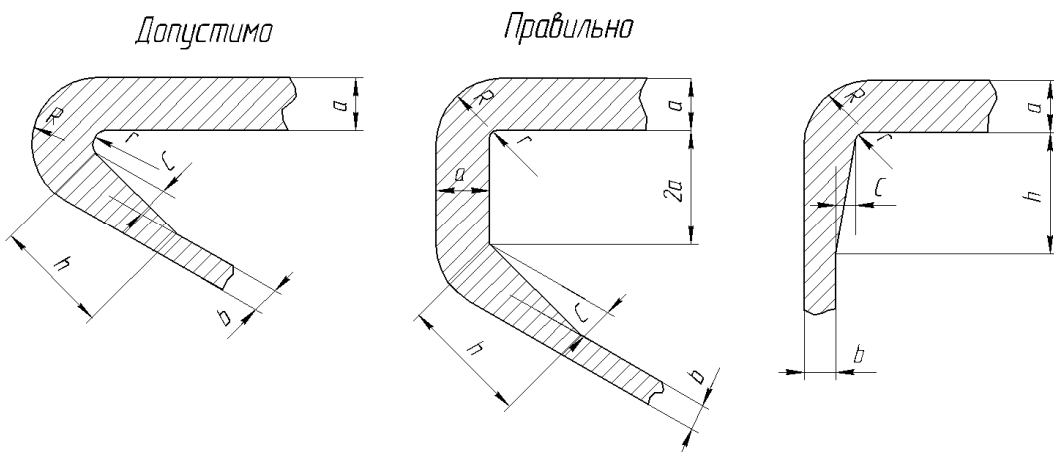


Рис. 116. Примеры сопряжения стенок

Сопряжение трех стенок осуществляется по вариантам 1, 2, и 3, как показано на рис. 117.

Здесь при  $(a/b) < 1,25$ ;  $c = 0$ ; при  $(a/b) = 1,25-2,0$ ;  $c = a - b$ ; при  $(a/b) > 2$ ;  $c \approx 3 \times \sqrt{a - b}$ .

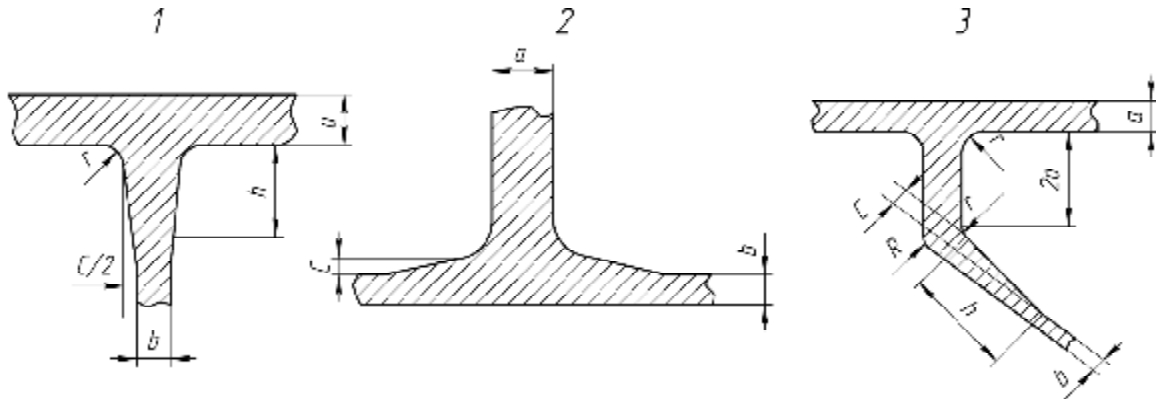


Рис. 117. Примеры сопряжения трех стенок

Значение  $h$  для вариантов 1, 2 и 3 выбирают: для чугуна и цветных сплавов  $h \approx 4c$ ; для стали  $h \approx 5c$ .

Радиус закругления

$$r = \left( \frac{1}{6} - \frac{1}{3} \right) \times \frac{a+b}{2}.$$

Для варианта 3  $a = b + c$ ;  $R = r + b + c$ .

Радиусы закруглений наружных углов отливок  $\leq 3$  мм.

При наличии у заданной детали более сложных сопряжении их технологичность оценивают, используя специальные рекомендации по конструированию литых деталей.

*Места скопления металла.* У литых деталей, несмотря на стремление конструктора обеспечить равномерную толщину стенок, всегда имеются места скопления металла – металлотермические узлы.

Эти узлы образуются в местах пересечений и сопряжении стенок; местах расположения выступов, приливов и бобышек, а также за счет утолщения при назначении припусков на механическую обработку. Такие горячие узлы медленнее затвердевают, и в них вследствие недостаточного питания жидким металлом в процессе затвердевания образуются усадочные раковины и рыхлоты. Особенно нежелательно наличие термических узлов у отливок из сплавов с повышенной усадкой.

В связи с тем, что обеспечить равномерное затвердевание отливки бывает затруднительно, на практике применяют так называемый принцип направленного затвердевания. При этом литую деталь необходимо так конструктивно оформить, расположить в форме и подвести к ней жидкий металл, чтобы затвердевание началось в тонких местах, постепенно распространяясь

на более толстые, и заканчиваясь в прибылях, установленных на самых массивных местах.

Направленность затвердевания отливки проверяется методом вписанных в сечение окружностей. При направленном затвердевании окружность, вписанная в тонкое сечение, должна, постепенно увеличиваясь, выкатываться из отливки в прибыль. Принцип направленного затвердевания иллюстрируется рис. 118.

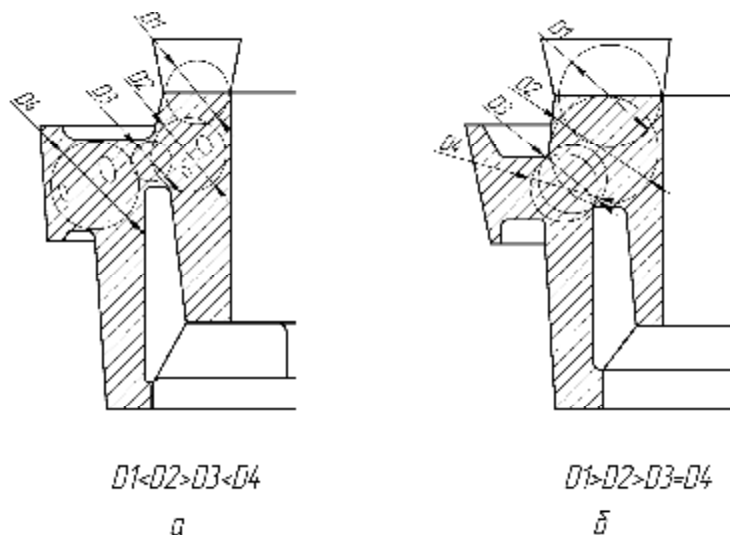


Рис. 118. Принцип направленного затвердевания

Здесь слева дана конструкция детали, не удовлетворяющая данному принципу, поэтому в местах скопления металла она поражена усадочными раковинами. Справа расположена реконструированная деталь, удовлетворяющая этому принципу.

При наличии у отливки мест скопления металла, которые трудно обеспечить дополнительным питанием за счет установки прибылей для равномерного или направленного затвердевания применяются внутренние или внешние холодильники. Имеющиеся местные утолщения у отливок можно уменьшить, а для сохранения необходимой жесткости установить ребра жесткости. Толщина ребер жесткости на внешней поверхности отливки не должна превышать 0,8, а внутренних ребер 0,6 толщины стенок.

Высота ребер не должна превышать пятикратной толщины стенок.

При наличии у литой детали мест, где могут возникать термические (неравномерность затвердевания и остывания) и усадочные (затрудненная усадка) напряжения, в ее конструкцию во избежание образования горячих трещин вводятся литейные ребра.

Сопряжения ребер жесткости и литейных ребер с сечением основного тела отливки не должны приводить к местным скоплениям металла, для чего такие места необходимо конструктивно облегчить, например, как показано на



рис. 119.

Ребра должны располагаться симметрично по контуру детали во избежание ее коробления. Литейные ребра обычно делают мелкими для легкого их удаления при обрубке отливки.

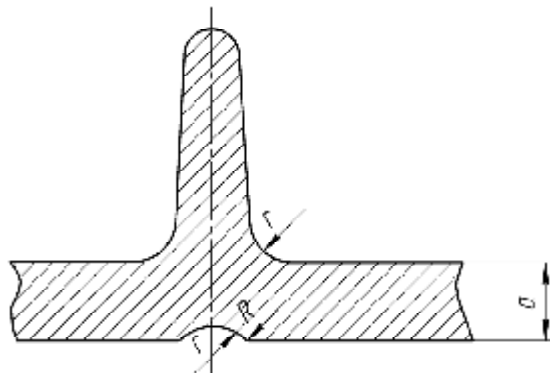


Рис. 119. Пример сопряжения ребер жесткости и литейных ребер с сечением тела отливки

*Ребра жесткости.* При конструировании литых деталей рекомендуется предусматривать ребра жесткости, которые позволяют уменьшить сечение отдельных элементов детали при сохранении необходимой прочности, снизить внутренние напряжения, предотвратить коробление и образование трещин. Толщина ребра жесткости должна быть не менее 0,8 толщины сопрягаемой стенки.

Ребра следует располагать в шахматном порядке с шагом  $L$  более  $2S$ , избегая крестообразных сопряжений (рис. 120).

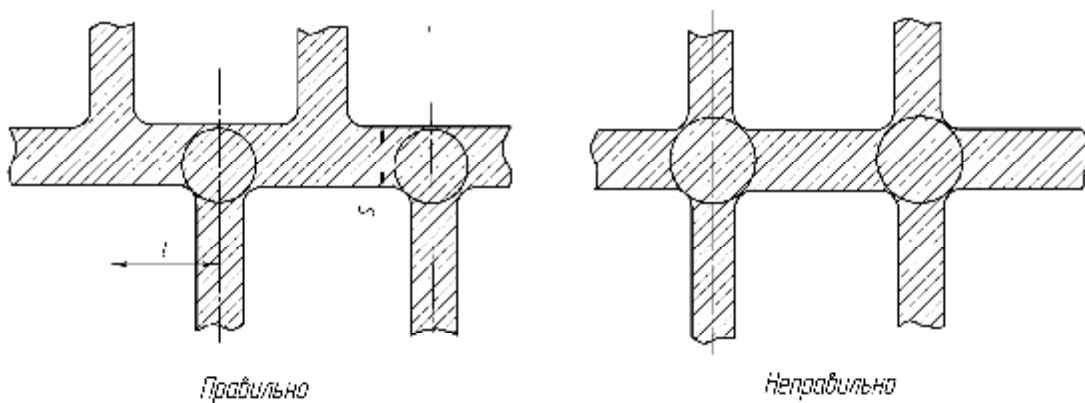


Рис. 120. Расположение ребер жесткости

Форма ребра должна обеспечивать свободную деформацию при усадке металла (рис. 121).

Ребра жесткости рекомендуется располагать в плоскости разреза формы, и перпендикулярно к ней, во избежание отъемных частей (рис. 122).

В местах пересечения ребер не следует допускать утолщения сечений, способствующих образованию усадочных раковин и рыхлот (рис. 123, 124).

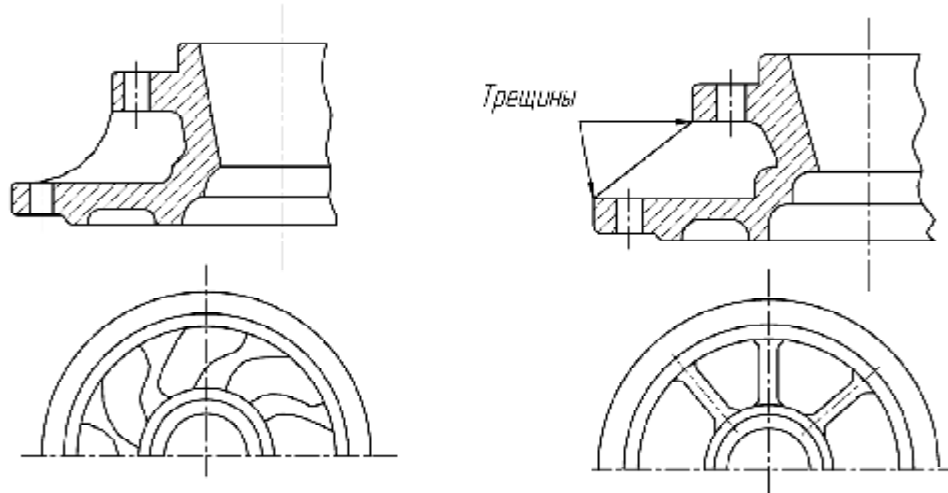


Рис. 121. Форма ребер

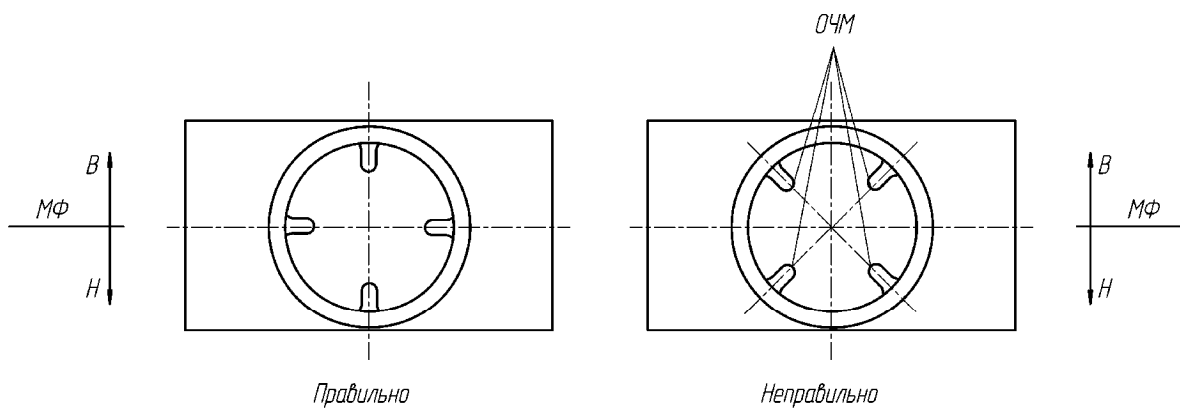


Рис. 122. Расположение ребер жесткости



Рис. 123. Сопряжение стенок отливки

Фланцы, бобылки, приливы. В местах сопряжения фланцев, бобышек

или приливов с основной стенкой детали не должно быть узких прорезей и острых углов. В этих случаях рекомендуется делать плавный переход (рис. 125)

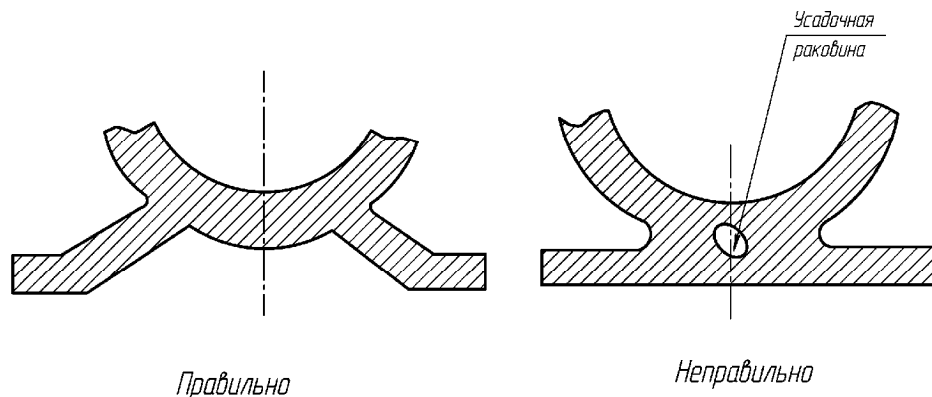


Рис. 124. Сопряжение стенок отливки

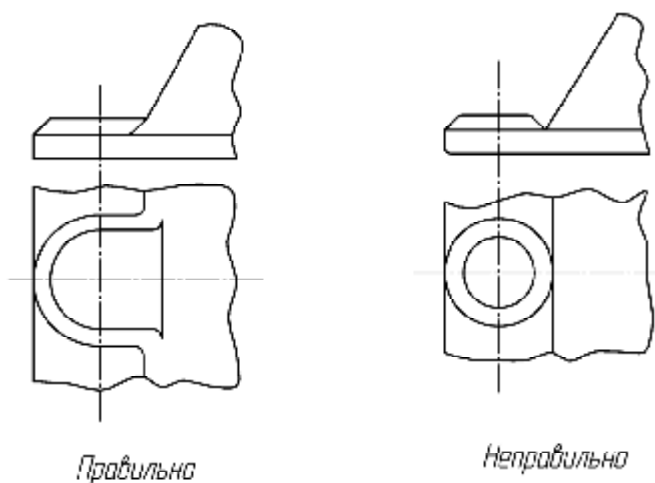


Рис. 125. Сопряжение бобышек с основной стенкой

В случае, когда опорная поверхность под болты гайки может быть получена фрезерованием или зенкованием, специальные приливы делать не рекомендуется (рис. 126).

Обрабатываемую поверхность установочных плоскостей следует ограничивать до минимума, предусматривая лишь обработку специальных участков (рис. 127).

В целях упрощения механической обработки деталей, обрабатываемые поверхности бобышек и приливов следует располагать на одном уровне (рис. 128).

*Особенности конструирования литых деталей из цветных сплавов.* В связи с идентичностью значений величин линейной и объемной усадок серого чугуна и оловянных бронз правила конструирования отливок из этих сплавов

аналогичны.

Основные требования к конструкции детали из оловянных бронз: минимальная толщина стенок; минимальное количество обрабатываемых поверхностей с минимальной величиной припуска на механическую обработку; максимальное сокращение местных утолщений и плавные сопряжения стенок; толщина фланцев должна быть меньше двойной толщины тела детали; выступающие части крупных деталей необходимо укреплять небольшими тонкими ребрами жесткости во избежание образования трещин при остывании.

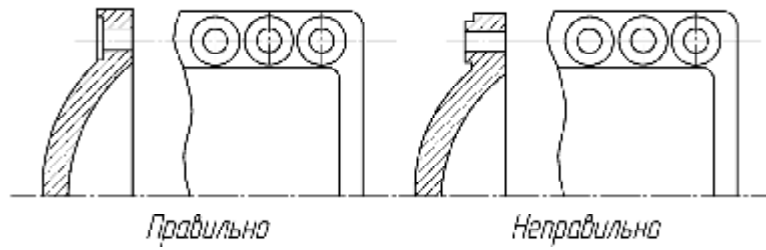


Рис. 126. Опорная поверхность под болты и гайки

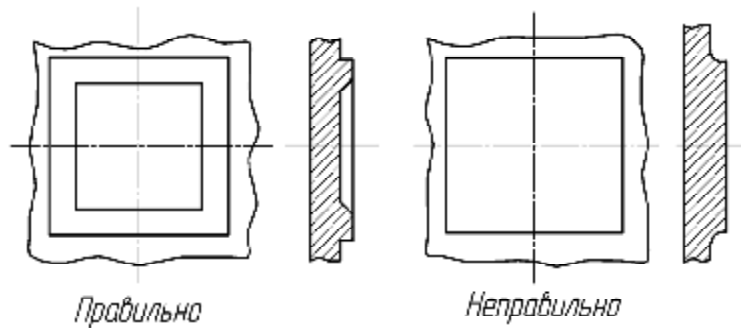


Рис. 127. Конструирование литых деталей с обрабатываемыми поверхностями

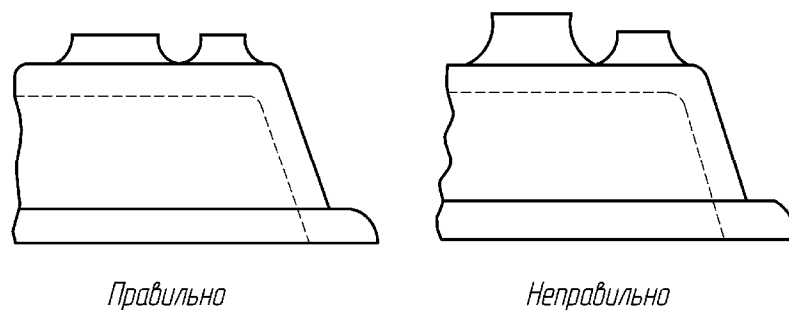


Рис. 128. Конструирование бобышек и приливов с обрабатываемыми поверхностями

Безоловянные бронзы и латуни обладают большой линейной и объемной усадкой, что определяет близость конструкции деталей, отливаемых из этих

сплавов, к литым стальным конструкциям. Они требуют устранения узлов металла, наличия плавных переходов, удобных площадок для установки прибылей.

В некоторых случаях необходимо вводить в конструкцию отливок специальные ребра, позволяющие питать несколько утолщенных мест от одной общей прибыли. Эти питающие ребра должны иметь толщину  $g$ , равную 2-3 толщинам тела. На рис. 129 изображена конструкция литых деталей с питающими ребрами.

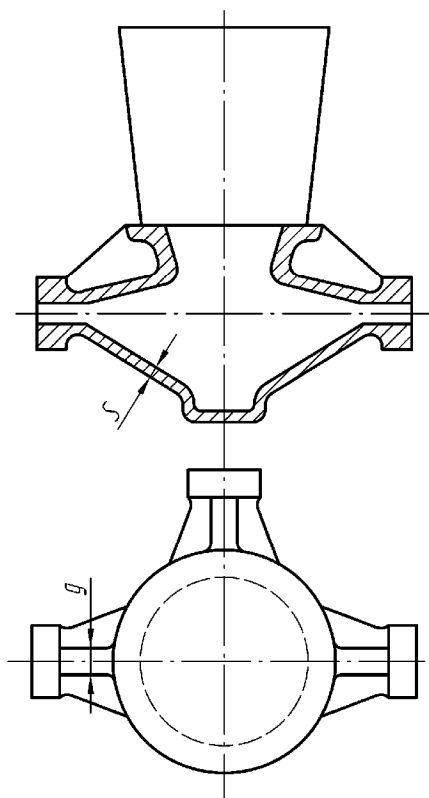


Рис. 129.

Толщина стенки детали должна быть не менее 5 мм. Наиболее плотный металл получается при изготовлении отливок в металлических формах.

подавляющее большинство алюминиевых сплавов имеет повышенную линейную и объемную усадку, что сближает правила конструирования литых деталей из этих сплавов с правилами конструирования стальных литых деталей.

Усадка алюминиевых сплавов составляет 1,2-1,4 %. Исключением является сплав с содержанием 12 % кремния, усадка которого 1,1 %.

С увеличением толщины стенок отливки снижаются механические свойства алюминиевых сплавов, поэтому детали должны иметь минимальную толщину стенок.

Применение питающих ребер недопустимо; ребра жесткости должны иметь минимальные сечения, чтобы они не являлись источником пористости.

Припуски на механическую обработку назначать минимальными. Установка жеребеек в формы не рекомендуется.

*Особенности конструирования деталей из износостойких сплавов.* Особенностью износостойких сплавов является значительная хрупкость, склонность к образованию горячих и холодных трещин, большая усадка и малая теплопроводность.

В связи с этим к конструкции литых деталей предъявляются следующие требования: создание условий направленного затвердевания и хорошего питания отливок; равномерная толщина стенок отливки и отсутствие термических узлов; плавные переходы от одного сечения к другому; минимальные припуски на механическую обработку.

Контрольные вопросы.

1. Как выполняют угловые сопряжения?
2. По каким правилам проектируют внешние контуры отливки?
3. Как проверяется направленность затвердевания?
4. Как проектируют внутренние контуры отливки?
5. Уступы и пазы в отливках, рекомендации по их применению.
6. Для чего предусматривают ребра жесткости при конструировании литых деталей?
7. Как следует располагать бобышки и приливы при конструировании деталей?
8. Почему местам скопления металла необходимо дополнительное питание?
9. Что учитывают, назначая толщину стенки детали?
10. Что такое «болваны»?
11. В чем заключается правило световых теней?

## **ЛЕКЦИЯ 22.**

### **ТЕМА: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК**

План лекции

1. Выбор способа изготовления форм.
2. Выбор положения отливки при заливке и назначение поверхности разъема формы.

*Исходные данные для разработки технологического процесса изготов-*

*ления отливок.* Разработка технологического процесса изготовления формы для получения той или иной отливки требует следующих исходных документов: чертежа детали, технических условий на литейную заготовку детали (отливку), характеристики качества и условий ее работы, указания объема выпускаемых деталей (отливок), а также руководящих материалов по разработке технологических процессов.

Разработка технологического процесса изготовления отливок включает следующие этапы:

- оценка технологичности литых деталей;
- разработка технологического процесса: выбор способа изготовления форм, определение положения отливки в литейной форме, выбор поверхности разъема формы, выбор вида формовки;
- получение отливок требуемых размеров и форм: определение припусков на усадку, определение припусков на механическую обработку и допускаемые отклонения по размерам отливки, определение формовочных (литейных) уклонов;
- определение конструкции и размеров стержней;
- конструирование и расчет литниковой системы;
- определение размеров и формы прибылей;
- определение размеров опок;
- оформление и порядок разработки технологического процесса.

*Выбор способа изготовления форм.* Для определения способа изготовления форм необходимо учитывать характер производства, степень механизации формовки, наличие литейной оснастки и возможности цеха по изготовлению моделей и специальной оснастки, а также размеры, форму и вес отливки.

Необходимо уже в самом начале разработки технологии изготовления детали предусматривать использование машинной формовки, которая в условиях серийного и массового производства наиболее целесообразна. При машинной формовке высокая производительность сочетается с высокой точностью и постоянством свойств литых деталей. В табл. 46 приведены ориентировочные данные для определения серийности производства отливок.

Показателями, характеризующими прогрессивность технологического процесса являются: коэффициент выхода годного; производительность оборудования и труда рабочих; стоимость и срок службы оснастки; затраты на внедрение технологического процесса; себестоимость литья, срок окупаемости капитальных вложений.

Выбор способа изготовления отливок зависит от следующих факторов: серийности выпуска, конструкции отливки, сплава, техническим условиям на деталь и др.

*Определение положения отливки в литейной форме.* Определяя положение отливки в литейной форме, следует располагать наиболее ответственные поверхности, подвергающиеся механической обработке, внизу или в вер-

тикальной плоскости.

Положение отливок при заливке формы должно удовлетворять направленному затвердеванию, т.е. наиболее удаленные от прибыли части отливки должны кристаллизоваться в первую очередь. Прибыли необходимо располагать непосредственно над массивной частью отливки.

Таблица 46

Ориентировочные данные для определения серийности производства отливок

| Группа отливок по массе | Масса отливки, кг | Годовой выпуск отливок, шт., одного наименования при различных типах производства |               |            |                |          |
|-------------------------|-------------------|---|---------------|------------|----------------|----------|
|                         |                   | единичном   | мелкосерийном | серийном   | крупносерийном | массовом |
| I (мелкие)              | 20                | 300   | 300-3000      | 3000-5000  | 35000-200000   | 200000   |
|                         | 20-100            | 150   | 150-200       | 2000-15000 | 15000-100000   | 100000   |
| II (средние)            | 101-500           | 75  | 75-1000       | 1000-6000  | 6000-40000     | 40000    |
|                         | 501-1000          | 50  | 50-600        | 600-3000   | 3000-20000     | 20000    |
| III (очень крупные)     | 1001-5000         | 20  | 20-100        | 100-300    | 300-4000       | 4000     |
| VI (очень крупные)      | 5001-10000        | 10  | 10-50         | 50-150     | 150-1000       | 1000     |
|                         | 10000-50000       | 5   | 5-25          | 25-75      | 75             | -        |

В отливках из серого чугуна массивные части следует располагать внизу по заливке, так как при отсутствии прибылей нижние части отливки питаются за счет верхних.

Для уменьшения трудоемкости при изготовлении формы желательно предусмотреть изготовление формы минимальным количеством стержней или вообще без них.

Положение отливки в литейной форме должно обеспечивать надежность крепления стержней при сборке формы и возможность проверки правильности их установки.

Места установки прибылей, технологические пополнения, места подвода металла желательно располагать на обрабатываемых поверхностях отливок.

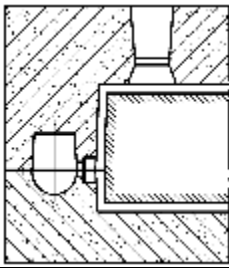
*Выбор положения отливки в форме в период заливки и затвердевания и разъема формы.* Положение отливки в форме и разъем формы должны обеспечивать высокое качество отливки, минимальные затраты на ее изготовление и на механическую обработку, минимальный расход металла и возможность применения механизации и автоматизации технологического процесса (табл. 47).

*Выбор поверхности разъема формы.* От выбора поверхности разъема формы зависят разъем модели, необходимость применения стержней, их количество, величина формовочных уклонов и т.д.

Плоскую поверхность разъема формы следует предпочитать фигурной (рис. 130).



## Основные требования к выбору положения отливки в форме

| Эскиз  | Основные требования   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">1</p>          | <p style="text-align: center;">2</p> <p>При повышенной склонности сплавов к образованию усадочных раковин. Следует отливки располагать так, чтобы толстые части были сверху или с боку по разъему, что позволяет удобно устанавливать прибыли</p>   |
|   | <p>Наиболее ответственные части отливок следует располагать в нижней части формы или, в крайнем случае, вертикально, что уменьшает дефекты по неметаллическим включениям, усадочным и газовым раковинам</p>   |
|    | <p>При подводе металла по разъему формы горизонтальные тонкие стенки отливки следует располагать в нижней части формы, что обеспечивает лучшее заполнение формы и устраняет недолив и спай</p>  |
|   | <p>Массивные части отливок из серого чугуна следует располагать в нижней полуформе, а при формовки в одной полуформе – внизу; направленная кристаллизация для крупных отливок при этом обеспечивается применением металлических холодильников или смесей с повышенной теплопроводностью</p> |
| <p style="text-align: center;">Литники</p>  | <p>Основную часть отливок с малой и равномерной толщиной стенок (посудное литье, ванны) следует располагать в верхней части формы, обеспечивая тем самым хорошее ее заполнение клиновыми щелевыми или дождевыми питателями, подводимыми в верхнюю часть отливки</p>                         |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Отливку необходимо располагать так, чтобы обеспечить спокойное заполнение формы, исключая разрушение струей металла отдельных участков формы и стержней</p>   |
|  | <p>Для устранения образования газовых раковин отливки при заливке следует располагать так, чтобы был обеспечен преимущественно верхний отвод газов из стержней</p>   |
|  | <p>Отливку в форме следует располагать по возможности так, чтобы можно было объединить несколько стержней в один для двух или более отливок</p>  |
|  | <p>При изготовлении форм под высоким давлением, особенно на автоматических линиях, а также для деталей, подвергающихся испытанию на герметичность, отливки в форме следует располагать так, чтобы обеспечить крепление стержней без жеробек, а закрепление увеличенной нижней части знака – плоскостью разреза верхней полуформы</p> |
|  | <p>Отливку в форме следует располагать так, чтобы общая высота формы была наименьшей, а полуформы имели примерно одинаковую высоту</p>   |
|  |  |

Рис. 130. Пример выбора поверхности разреза формы

Основные поверхности детали располагать в одной желательной нижней, полуформе (рис. 131).

Число отъемных частей модели должно быть минимальным. При машинной формовке отъемные части заменять стержнями или изменять конструкцию отливки (рис. 132).

Поверхность разъема должна обеспечить формовку с применением наименьшего количества стержней (рис. 133).

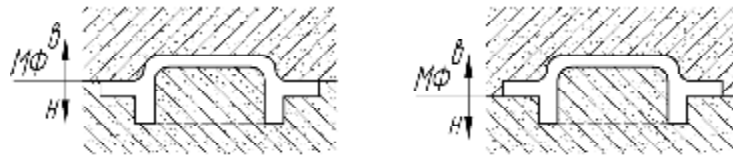


Рис. 131. Пример выбора поверхности разъема формы

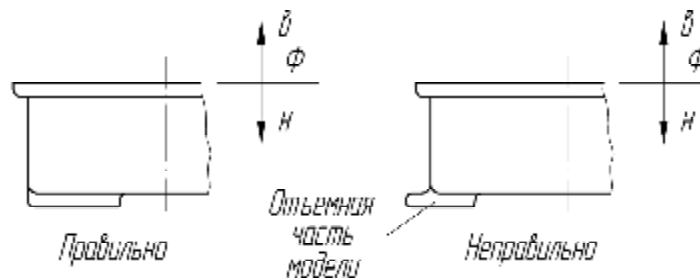


Рис. 132. Конструкция отъемных частей модели

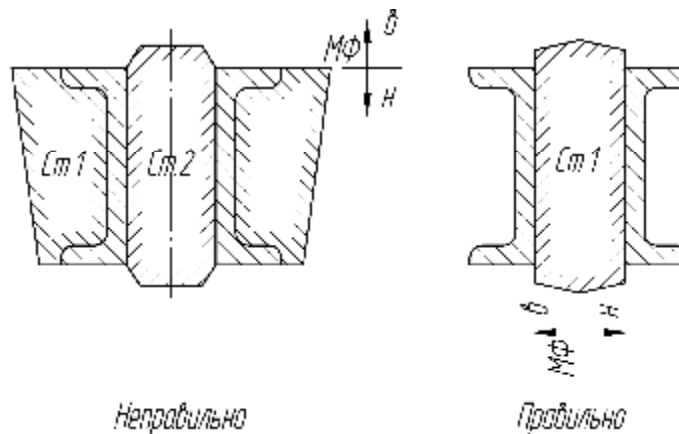


Рис. 133. Выбор поверхности разъема

Для предупреждения смещения верхней части отливки относительно нижней и утечки металла в разъем формы отливку следует, по возможности, располагать в нижней полуформе (рис. 134).

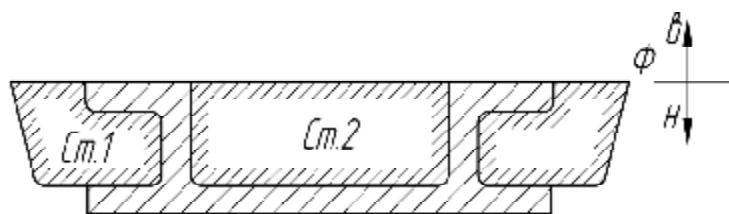
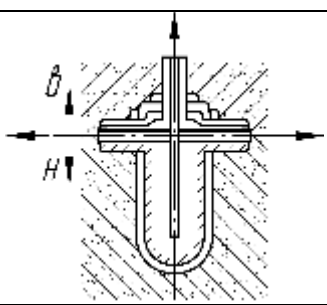
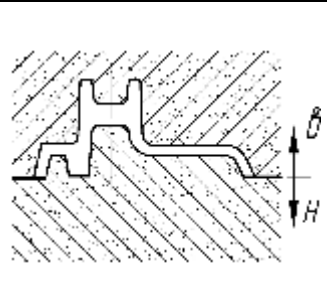
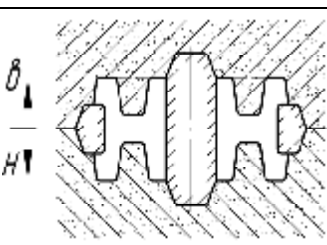
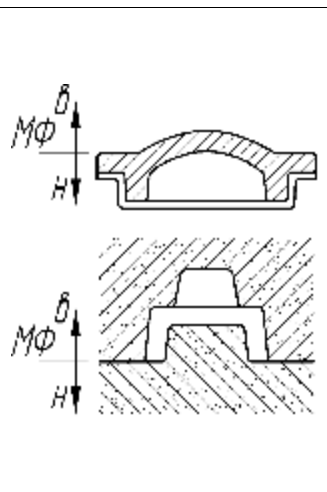


Рис. 134. Выбор поверхности разъема

Таблица 48

| Основные требования к выбору разъема формы |  |
|--|--|
| Эскиз                                      | Основные требования  |
| 1  | 2  |
|  | <p>Число разъемов формы должно быть минимальным, а поверхности разъемов – плоскими; при фасонной поверхности разъема его построение должно выполняться линиями, имеющими определенную геометрическую форму, что упрощает процесс изготовления, доводки и контроля модельных плит</p>   |
|  | <p>Число отъемных частей должно быть минимальным; при массовом и серийном производстве, если нельзя изменить конструкцию отливки, их следует заменять стержнями</p>  |
|  | <p>Разъем формы должен обеспечить наименьшее количество дефектов по перекосам, а также минимальную протяженность литейных швов по поверхностям отливок и соответственно заливов; если же заливов не избежать, то обработка их не должна вызывать затруднений; на базовых поверхностях отливок литейные швы и заусенцы не допускаются</p> |
|  | <p>При безопочной формовке в нижней части полуформы; в этом в случае съем верхней формы и нижней, находящейся под воздействием вибратора, не вызывает затруднений</p>  |

|  |   |
|--|---|
|   | <p>Разъем формы должен быть таким, чтобы обеспечить удобный вывод газов из всех стержней, болванов и углубленных (при почвенной формовке) участков формы</p>  |
|   | <p>Количество стержней должно быть минимальным; по возможности – стержни следует заменять болванами, особенно на автоматических линиях формовки, или несколько отдельных стержней заменять одним общим; в единичном производстве для возможности замены стержней болванами следует применять парные модельные плиты по типу машинной формовки</p>   |
|   | <p>Разъем формы должен быть таким, чтобы все или основные стержни устанавливались в нижней полуформе и обеспечивали тем самым максимально удобные процессы сборки формы, ее отделки, окраски и просушивания, а также контроль установки стержней</p>  |
|  | <p>Базовые поверхности отливок долины быть расположены в одной полуформе с обрабатываемыми поверхностями, а также с фланцами и приливами, связанными с базовыми жесткими размерами; части детали, не допускающие относительного взаимного смещения, должны также располагаться в одной полуформе, если же разъем формы не допускает их расположения в одной полуформе, то ответственные поверхности должны занимать в форме строго определенное положение по отношению к базовым, что достигается применением специальной оснастки и средств контроля</p> |

*Выбор вида формовки.* Под видом формовки подразумевается состояние литейной формы, в котором она допускается к сборке и заливке металлом. Различают два вида формовки: «по-сырому» и «по-сухому».

Формы, прошедшие тепловую сушку, независимо от глубины просушенного слоя, считаются изготовленными «по-сухому».

Методом формовки «по-сухому» рекомендуется изготавливать крупные и толстостенные отливки, а также отливки, к качеству которых предъявляются повышенные требования.

Формы из песчано-глинистых смесей, не прошедшие тепловую сушку,

и формы из жидкоподвижных смесей и смесей на жидком стекле, подвергаемые провяливанию или химическому твердению, считаются изготовленными «по-сырому».

При формовке «по-сырому» сокращается цикл изготовления форм, увеличивается оборачиваемость опок, сокращаются грузопотоки. Все это увеличивает производительность труда и снижает себестоимость литья. Однако, формовка «по-сырому» имеет ряд существенных недостатков, которые необходимо учитывать при назначении вида формовки:

- следует избегать изготовления форм «по-сырому», где металлостатическое давление и динамический напор достигают значительных величин. Это может вызвать деформацию и разрушение сырых форм и повлечет за собой раздутие форм и песчаные включения;

- в сырую форму нежелательно устанавливать холодильники, так как на их поверхности конденсируется влага, что приведет к образованию в отливке газовых раковин. При применении холодильников в сырых формах, последние должны заливаться не более чем через 3-4 часа после сборки;

- следует избегать изготовления крупных форм «по-сырому», так как по условиям формовки и сборки они простаивают длительное время до момента сборки и заливки форм.

- при продолжительном времени заливки сырой формы на поверхности отливки могут образовываться плены, ужимины и другие дефекты;

- выступающие части форм при формовке «по-сырому», ввиду малой их прочности, могут быть разрушены потоком металла.

#### Контрольные вопросы.

1. Какие принципы лежат в основе выбора оптимального положения отливки в форме?
2. Сформулируйте условия обеспечения направленного затвердевания.
3. Назовите принципы, на основании которых выбирается положение полости разъема модели и формы.
4. Назовите этапы конструирования литых деталей.
5. Каким должен быть разъем формы при машинной формовке?
6. Что такое вид формовки?
7. Чем отличается формовка по-сухому от формовки по-сырому?
8. Как следует располагать в форме отливку, чтобы предупредить смещение верхней части отливки?
9. Как следует располагать в форме наиболее ответственные поверхности?
10. Как обеспечить надежность крепления стержней при сборке форм и возможность проверки правильности их установки?

## ЛЕКЦИЯ 23.

### ТЕМА: ПОЛУЧЕНИЕ ОТЛИВОК, ТРЕБУЕМЫХ РАЗМЕРОВ И ФОРМ

План лекции

1. Определение припусков на усадку, механическую обработку.
2. Формовочные уклоны, технологические пополнения.

*Определение величины усадки отливок.* Усадкой называется уменьшение объема металла при охлаждении. Изменение линейных размеров отливки, вызванное усадкой, называется линейной усадкой. Величина усадки зависит от марки сплава, конфигурации отливки, ее размеров, формовочных материалов, вида формовки, температуры металла при заливке формы и других факторов. Наибольшую усадку имеют отливки простой конфигурации, так как нет препятствий усадке. В отливках, имеющих стенки разной толщины, усадка получается неравномерной из-за неодновременного затвердевания и остывания. Более толстые части затвердевают позднее, чем тонкие. Отливки с большим числом стержней также не имеют равномерной усадки, так как стержни препятствуют свободной усадке. Наличие большого количества переменных факторов затрудняет точное определение величины линейной усадки отливок. Для уточнения фактической величины усадки необходимо проводить многочисленные замеры готовых отливок и их сопоставление с размерами модели.

Величина линейной усадки  $\epsilon_{л}$  может быть определена по формуле

$$\epsilon_{л} = \frac{l_{\text{мод}} - l_{\text{отл}}}{l_{\text{отл}}} \times 100\% ,$$

где  $l_{\text{мод}}$  – размер модели, мм;  $l_{\text{отл}}$  – размер отливки по чертежу, мм.

Отливка соответствует размерам чертежа в тех случаях, когда при изготовлении модели правильно учитывается линейная усадка металла. На основании анализа многочисленных замеров рекомендуется пользоваться данными табл. 49.

*Определение припусков на механическую обработку.* Припуском на механическую обработку называется слой металла, предусмотренный для снятия в процессе механической обработки. Величина припусков зависит от материала литой детали, характера производства, положения обрабатываемой поверхности в форме (при заливке). Припуски устанавливаются в зависимости от класса точности отливки.

*Точность отливки* – степень приближения размеров, формы, расположения элементов и параметров качества и поверхностей отливки к соответствующим заданным параметрам детали.

Точность отливки определяется значениями допусков на ее размеры, коробления, смещения по плоскости разъема, массы и припусков на механическую обработку ее поверхностей.

Таблица 49

| Группа отливок   | Усадка, %    |           |
|--|--------------|-----------|
|  | затрудненная | свободная |
| Серый чугун  |              |           |
| Мелкие и средние отливки   | 0,9          | 1,0       |
| Средние и крупные отливки  | 0,8          | 0,9       |
| Очень крупные отливки  | 0,7          | 0,8       |
| Специальные цилиндрические отливки:                                |              |           |
| по длине   | 0,8          | 0,9       |
| по диаметру  | 0,5          | 0,7       |
| Стальное литье   |              |           |
| Отливки из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей | 1,3-1,7      | 1,6-2,0   |
| Отливки из высоколегированных хромистых сталей                     | 1,0-1,4      | 1,3-1,7   |
| Отливки из феррито-аустенитных сталей                              | 1,5-1,9      | 1,8-2,2   |
| Отливки из чисто-аустенитных сталей                                | 1,7-2,0      | 2,0-2,3   |
| Цветное литье  |              |           |
| Оловянные бронзы   | 1,2          | 1,4       |
| Безоловянные бронзы  | 1,6-1,8      | 2,0-2,2   |
| Латуни цинковые  | 1,5-1,7      | 1,8-2,0   |
| Латуни кремнистые  | 1,6-1,7      | 1,7-1,8   |
| Латуни марганцовые   | 1,8-2,0      | 2,0-2,3   |
| Силумин  | 0,8-1,0      | 1,0-1,2   |
| Сплав алюминия с медью   | 1,4          | 1,6       |

*Классы точности размеров отливок* – характеристика точности изготовления отливок, определяемая значениями допусков в мм (ГОСТ 26645-85). Установлено 16 классов точности и шесть дополнительных с индексами «Т» для номинальных размеров до 10000 мм.

В ГОСТе 26645-85 классы точности указаны для размеров элементов отливки образованной двумя полуформами и расположенной перпендикулярно к плоскости разъема. Допуски размеров элементов отливки, образованной одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на один два класса выше приведенных в ГОСТе 26645-85, образованной тремя и более частями формы, несколькими стержнями, а также на толщины стенок, ребер и фланцев – на 1-2 класса ниже. ГОСТ 26645-85 предусматривает предельные отклонения, смещения от номинального положения элементов отливки на плоскости разъема.

Допуск размера отливки (допускаемые отклонения) – разность между наибольшим и наименьшим значениями размера отливки или между верхним и нижним предельным отклонениями.

При конструировании отливок на чертежах показывают допускаемые



отклонения (допуски на размер).

Величина допуска на размеры отливок включает обычно погрешности по всем признакам, кроме погрешностей по точности взаимного расположения поверхностей. Последние оговариваются на чертежах особо.

Правильное назначение величины допусков имеет большое значение с точки зрения экономики и организации производства. Отливку с большими допусками проще изготовить, но увеличение допусков приводит к большему расходу металла и в конечном итоге повышению себестоимости отливки. На рис. 135 показаны графическое объяснение припусков и допусков и их взаимосвязь.

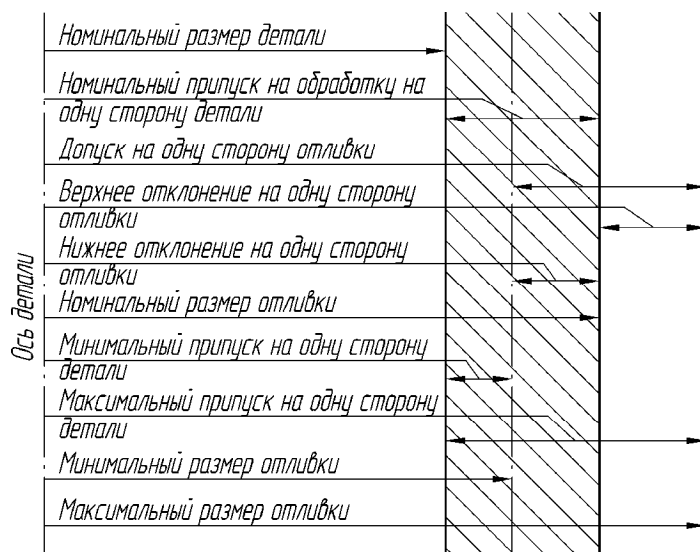


Рис. 135.

Под номинальным размером отливки подразумевается основной расчетный размер, который задается чертежом. Размер, получаемый непосредственным измерением, называется действительным размером. Действительный размер ограничивается предельными размерами – наибольшим или наименьшим. Допуск, или отклонение, является разностью между номинальным и каким-либо из предельных размеров. При этом различают верхние и нижние (отклонения в плюс и в минус).

Величина припусков зависит от наибольшего габаритного и номинального размеров отливки. Для установления припусков на механическую обработку под номинальным размером понимается наибольшее расстояние между противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от базисной поверхности или оси до обрабатываемой поверхности (рис. 136).

Припуски на механическую обработку отливок устанавливаются по ГОСТ 26645-85 в соответствии с классами точности их изготовления:

I класс – для отливок массового производства;

II класс – для отливок серийного производства;

III класс – для отливок индивидуального производства.

Припуски, компенсирующие коробление, сглаживающие местные углубления и выступы, а также напуски, создающие направленное затвердевание металла, устанавливаются технологом-литейщиком при разработке технологии.

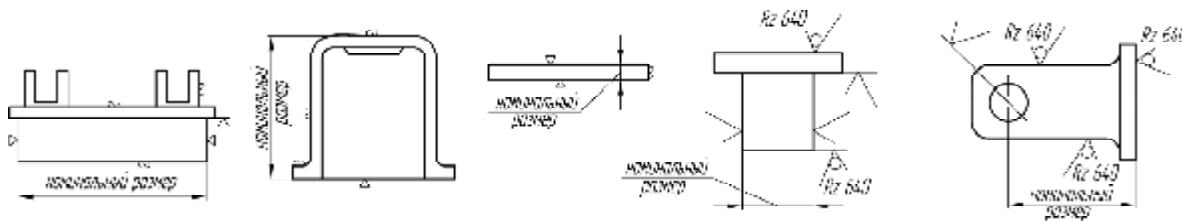


Рис. 136. Примеры определения номинального размера отливок

Для оценки точности с некоторыми приближениями можно применять квалитеты, приведенные в табл. 50.

Таблица 50

Допуски размеров отливок

| Интервалы номинальных размеров, мм | Обозначение |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
|------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                    | IT11        | IT12  | IT13  | IT14  | IT15  | IT16   | IT17   | IT18   | IT19   | IT20   |
| до 6                               | 0,075       | 0,120 | 0,180 | 0,300 | 0,480 | 0,750  | 1,200  | 1,800  | 3,000  | 4,800  |
| 6-10                               | 0,090       | 0,150 | 0,220 | 0,360 | 0,580 | 0,900  | 1,500  | 2,200  | 3,600  | 5,800  |
| 10-18                              | 0,110       | 0,180 | 0,270 | 0,430 | 0,700 | 1,100  | 1,800  | 2,700  | 4,300  | 7,000  |
| 18-30                              | 0,130       | 0,210 | 0,330 | 0,520 | 0,840 | 1,300  | 2,100  | 3,300  | 5,200  | 8,400  |
| 30-50                              | 0,160       | 0,250 | 0,390 | 0,620 | 1,00  | 1,600  | 2,500  | 3,900  | 6,200  | 10,000 |
| 50-80                              | 0,190       | 0,300 | 0,460 | 0,740 | 1,200 | 1,900  | 3,000  | 4,600  | 7,400  | 12,000 |
| 80-120                             | 0,220       | 0,350 | 0,540 | 0,870 | 1,400 | 2,200  | 3,500  | 5,400  | 8,700  | 14,000 |
| 120-180                            | 0,250       | 0,400 | 0,630 | 1,000 | 1,600 | 2,500  | 4,000  | 6,300  | 10,000 | 16,000 |
| 180-250                            | 0,290       | 0,460 | 0,720 | 1,150 | 1,850 | 2,900  | 4,600  | 7,200  | 11,500 | 18,500 |
| 250-315                            | 0,320       | 0,520 | 0,810 | 1,300 | 2,100 | 3,200  | 5,200  | 8,100  | 13,000 | 21,000 |
| 315-400                            | 0,360       | 0,570 | 0,890 | 1,400 | 2,300 | 3,600  | 5,700  | 8,900  | 14,000 | 23,000 |
| 400-500                            | 0,400       | 0,630 | 0,970 | 1,550 | 2,500 | 4,000  | 6,300  | 9,700  | 15,500 | 25,000 |
| 500-630                            | 0,440       | 0,700 | 1,100 | 1,750 | 2,800 | 4,400  | 7,000  | 11,000 | 17,500 | 28,000 |
| 630-800                            | 0,500       | 0,800 | 1,250 | 2,000 | 3,200 | 5,000  | 8,000  | 12,500 | 20,000 | 32,000 |
| 800-1000                           | 0,560       | 0,900 | 1,400 | 2,300 | 3,600 | 5,600  | 9,000  | 14,000 | 23,000 | 36,000 |
| 1000-1250                          | 0,660       | 1,050 | 1,650 | 2,600 | 4,200 | 6,600  | 10,500 | 16,500 | 26,000 | 42,000 |
| 1250-1600                          | 0,780       | 1,250 | 1,950 | 3,100 | 5,000 | 7,800  | 12,500 | 19,500 | 31,000 | -      |
| 1600-2000                          | 0,920       | 1,500 | 2,300 | 3,700 | 6,000 | 9,200  | 15,000 | 23,000 | -      | -      |
| 2000-2500                          | 1,100       | 1,750 | 2,800 | 4,400 | 7,000 | 11,000 | 17,500 | -      | -      | -      |
| 2500-3150                          | 1,350       | 2,100 | 3,300 | 5,400 | 8,600 | 13,500 | -      | -      | -      | -      |

Ориентировочные данные о требуемой точности размеров отливок в зависимости от эксплуатационного назначения деталей приведены в табл. 51.

Табл. 52 содержит данные о точности размеров и шероховатости поверхностей отливок для основных способов литья и материала отливок.

Таблица 51

| Ориентировочные данные о требуемой точности размеров отливок  |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| Размеры отливки   | Характеристика точности размеров | Квалитеты                               |
| Определяемые подвижными сопрягаемыми поверхностями типа отверстие – вал   | Высокая                          | до 11                                   |
| Определяемые неподвижными сопрягаемыми поверхностями типа отверстие – вал (например, крышки). Определяемые несопрягаемыми поверхностями (например, размеры шкивов, маховиков) | Средняя                          | 12-14                                   |
| Подвергаемые механической обработке   | То же                            | более 11 в зависимости от способа литья |
| Габаритные: толщины стенок, ребер, фланцев (если к ним не предъявляются особые требования)  | Низкая                           | более 15                                |

Таблица 52

| Литье   | Допуски размеров и шероховатость поверхности отливок |   |  |
|---|--|---|--|
|   | Сплавы отливок                                       |   |  |
|   | легкие цветные                                       | тяжелые цветные и серый чугун           | ковкий, высокопрочный чугун, сталь             |
| Под давлением   | <i>IT11-IT13</i><br>до $R_a = 0,63$ мкм              | <i>IT12-IT14</i><br>до $R_a = 1,25$ мкм | -  |
| В керамические формы и по выплавляемым моделям  | <i>IT12-IT14</i><br>до $R_a = 2,5$ мкм               | <i>IT13-IT15</i><br>до $R_z = 20$ мкм   | <i>IT14-IT15</i><br>до $R_z = 20$ мкм и грубее |
| В кокиль и под низким давлением без стержней и с песчаными стержнями; в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой | <i>IT13-IT17</i><br>до $R_z = 20$ мкм                | <i>IT14-IT17</i><br>до $R_z = 40$ мкм   | <i>IT15-IT18</i><br>до $R_z = 80$ мкм          |
| В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежное; в сырые и сухие песчано-глинистые формы              | <i>IT14-IT18</i><br>до $R_z = 40$ мкм                | <i>IT15-IT19</i><br>до $R_z = 80$ мкм   | <i>IT16-IT20</i><br>до $R_z = 80$ мкм и грубее |

Квалитеты точности для размеров отливок из черных сплавов можно выбрать по табл. 53, для цветных сплавов – в табл. 54.

Допуски массы:

- расчетная масса отливки, определяется по ее номинальным размерам и номинальной плотности;
- черная масса отливки – масса отливки вместе с массой ее литниковой

системы;

- чистая масса отливки – масса отливки без литников, определяемая на механообработку.

Таблица 53

| Рекомендуемые качества для размеров отливок из черных сплавов |  |                    |                        |        |
|---|--|--------------------|------------------------|--------|
| Литье   | Наибольший габаритный размер отливки, мм | Производство       |                        |        |
|   |  | автоматизированное | поточно-механизованное | ручное |
| В керамические формы и по выплавляемым моделям                | до 315                                   | IT13               | IT14                   | -      |
|   | свыше 315                                | IT14               | IT15                   | -      |
| В кокиль и под низким давлением                               | до 315                                   | IT14               | IT15                   | IT16   |
|   | свыше 315                                | IT15               | IT16                   | IT17   |
| В сырые и сухие песчаноглинистые формы                        | до 630                                   | IT15               | IT16                   | IT17   |
|   | свыше 630                                | IT16               | IT17                   | IT18   |
|   | до 2500                                  | IT17               | IT18                   | IT19   |
|   | свыше 2500                               |                    |                        |        |

*Примечание.* Точность размеров для ковкого, высокопрочного чугуна и стали на один класс грубее. Числовые значения допусков см. табл. 50. Данные таблицы относятся к отливкам 3-4-й групп сложности; для более сложных и менее сложных отливок точность на один класс соответственно грубее и выше. Приведенные в таблицы качества относятся к точности размеров вида ВР2; точность размеров видов ВР1 и ВР3 на один класс соответственно выше и грубее.

Таблица 54

| Рекомендуемые качества для размеров отливок из цветных сплавов |  |                    |                        |        |
|--|--|--------------------|------------------------|--------|
| Литье  | Наибольший габаритный размер отливки, мм | Производство       |                        |        |
|  |  | автоматизированное | поточно-механизованное | ручное |
| Под давлением  | до 315                                   | IT11               | IT12                   | -      |
|  | свыше 315                                | IT12               | IT13                   | -      |
| В керамические формы и по выплавляемым моделям                 | до 315                                   | IT12               | IT13                   | -      |
|  | свыше 315                                | IT13               | IT14                   | -      |
| В кокиль и под низким давлением                                | до 315                                   | IT13               | IT14                   | IT15   |
|  | свыше 315                                | IT14               | IT15                   | IT16   |
| В сырые и сухие песчаноглинистые формы                         | до 630                                   | IT14               | IT15                   | IT16   |
|  | свыше 630                                | IT15               | IT16                   | IT17   |
|  | до 2500                                  | IT16               | IT17                   | IT18   |
|  | свыше 2500                               |                    |                        |        |

*Примечание.* Числовые значения допусков см. табл. 50. Данные таблицы относятся к отливкам 3-4-й групп сложности; для более сложных и менее сложных отливок точность на один класс соответственно грубее и выше. Приведенные в таблицы качества относятся к точности размеров вида ВР2; точность размеров видов ВР1 и ВР3 на один класс соответственно выше и грубее.

В табл. 55 приведена классификация отливок по весу.

Таблица 55

| Весовые группы отливок |                   |                                   |                                |
|------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Группа                 | Вес отливок, в кг |                                   |                                |
|                        | из черных сплавов | из цветных сплавов                |                                |
|                        | чугун, сталь      | тяжелых: бронза, латунь, цинковые | легких: алюминиевые, магниевые |
| 1                      | До 1,5            | До 0,25                           | До 0,2                         |
| 2                      | 1,5-6             | 0,25-1,0                          | 0,2-0,4                        |
| 3                      | 6-8               | 1-4                               | 0,4-0,8                        |
| 4                      | 8-20              | 4-10                              | 0,8-1,6                        |
| 5                      | 20-50             | 10-20                             | 1,6-3,2                        |
| 6                      | 50-100            | 20-50                             | 3,2-6,3                        |
| 7                      | 100-250           | 50-200                            | 6,3-12,5                       |
| 8                      | 250-500           | 200-500                           | 12,5-25                        |
| 9                      | 500-1000          | Свыше 500                         | Свыше 25                       |
| 10                     | 1000-2000         | -                                 | -                              |
| 11                     | 2000-5000         | -                                 | -                              |
| 12                     | 5000-10000        | -                                 | -                              |
| 13                     | 10000-20000       | -                                 | -                              |
| 14                     | Свыше 20000       | -                                 | -                              |

*Определение веса отливки.* Для определения веса отливки необходимо по чертежу определить ее объем и умножить на плотность сплава.

Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья и типов металла и сплава регламентированы ГОСТ 26645-86.

Обозначение точности отливок указывают в технических требованиях чертежа отливки или детали.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса точности размеров, 7-го класса точности массы, 5-ой степени коробления и 4-го ряда припуска на механическую обработку: точность отливки 8-7-5-4 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа детали допускается не указывать степень коробления и ряд припусков на механическую обработку.

Основные и дополнительные припуски на механическую обработку (на сторону) устанавливаются дифференцировано для каждого элемента отливки в зависимости от допусков размеров отливок. Дополнительный припуск, компенсирующий отклонения расположения элементов отливки (коробление, смещение по плоскости разъема, погрешность расположения обрабатываемой поверхности относительно базы) назначают, если наибольшее из предельных отклонений расположения превышает половину допуска на соответствующий размер отливки. Общий припуск на механическую обработку устанавливают равным сумме основного и дополнительного припуска.

### Простановка размеров на чертежах.

**Литейные базы.** Для определения расположения поверхностей деталей пользуются базовыми плоскостями (базами).

Базы разметки, указанные на чертеже детали, должны быть исходными базами как при изготовлении и контроле модельных комплектов, форм и отливок, так и при механической обработке деталей. Базы разметки следует указывать на чертеже по трем осям координат, причем базой разметки могут быть необрабатываемые и обрабатываемые поверхности или геометрические оси отливок. Базу разметки следует выбирать в таком месте детали, где сосредоточены важные для конструкции размеры между необрабатываемыми и обрабатываемыми поверхностями, и так, что бы расстояние от базы разметки до базы механической обработки было наименьшим. Наибольшая точность достигается при расположении базы разметки в одной полуформе с наиболее ответственными частями отливки.

Необрабатываемые поверхности связываются размерами с базой разметки. На рис. 137 приведены примеры простановки размеров детали от баз разметки.

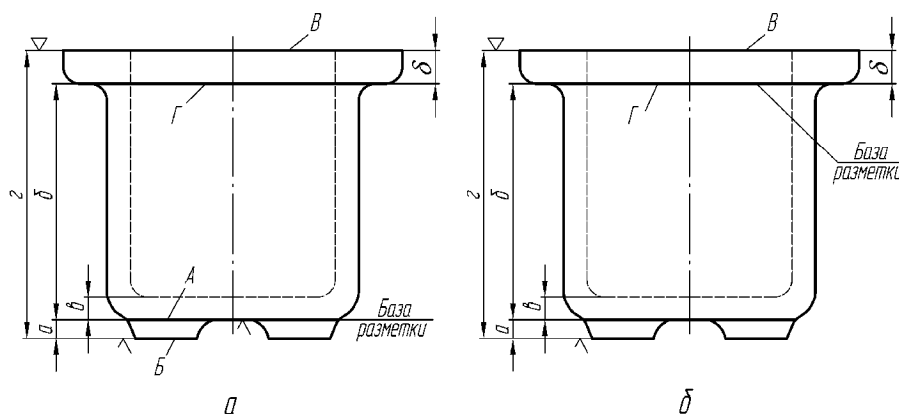


Рис. 137. Примеры простановки размеров на чертеже детали

Если важно выдержать после обработки размер бобышки, то за базу разметки принимают плоскость  $A$ . Базой механической обработки будет плоскость  $B$ , от которой обрабатывают плоскость  $B$ . Толщина  $\delta$  фланца является замыкающим звеном, т.е. переменным, так как зависит от допусков на размеры  $a$ ,  $б$  и  $г$  (рис. 28.3, а). Толщину  $\delta$  фланца можно проставлять на чертеже только как справочный размер.

Если важно выдержать толщину  $\delta$  фланца, то за базу разметки принимают плоскость  $B$ , а за базу механической обработки – плоскость  $A$ . В этом случае уже размер  $a$  бобышки будет замыкающим звеном (рис. 28.3, б), компенсирующим неточность размеров  $\delta$ ,  $б$  и  $г$ , и может быть только справочным размером.

Взаимная увязка процессов контроля модельных комплектов, готовых

отливков и механической обработки повышает точность отливок и предотвращает возникновение брака в механических цехах.

**Конструктивные уклоны.** Эти уклоны предусматриваются конструктором на необрабатываемых поверхностях, перпендикулярных плоскости разреза формы. Направление конструктивного уклона зависит от принятой плоскости разреза модели и во избежание ошибок должно быть согласовано с технологом-литейщиком. При отсутствии конструктивных уклонов технолог назначает в необходимых местах формовочные уклоны, которые искажают контуры отливки и требуют дополнительной механической обработки.

Величина и направление конструктивных уклонов сопрягаемых деталей должны быть согласованы с разрезами моделей и между собой.

При изготовлении отливки крышки по варианту, приведенному на рис. 138, а, необходимо делать формовочные уклоны поверхностей диаметрами 280, 275 и 110 мм, а отверстие диаметром 90 мм получать с помощью стержня.

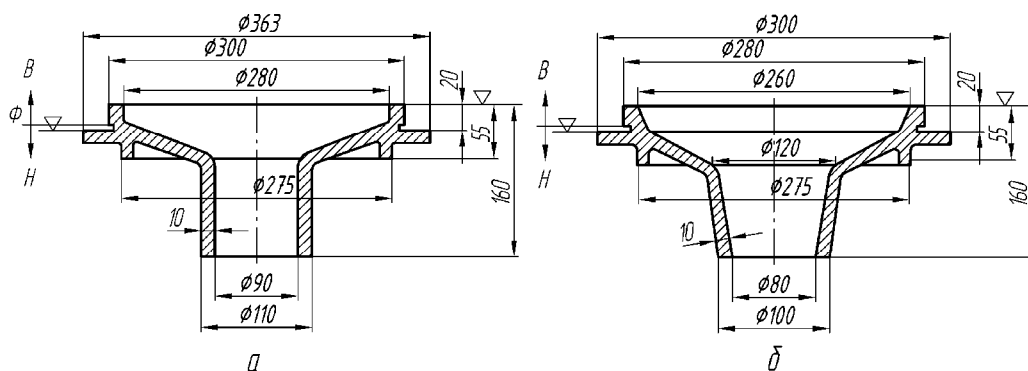


Рис. 138. Крышка для спуска эмульсии из станка

Назначение конструктивных уклонов на все соответствующие поверхности (рис. 138, б) облегчило процесс изготовления формы и одновременно позволило выполнить отверстие диаметром 80 мм с помощью песчаного болвана.

Конструктивные уклоны на местных невысоких утолщениях стенок, платиках, и бобышках следует увеличивать до 30-50 %.

**Формовочные (литейные) уклоны.** Формовочные уклоны придаются рабочим поверхностям моделей для удобства извлечения их из формы. Они придаются вертикальным поверхностям моделей, не имеющим конструктивных уклонов в направлении извлечения их из формы. Величины этих уклонов регламентируются ГОСТом 3212-92.

Формовочные уклоны следует выполнять:

1. На обрабатываемых поверхностях сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис. 139, а).
2. На необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых с дру-

гими поверхностями за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рис. 139, б).

3. На не обрабатываемых поверхностях, сопрягаемых с другими поверхностями за счет уменьшения (рис. 139, в) или увеличения (рис. 139, г) размеров отливки в зависимости от плоскости сопряжения.

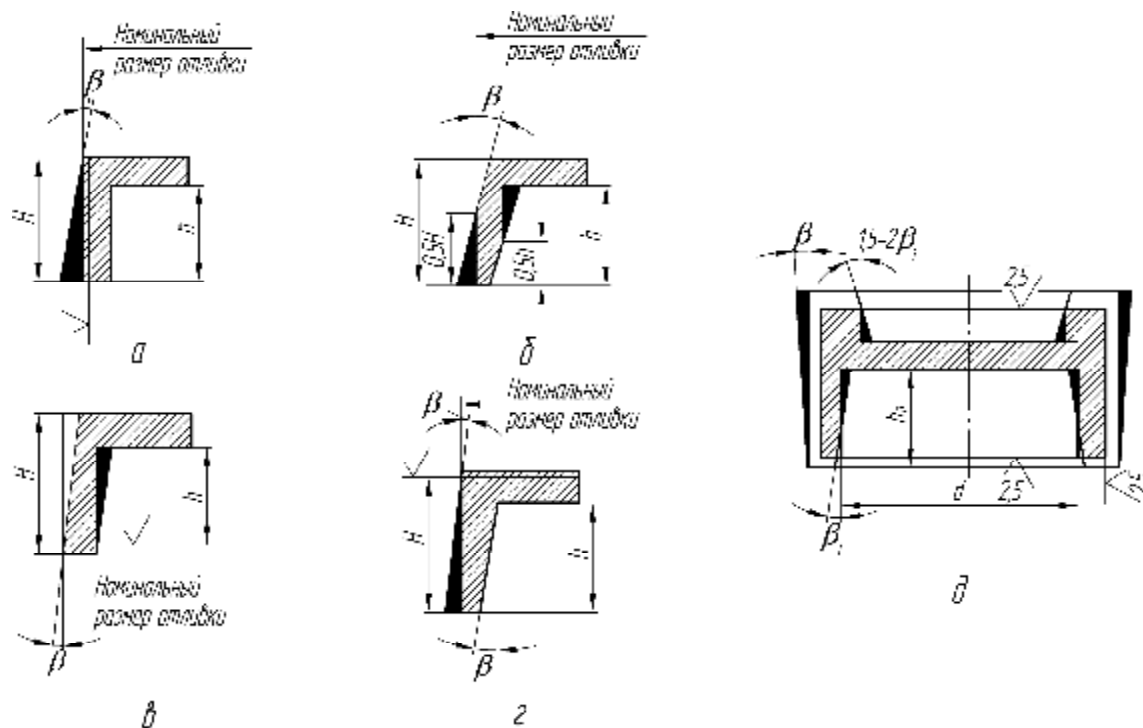


Рис. 139. Примеры проставления размеров уклонов

4. Формовочные уклоны основных формообразующих поверхностей в углублениях моделей в случае, когда диаметр или наименьшая ширина углубления больше высоты основной формообразующей поверхности ( $d > h$ ) указаны в ГОСТ 3212-92.

5. Формовочные уклоны в стержневых ящиках следует выполнять равными формовочным уклонам модельного комплекта с сохранением толщины стенки отливки, указанной в чертеже.

*Технологические пополнения, выполнение приливов.* Технологические пополнения назначаются для компенсации размеров, полученных после литья и механической обработки. Получение отливки точно по заданным размерам чертежа невозможно из-за несоответствия задаваемой и фактической величин литейной усадки, смещения стержней и форм по разьему.

Во избежание этого при разработке технологических процессов применяется утолщение фланцев отливки, выполняемое с необрабатываемых сторон.

Технологические пополнения на фланцы, обрабатываемые с одной и с



обеих сторон, даны в табл. 56 и показаны на рис. 140.

Технологические пополнения на отливки зубчатых колес по внутреннему ободу даны в табл. 57 и показаны на рис. 141.

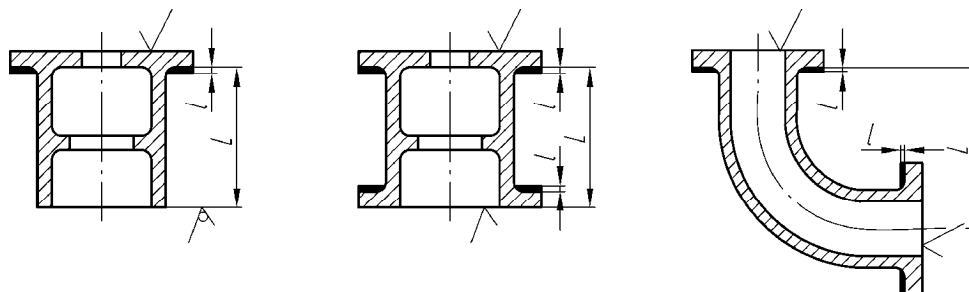


Рис. 140. Технологические пополнения на фланцах

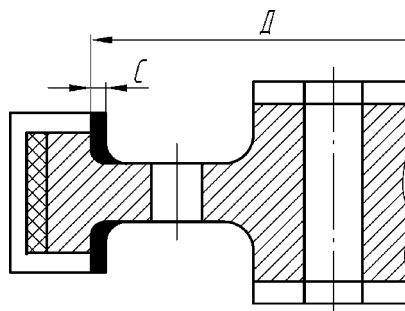


Рис. 141. Технологические пополнения по внутреннему ободу колес

Таблица 56

| Для стальных отливок, мм    |                         | Для чугунных отливок, мм    |                        |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|
| расстояние между фланцами Z | пополнение на фланцах I | расстояние между фланцами Z | пополнение на фланец I |
| 100-250                     | 2                       | 250-400                     | 1,5                    |
| 250-400                     | 3                       | 400-650                     | 2,0                    |
| 400-650                     | 4                       | 650-1000                    | 3,0                    |
| 650-1000                    | 5                       | 1000-1600                   | 4,0                    |
| 1000-1600                   | 6                       | 1600-2500                   | 4,5                    |
| 1600-2500                   | 7                       | 2500-4000                   | 5,0                    |
| 2500-4000                   | 9                       | 4000-6000                   | 6,0                    |

Необходимо назначать технологические пополнения по контуру местных приливов и других опорных частей, используемых для болтового соединения смежных деталей.

Рекомендуемые технологические пополнения по контуру приливов:

$l = 1,0-1,5$  мм при радиусе до 25 мм;

$l = 1,5-3,0$  мм при радиусе 25-50 мм.

При радиусе больше 50 мм пополнение по наружному контуру назначают согласно табл. 57 и показано на рис. 142.

| Внутренний диаметр обода<br>D, мм | Технологическое пополнение на сторону для отливок, мм |           |
|-----------------------------------|---|-----------|
|                                   | из стали  | из чугуна |
| Свыше 500                         | 2   | -         |
| 501-800                           | 3   | 1,5       |
| 801-1000                          | 4   | 2,0       |
| 1001-1400                         | 5   | 2,5       |
| 1401-1800                         | 6   | 3,0       |
| 1801-2400                         | 8   | 4,0       |
| 2401-3000                         | 8   | 4,0       |
| 3001-3600                         | 9   | 4,5       |
| 3601-4200                         | 10  | 5,0       |

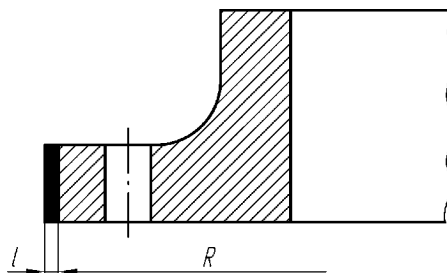


Рис. 142. Технологическое пополнение по наружному контуру приливов

*Размеры припусков в местах расположения прибылей на отливках из углеродистых и легированных сталей.* Для обрезки прибылей, литников и облоев на отливках из углеродистой и ряда марок легированной стали применяется газовая резка.

Процесс резки заключается в сжигании нагретого металла в струе кислорода и продувке окислов, образующихся в месте резания.

Величина остатка прибыли  $\delta$  зависит от поперечного сечения  $S$  или  $D$  обрезаемого прилива, конфигурации отливки, наличия пригара на поверхности реза, а также от того, обрабатывается или не обрабатывается поверхность, на которой расположена прибыль (рис. 143).

Величина остатка  $\delta$  после обрезки прибыли на обрабатываемых поверхностях отливок из углеродистых и низколегированных сталей определяется по табл. 58 [7].

Величина остатка  $\delta$  на необрабатываемых поверхностях отливок из углеродистых и низкоуглеродистых сталей по табл. 59.

Величина остатка  $\delta$  после обрезки прибылей на обрабатываемых и необрабатываемых поверхностях отливок из высоколегированных сталей приведена в табл. 60.

Величина остатка после обрезки прибылей отливок из износостойких сплавов определяется опытным путем; рекомендуемые остатки 8 для отливок весом до 300 кг от 10 до 30 мм.

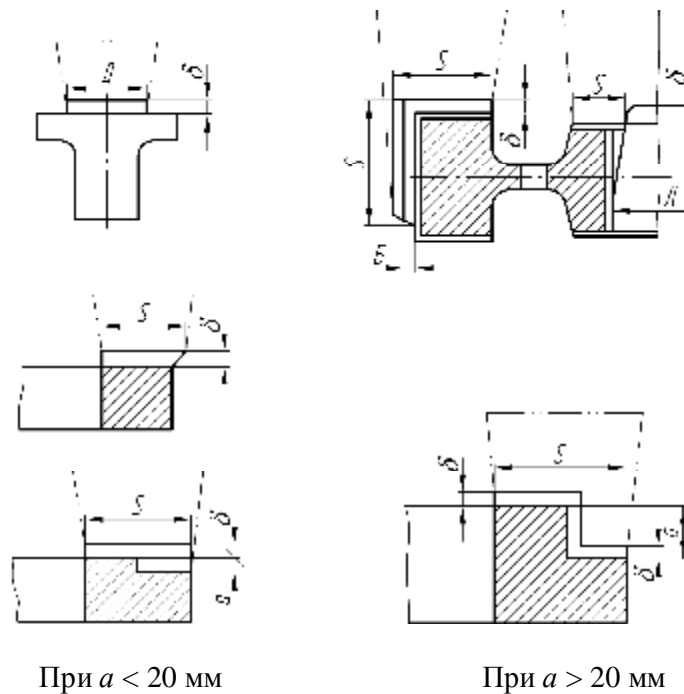


Рис. 143. Примеры вида линий реза

Таблица 58

| Размер $S$ или $D$ , мм | до 63 | 63-80 | 80-125 | 125-160 | 160-200 | 200-215 | 215-230 | до 500 |
|-------------------------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
| $\delta$ , мм           | 5     | 6     | 7      | 9       | 10      | 12      | 14      | 16     |

Таблица 59

| Размер $S$ или $D$ , мм | до 100  | 101-200   | 201-500 |
|-------------------------|---------|-----------|---------|
| $\delta$ , мм           | $\pm 2$ | $\pm 3,5$ | $\pm 5$ |

Таблица 60

| Размер $S$ или $D$ , мм | до 100 | 101-125 | 126-160 | 161-250 | 251-300 | 301-400 |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\delta$ , мм           | 8      | 10      | 15      | 20      | 25      | 30      |

### Контрольные вопросы.

1. Как определяют припуски на механическую обработку?
2. Что такое номинальный размер?
3. Назначение припусков на механическую обработку.
4. Определите последовательность определения припусков на механическую обработку.
5. Как определить класс точности отливки, если на чертеже детали не указаны допуски и качества?
6. Как определить по чертежу детали класс точности отливки?
7. В каких случаях назначается дополнительный припуск на механическую обработку?

- скую обработку?
8. Назовите принципы назначения литейных баз.
  9. Что такое база? Какие виды баз вы знаете?
  10. На чертеже отливки в технических требованиях указаны точность отливки в виде последовательность цифр 6-5-4-3. Что означает такая последовательность?
  11. Что такое формовочные уклоны?

## **ЛЕКЦИЯ 24.**

### **ТЕМА: КОНСТРУИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ**

План лекции

1. Определение количества и конструкции стержней.
2. Знаки стержней. Выбор конструкции и размеров.

*Определение количества и конструкции стержней.*

*Типы стержней.* В зависимости от конфигурации и условий работы стержни делят на пять классов:

I – стержни наиболее сложной конфигурации, имеющие тонкие сечения значительной протяженности, формирующие в отливках узкие внутренние необрабатываемые полости, имеющие узкие знаки (например, стержни рубашки охлаждения, блок цилиндров автомобиля);

II – сложные стержни с массивными частями сочетаемыми с тонкими ребрами, перемычками, выступами и впадинами, обладающие большими знаками, чем стержни класса I, и формирующие в отливках полностью или частично необрабатываемые полости (например, стержни сложных корпусов приборов);

III – стержни средней сложности, не имеющие особо тонких сечений, формирующие в отливках частично или полностью обрабатываемые поверхности, требующие наряду со средней прочностью в сыром и сухом состоянии высоких поверхностных качеств (например, центровые стержни блока цилиндров);

IV – стержни несложной конфигурации, формирующие в отливках обрабатываемые или необрабатываемые внутренние полости, или внешние габаритные стержни средней и малой сложности (например, стержни крупных корпусных отливок, станин станков). Для увеличения податливости эти стержни могут изготавливаться пустотелыми или с пористыми прокладками;

V – стержни наиболее простой конфигурации, имеющие постоянные сечения, формирующие в отливках обрабатываемые и необрабатываемые ровные с плавными переходами внутренние и внешние поверхности (например, стержни простых отверстий, массивные стержни для образования внут-

ренных полостей в крупных отливках).

Стержни состоят в большинстве случаев из двух частей: основной части, поверхность которой выполняет внутреннюю полость, а иногда внешние очертания отливки, и второй знаковой частей (знаки стержня), с помощью которых стержень фиксируется в форме.

В сложных отливках внутренняя полость отливок представляет собой сложный комплекс отдельных объемов, которые должны быть выполнены в форме стержнем или группой стержней. Назначение количества их является одной из первых задач технолога-литейщика. При решении этого вопроса учитывается необходимость выполнения следующих условий:

- стержень должен иметь удобную плоскость для набивки (простые в изготовлении);

- конструкция стержней должна обеспечивать их получение без применения отъемных частей стержневых ящиков (снижается точность, удорожание изготовления, снижение производительности);

- конструкция стержней должна обеспечивать минимальную их деформацию при сушке (их уменьшение ведет к усложнению конструкции ящика). Следует избегать склейки отдельных частей стержня (снижается разрядная точность). Необходимо собирать их в блоки (предварительно).

Существенную роль в получении качественных отливок играют правильное определение границ стержней и стержневых знаков.

Стержни должны иметь необходимую прочность при транспортировке и установке в форму, надежную посадку и легко выполнимую вентиляцию, не слишком большую высоту во избежание возможного оседания под действием собственного веса, плоскую поверхность, на которой стержень будет лежать во время сушки.

Поверхность разъема стержня должна быть выбрана так, чтобы стержневые ящики имели простую конфигурацию и состояли из возможно меньшего числа частей, чтобы в ящиках было удобно уплотнять смесь, а также устанавливать каркасы и холодильники.

Следует избегать стержней, подвешенных в верхней части формы, такие стержни, по мере возможности, надо заменять опирающимися на форму расширенными знаками.

Для изготовления крупных стержней, транспортируемых краном, нужно стремиться избегать операцию кантовки стержня.

При изготовлении стержней на встряхивающих, прессовых машинах и пескометах, а также при ручном уплотнении отверстия в стержневом ящике со стороны набивки следует делать как можно большими.

Порядок установки стержней в форму должен совпадать с их нумерацией.

Следует избегать простановки стержней в гнезда, выполненные в другом стержне, и установки нескольких стержней в одном гнезде, если избежать этого не удастся, надо предусмотреть шаблоны для контроля правильности

установки стержней в форме.

*Знаки стержней.* Это части стержня, которыми он укрепляется в форме. От знаковой части стержня зависит удобство и надежность установки стержня, возможность выхода из него газов, точность изготовления отливки.

При определении конструкции знаков устанавливают их размеры, уклоны, зазоры.

Для предупреждения поворота или сдвига стержня при заливке должны быть предусмотрены фиксаторы.

В зависимости от расположения стержня различают горизонтальные и вертикальные знаки. Размеры знаков регламентирует ГОСТ 3212-92.

*Знаки горизонтальных стержней.* Стержень в форме может устанавливаться (рис. 144): на двух опорах, по плоскости разъема формы (рис. 144, а), консольно (рис. 144, б), с нижним опорным знаком (рис. 144, в).

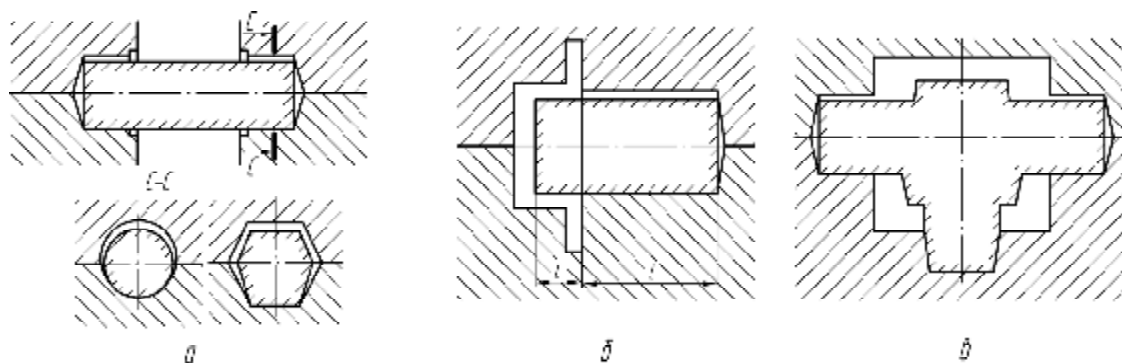


Рис. 144. Пример установки стержней (по плоскости разъема формы)

Размеры знаков стержней имеют большое значение. При слишком малом знаке может произойти обмятие формы и искажение размеров отливки под действием веса стержня. При больших размерах знака сильно увеличивается размер формы.

Определение размера стержневого знака производится исходя из прочности формовочной смеси.

Допустимое удельное давление на формовочную смесь при сырой формовке принимается обычно равным 0,025 МПа от веса стержня и 0,05 МПа от усилия всплывания. Для сухих форм удельное давление применяется равным 0,25 МПа от веса стержня 0,5 МПа от усилия всплывания.

Горизонтальные стержневые знаки выполняются без всякой конусности, одного диаметра со стержнем. Для того чтобы торец стержня не задирает форму, знак на модели делают или выпуклым или коническим, с уклоном 3-10°.

Знаки односторонне закрепленных стержней (консольных) должны иметь такие размеры, при которых предотвращается опрокидывание стержня при установке в форму и выворачивание его жидким металлом при заливке формы.

Консольное закрепление стержней можно применять в тех случаях, когда свешивающаяся часть стержня ( $L$ ) не превосходит  $1,2D$  диаметра. При большем соотношении ( $L:D$ ) необходима дополнительная опора для выступающей части.

Ширина знаков консольных стержней назначается в соответствии с шириной выходного отверстия отливки, выполняемого данным стержнем. Длина знака выбирается исходя из условий устойчивости стержня в форме.

*Знаки вертикальных стержней.* Вертикальные стержни устанавливаются в форму с двухсторонним или с односторонним закреплением (рис. 145).

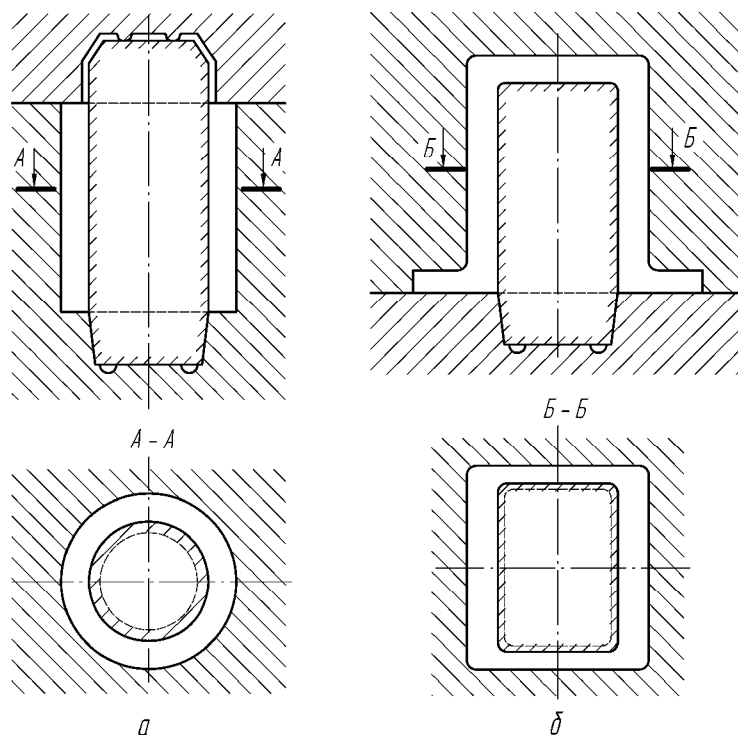


Рис. 145. Схемы установки вертикальных стержней:  
 $a$  – с двухсторонним закреплением;  $b$  – с односторонним закреплением

В зависимости от соотношения высоты стержня ( $H$ ) к диаметру нижнего знака ( $d_n$ ), вертикальные стержни делятся на устойчивые и неустойчивые.

Устойчивыми стержнями являются стержни, у которых  $H / d_n < 1$ . Если  $H / d_n > 1$  стержень не устойчив.

*Технологические элементы знаковых частей стержня.* Стержень, установленный в форму, имеет возможность переместиться в направлении вдоль оси знака или вокруг его. И в том и в другом случае перемещение стержня может вызвать изменение размеров отливки.

Для предотвращения смещения стержней на их знаках предусматриваются специальные устройства фиксирующие стержень в строго определенном положении. Эти устройства называются замками (фиксаторами).

На рис. 146 приведены схемы фиксаторов. В группе горизонтальных

фиксаторов наиболее распространены фиксаторы типа «А». В группе фиксаторов вертикальных стержней наиболее широко используются фиксаторы типа «Б».

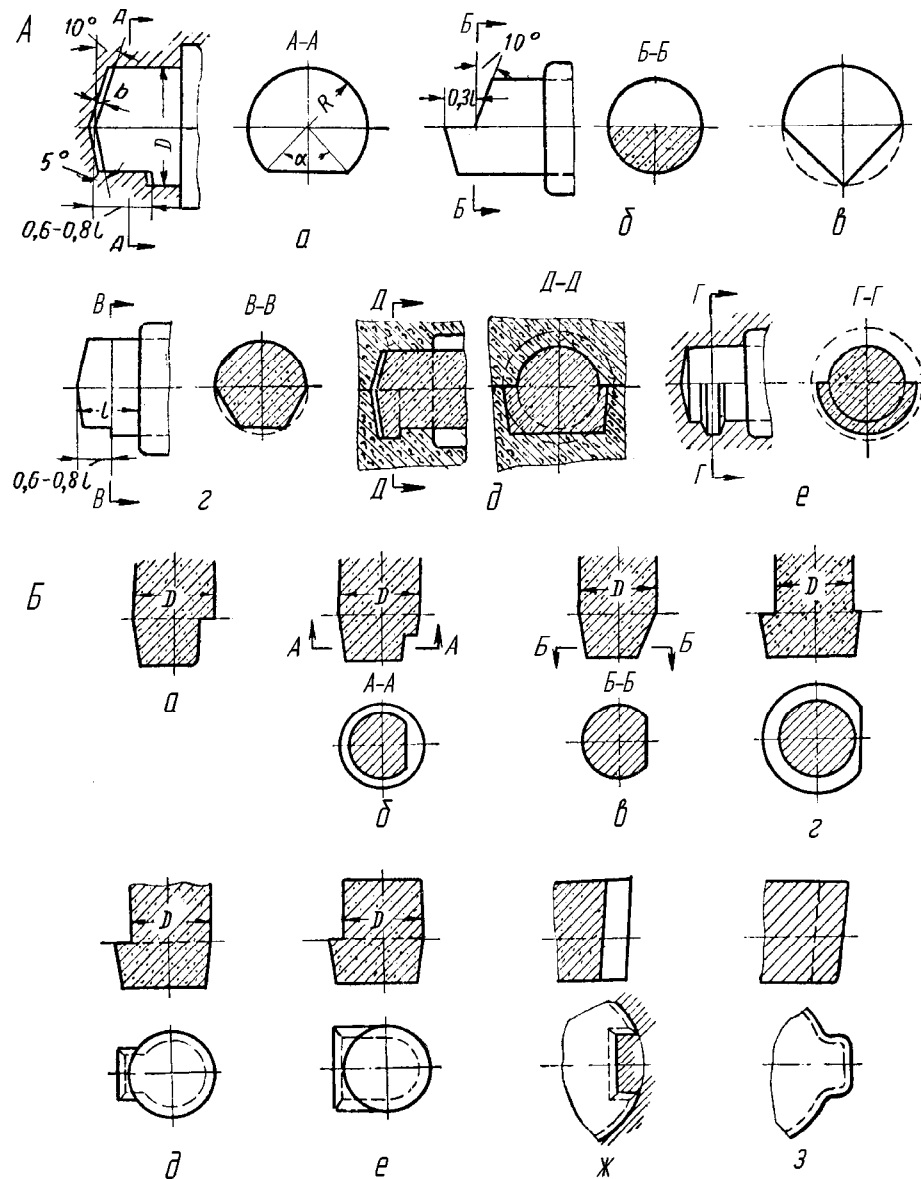


Рис. 146. Основные типы фиксаторов:

*A* – горизонтальные: *a* – круглый со срезом; *б* – круглый с верхним срезом; *в* – с двумя срезами; *г* – фигурный; *д*, *е* – устойчивый против перемещения вдоль оси знаков; *Б* – вертикальные: *a*, *б* – круглый со срезом; *в* – круглый с коротким срезом; *г* – уширенный с плоским срезом; *д*, *е*, *з* – выступающие фиксаторы; *ж* – круглый с вырезами

*Уклоны и зазоры в знаковых частях.* Для облегчения установки стержней в форму и ликвидации смещения делается уклоны с зазорами между соприкасаемыми стенками формы и стержня, величина которых зависит от способа формовки, высоты стенки и материала модели.



В табл. 61 приведены уклоны нижних и верхних знаков моделей и стержневых ящиков, необходимые для правильной установки стержней в форму и накрытия верхней полуформой. При изготовлении или после ремонта оснастки необходимо проверить знаки на смятие опорной поверхности с учетом силы давления заливаемого металла (всплытия). Допустимая сила смятия сырых форм примерно равна 0,025 МПа.

Таблица 61

Уклоны знаков моделей и стержневых ящиков по ГОСТ 3212-92

| Высота знака, мм | Уклон знака, град     |          |                         |          | Пределы допусков на уклоны знаков, ' (мин) |                   |            |                   |
|------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|--|-------------------|------------|-------------------|
|                  | вертикальных стержней |          | горизонтальных стержней |          | металлических                              |                   | деревянных |                   |
|                  | нижнего               | верхнего | нижнего                 | верхнего | моделей                                    | стержневых ящиков | моделей    | стержневых ящиков |
| до 20            | 10,0                  | 15,0     | 10,0                    | 15,0     | +15  | -15               | +30        | -30               |
| 20-50            | 7,0                   | 10,0     | 7,0                     | 10,0     | +15  | -15               | +30        | -30               |
| 50-100           | 6,0                   | 8,0      | 6,0                     | 8,0      | +10  | -10               | +25        | -25               |
| 100-200          | 5,0                   | 6,0      | 5,0                     | 6,0      | +10  | -10               | +25        | -25               |
| 200-300          | -                     | -        | 5,0                     | 6,0      | +10  | -10               | +20        | -20               |
| 300-500          | -                     | -        | 4,0                     | 5,0      | +5   | -5                | +20        | -20               |
| 500-800          | -                     | -        | 3,0                     | 3,5      | +5   | -5                | +15        | -15               |
| свыше 800        | -                     | -        | 2,5                     | 3,0      | +3   | -3                | +15        | -15               |

Для установки стержня в форму необходимо предусматривать зазоры (табл. 62), зависящие от размеров стержней и способов изготовления.

Таблица 62

Зазоры на сторону между знаком формы и стержня при формовке по-сырому, мм по ГОСТ 3212-92

| Высота знака<br>верха или<br>низа | Зазор (не более) при длине или диаметре стержня |        |         |         |         |          |           |           |           |
|-----------------------------------|---|--------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
|                                   | до 50   | 50-150 | 150-300 | 300-500 | 500-700 | 700-1000 | 1000-1500 | 1500-2000 | 2000-2500 |
| до 25                             | 0,15  | 0,15   | 0,25    | -       | -       | -        | -         | -         | -         |
| 25-50                             | 0,25  | 0,25   | 0,50    | 1,00    | 1,00    | 1,50     | -         | -         | -         |
| 50-100                            | 0,50  | 0,50   | 1,00    | 1,00    | 1,50    | 2,00     | 2,50      | 3,00      | 3,50      |
| 100-200                           | 1,00  | 1,00   | 1,00    | 1,50    | 2,00    | 2,50     | 3,00      | 3,50      | 4,00      |
| 200-300                           | 1,00  | 1,00   | 1,00    | 1,50    | 2,00    | 2,50     | 3,00      | 3,50      | 4,00      |
| 300-500                           | 1,50  | 1,50   | 1,50    | 2,00    | 2,50    | 3,00     | 3,50      | 4,00      | 4,50      |
| 500-750                           | -   | -      | 2,00    | 2,00    | 2,50    | 3,00     | 3,50      | 4,00      | 4,50      |
| 750-1000                          | -   | -      | -       | 2,50    | 3,00    | 3,50     | 4,00      | 4,50      | 5,00      |
| 1000-1250                         | -   | -      | -       | 3,00    | 3,00    | 3,50     | 4,00      | 4,50      | 5,00      |
| 1250-1500                         | -   | -      | -       | 3,00    | 3,50    | 4,00     | 4,50      | 5,00      | 5,50      |

Для точной фиксации стержней в форме необходимо правильное выполнение зазоров между знаком формы и стержня. На рис. 147 представлена схема постановки стержней в форму с буквенным отображением допусков. В табл. 63 и 64 представлены фактические зазоры на сторону между знаком

формы и стержня при формовке по-сырому и по-сухому.

Таблица 63

Зазоры на сторону между знаком формы и стержня  
при формовке по-сырому, мм по ГОСТ 3212-92

| Высота знака<br>$h$ или $h_1$ наи-<br>большая | Зазор $S_1$ (не более) при длине стержня $L$ или диаметре $D$ |            |             |             |             |              |               |               |               | Зазоры<br>$S_3$ |           |
|---|---|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------|
|   | до<br>50  | 50-<br>150 | 150-<br>300 | 300-<br>500 | 500-<br>700 | 700-<br>1000 | 1000-<br>1500 | 1500-<br>2000 | 2000-<br>2500 |                 |           |
| до 25   | 0,15  | 0,15       | -           | -           | -           | -            | -             | -             | -             | -               | -         |
| 25-50   | 0,25  | 0,25       | 0,50        | 1,00        | 1,00        | 1,50         | -             | -             | -             | -               | 1,50-2,50 |
| 50-100  | 0,50  | 0,50       | 1,00        | 1,00        | 1,50        | 2,00         | 2,50          | 3,00          | 3,50          | 3,50            | 2,00-5,00 |
| 100-200                                       | 1,00  | 1,00       | 1,00        | 1,50        | 2,00        | 2,50         | 3,00          | 3,50          | 4,00          | 4,00            | 3,00-6,00 |
| 200-300                                       | 1,00  | 1,00       | 1,00        | 1,50        | 2,00        | 2,50         | 3,00          | 3,50          | 4,00          | 4,00            | 3,50-6,50 |
| 300-500                                       | 1,50  | 1,50       | 1,50        | 2,00        | 2,50        | 3,00         | 3,50          | 4,00          | 4,50          | 4,50            | 4,00-7,50 |
| 500-750                                       | -   | -          | 2,00        | 2,00        | 2,50        | 3,00         | 3,50          | 4,00          | 4,50          | 4,50            | 5,00-8,00 |

*Примечание.* Зазоры для стержней, имеющих два или более вертикальных знака, при необходимости можно увеличить до  $1,5S_1$ . При использовании на знаках сырых форм противообжимных поясков, зазор  $S_2$  не назначается.

Таблица 64

Зазоры на сторону между знаком формы и стержня  
при формовке по-сухому, мм по ГОСТ 3212-92

| Высота<br>знака наи-<br>большая | Зазор $S_1$ (наибольший) при длине стержня $L$ или диаметре $D$ |            |             |             |             |              |               |               |               |               |               | Зазо-<br>ры<br>$S_3$ |
|---------------------------------|---|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
|                                 | до<br>50  | 50-<br>150 | 150-<br>300 | 300-<br>500 | 500-<br>750 | 750-<br>1000 | 1000-<br>1500 | 1500-<br>2000 | 2000-<br>2500 | 2500-<br>3000 | свыше<br>3000 |                      |
| до 25                           | 0,5   | 0,5        | -           | -           | -           | -            | -             | -             | -             | -             | -             | -                    |
| 25-50                           | 0,5   | 0,5        | 1,0         | 1,5         | 1,5         | 2,0          | -             | -             | -             | -             | -             | 1,5-3,0              |
| 50-100                          | 1,0   | 1,0        | 1,5         | 1,5         | 2,0         | 2,5          | 3,0           | 3,5           | 4,0           | -             | -             | 1,5-6,0              |
| 100-200                         | 1,5   | 1,5        | 1,5         | 2,0         | 2,5         | 3,0          | 3,5           | 4,0           | 4,5           | 5,0           | 5,5           | 2,5-7,5              |
| 200-300                         | 1,5   | 1,5        | 1,5         | 2,0         | 2,5         | 3,0          | 3,5           | 4,0           | 4,5           | 5,0           | 5,5           | 3,0-8,0              |
| 300-500                         | 2,0   | 2,0        | 2,0         | 2,5         | 3,0         | 3,5          | 4,0           | 4,5           | 5,0           | 5,5           | 6,0           | 3,5-8,5              |
| 500-750                         | -   | -          | 2,5         | 2,5         | 3,0         | 3,5          | 4,0           | 4,5           | 5,0           | 5,5           | 6,0           | 4,0-9,0              |

*Примечание.* Зазоры для стержней, имеющих два или более вертикальных знака, при необходимости можно увеличить до  $1,5S_1$ . При использовании на знаках сырых форм противообжимных поясков, зазор  $S_2$  не назначается.

Для свободного центрирования стержней в форме, предусмотрены уклоны горизонтальных и вертикальных знаков. На рис. 148 представлены схемы зазоров между знаком формы и стержня. В табл. 65 даны величины уклонов в знаках верхних и горизонтальных стержней, а также допуски на уклоны знаков в металлических и деревянных моделях.

Уклоны знаков моделей и стержневых ящиков (рис. 148)

| Высота знака $h$ или $h_1$ , мм | Уклон знака, град     |          |                         |          |          | Пределы допусков на уклоны знаков, ' (мин) |                   |            |                   |
|---------------------------------|-----------------------|----------|-------------------------|----------|----------|--|-------------------|------------|-------------------|
|                                 | вертикальных стержней |          | горизонтальных стержней |          |          | металлических                              |                   | деревянных |                   |
|                                 | нижнего               | верхнего | нижнего                 |          | верхнего | моделей                                    | стержневых ящиков | моделей    | стержневых ящиков |
|                                 | $\alpha$              | $\beta$  | $\alpha_1$              | $\alpha$ | $\beta$  |  |                   |            |                   |
| до 20                           | 10,00                 | 15,00    | 10                      | 3,00     | 15,00    | +15  | -15               | +30        | -30               |
| 20-50                           | 7,00                  | 10,00    | 7                       | 1,30     | 10,00    | +15  | -15               | +30        | -30               |
| 50-100                          | 6,00                  | 8,00     | 6                       | 1,00     | 8,00     | +10  | -10               | +25        | -25               |
| 100-200                         | 5,00                  | 6,00     | 5                       | 0,45     | 6,00     | +10  | -10               | +25        | -25               |
| 200-300                         | -                     | -        | 5                       | 0,45     | 6,00     | +10  | -10               | +20        | -20               |
| 300-500                         | -                     | -        | 4                       | 0,30     | 5,00     | +5   | -5                | +20        | -20               |
| 500-800                         | -                     | -        | 3                       | 0,30     | 3,30     | +5   | -5                | +15        | -15               |
| свыше 800                       | -                     | -        | 2,3                     | 0,30     | 3,00     | +3   | -3                | +15        | -15               |

*Примечание.* Для стержней, симметричных по отношению своей горизонтальной оси, уклоны нижних и верхних знаков могут выполняться одинаковыми.

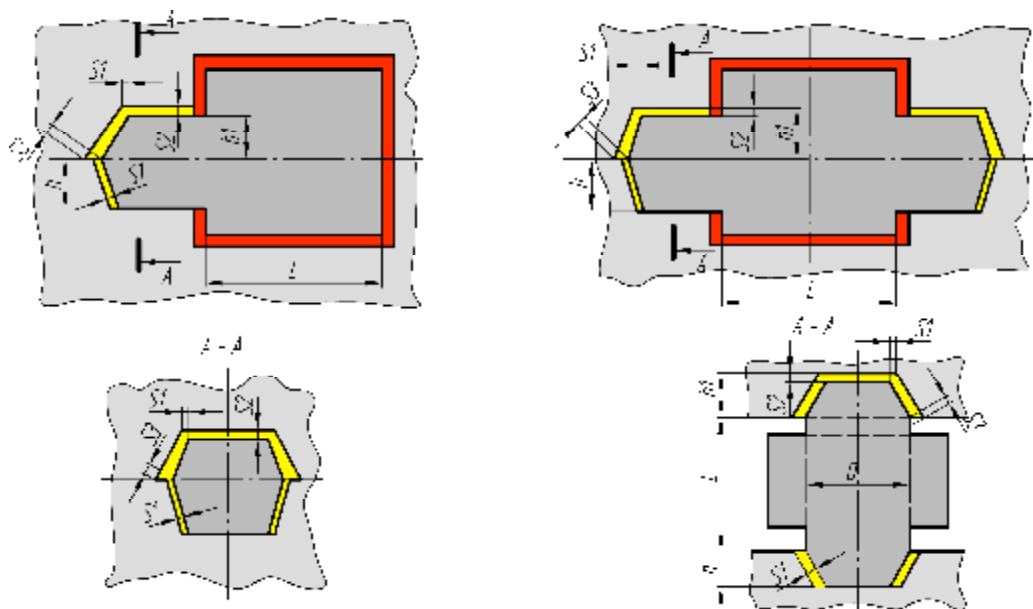


Рис. 147. Допуски на размеры знаков металлических моделей и стержневых ящиков

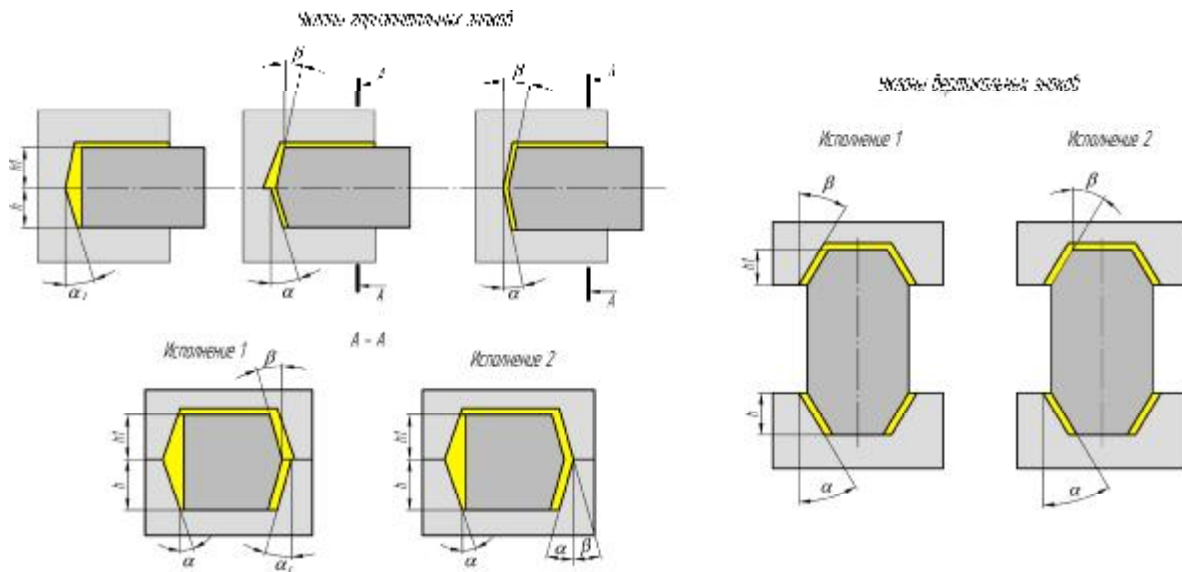


Рис. 148. Зазоры между знаком формы и стержня

Для устранения перекосов при установке вертикальных стержней, на знаковой части модели устраивается выступ. При формовке этот выступ образует небольшую канавку, размеры которой приведены на рис. 149, *а*.

Во время установки стержня в форму земля, попадающая в знаковую часть, собирается в этой канавке и не отражается на правильности установки стержня.

Через верхний знак вертикальных стержней наиболее часто осуществляется вывод газов из стержня. Поэтому важно, чтобы верхний знак при завивке не заливался металлом, для этого на торце знака модели делается кольцевое углубление. При формовке и углубления знака образуется выступающий земляной поясok. При сборке формы этот поясok плотно обжимается по торцу знака стержня, не допуская (рис. 149, *б*).

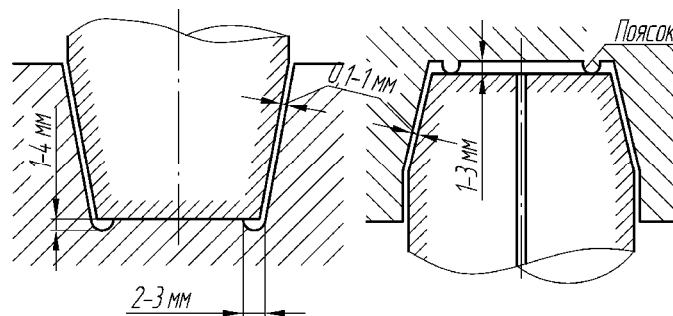


Рис. 149. Технологические устройства на знаках вертикальных стержней:  
*а* – нижний знак; *б* – верхний знак

Предохранение горизонтальных знаков от заливов осуществляется устройством запорных выступов (*а*), прокладкой глиняных жгутов (*б*) и засып-

кой песком (в) (рис. 150).

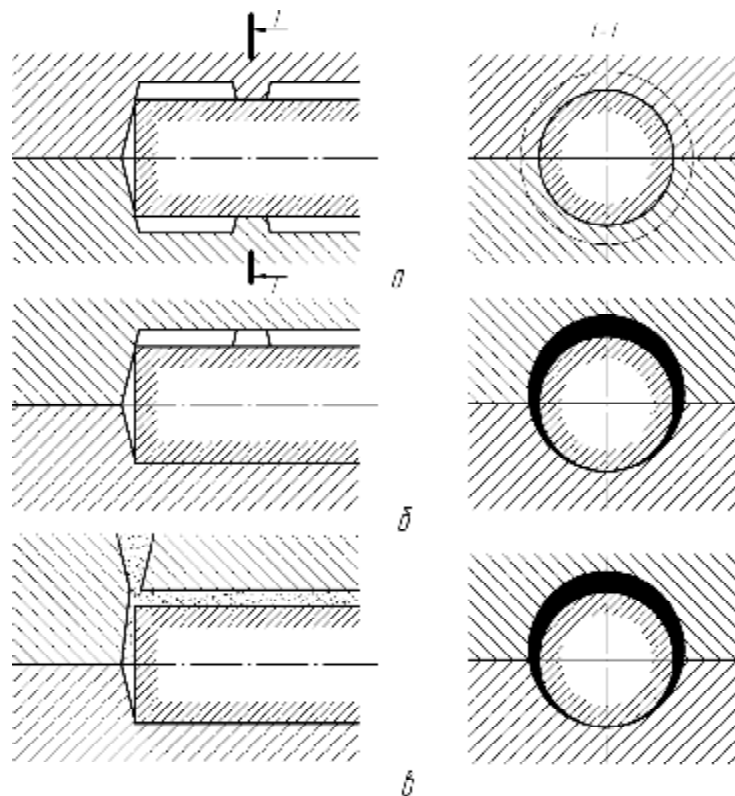


Рис. 150. Предохранительные устройства от заливов на знаках горизонтальных стержней.

Контрольные вопросы.

1. Что такое границы стержней?
2. Что обеспечивают знаковые части стержней?
3. Что такое поверхность разъема и плоскость набивки стержней?
4. При каких условиях отверстия выполняют «болваном»?
5. Как выбирается величина зазора между формой и знаком стержня?
6. Что такое уклоны знаковых частей?
7. Требования, предъявляемые к стержням вытекающие из особенностей их применения в форме при высокой температуре расплавленного металла?
8. Какие требования предъявляются к конструкции стержней, их очертаниям и выбору линий разъема?
9. Для чего используют жеребейки?
10. Как осуществляется предохранение знаков стержня от заливов?

## ЛЕКЦИЯ 25.

### ТЕМА: КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИБЫЛЕЙ

План лекции

1. Назначение прибылей.
2. Классификация прибылей.
3. Выбор месторасположения прибылей.

*Определение формы и размеров прибылей.* Центральная усадочная раковина (рис. 160) в стальных отливках в некоторых случаях может вся находиться на поверхности отливки (по схеме *а*) или представлять собой внешнюю и внутреннюю концентрированные усадочные раковины (по схеме *б*).

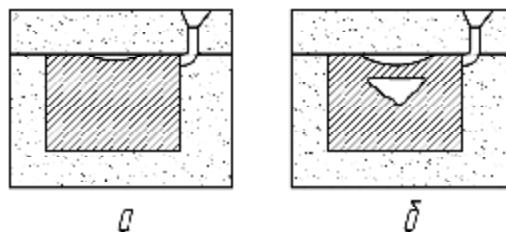


Рис. 160. Концентрированные усадочные раковины:  
*а* – внешняя; *б* – внешняя и внутренняя

Прибыль представляет собой технологический прилив к отливке, в котором, в зависимости от его размеров, конфигурации, места расположения, способа заливки формы, может быть в той или иной степени сосредоточена усадочная раковина, которая при отсутствии прибыли получилась бы в теле отливки.

На рис. 161 показаны последствия неправильного определения размеров прибылей, когда центральная усадочная раковина полностью расположена внутри отливки (по схеме *а*) или занимает ее часть (по схеме *б*). Штриховой линией показана граница отливки, ниже которой дефекты недопустимы. Правильный расчет прибыли показан на схеме *в*, где сконцентрированная усадочная раковина находится полностью в ней. При отделении прибыли получают плотную отливку.

Прибыли увеличивают расход металла, поэтому применять их нужно по необходимости и только для отливок из сплавов с повышенной усадкой, таких, например, как углеродистая и легированная сталь. Прибыли ставят также на крупных отливках из серого и модифицированного (высокопрочного) чугуна и некоторых цветных сплавов.

В зависимости от принципа действия прибыли подразделяются на прибыли прямого и бокового питания, открытые и закрытые, простого действия, с атмосферным и сверх атмосферным давлением, обогреваемые и отламываемые.

мые. Наибольшее применение находят прибыли прямого и бокового питания, открытые и закрытые, простого действия.

На рис. 162 показаны открытые прибыли прямого (*a*) и бокового (*б*) питания.

Открытые прибыли назначаются в тех случаях, когда применение закрытой прибыли затруднено, как например, при сложной модели, необходима доливка металла сверху.

Закрытые прибыли прямого (*a*) и бокового (*б*) питания простого действия приведены на рис. 163.

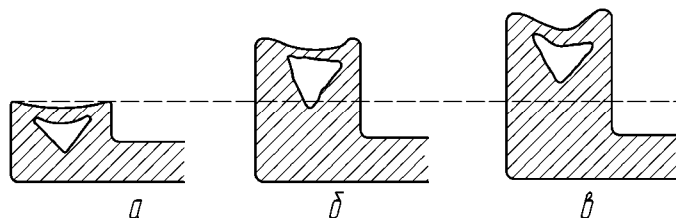


Рис. 161. Типичные усадочные раковины



Рис. 162. Типы открытых прибылей:  
а – прибыль прямого питания;  
б – прибыль бокового питания

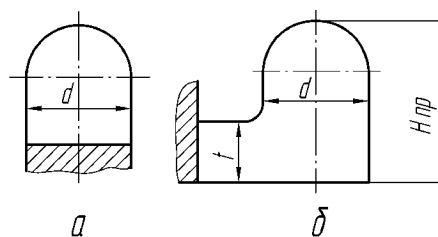


Рис. 163. Типы закрытых прибылей:  
а – прибыль прямого питания;  
б – прибыль бокового питания

Применение закрытых прибылей сферической формы позволяет сэкономить 40-50 % металла.

Для обеспечения работы закрытой прибыли под атмосферным давлением в нее устанавливают песчаный стерженек (рис. 164), который быстро прогревается до температуры металла, а металл вокруг него не затвердевает. По этому стерженьку воздух из атмосферы проходит в прибыль, которая и работает под атмосферным давлением.

Для того чтобы прибыль застывала как можно позже, применяют специальные стаканы (рис. 164) из экзотермических смесей. При заливке формы эта смесь разлагается с выделением большого количества теплоты, которая и обогревает прибыль.

Для уменьшения расхода металла применяют прибыли, работающие под избыточным давлением, создаваемым специальным патроном *1*, установленным в форме (рис. 164). Патрон состоит из металлического корпуса и мелового заряда. После заливки формы стенки корпуса патрона расплавляются

к моменту, когда на стенках формы образовалась уже достаточно прочная корочка твердого металла (рис. 164). Мел при нагревании разлагается, образуя газ, который и создает внутри прибыли избыточное давление. Давление улучшает условия заполнения усадочных пор жидким металлом.

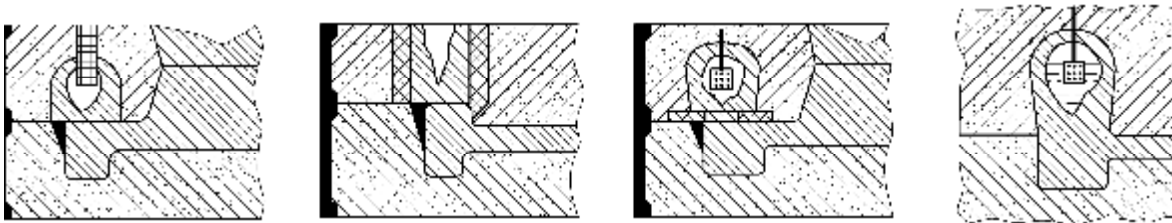


Рис. 164. Закрытая прибыль под атмосферным давлением (с песчаным стержнем; с экзотермическим стаканом)

Легкоотделяемая прибыль (отбиваемая прибыль) – прибыль, питающая отливку через относительно малое отверстие, выполняемое разделительной пластиной из керамической или стержневой смеси (рис. 165).

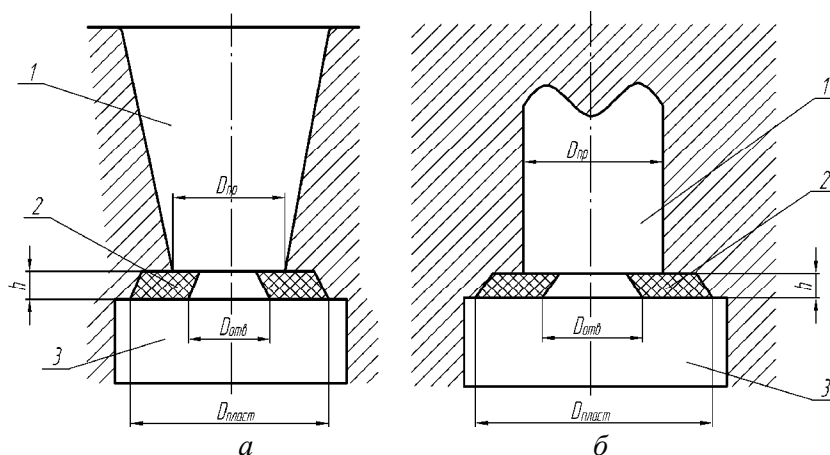


Рис. 165. Отбиваемая прибыль  
*а* – открытой; *б* – закрытой; 1 – прибыль; 2 – разделительная пластина; 3 – отливка

Действие легкоотделяемой прибыли основано на следующем. Стержень-диафрагма, имея малую толщину, в течение короткого времени настолько прогревается теплом стали, залитой в форму, что в дальнейшем не оказывает существенного влияния на охлаждение стали в прибыли и в ее питающем отверстии. Легкоотделяемые прибыли применяют для отливок с малым объемом механической обработки, к которым не предъявляются специальные требования по сплошности стенок.

По форме прибыли делятся на шаровые (*а*), полушаровые (*б*), конические (*в*) и плоскостенные (*г*) (рис. 166).

Влияние формы прибыли на величину и расположение сосредоточен-



ной усадочной раковины в стальной отливке показано на рис. 167. Из рассмотрения рисунка видно большое влияние формы прибыли на процесс питания стальной отливки.

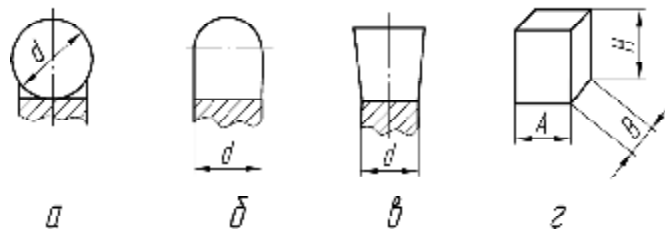


Рис. 166. Типы прибылей:

*a* – шаровые; *б* – полушаровые; *в* – конические; *г* – плоскостенные

*Выбор месторасположения прибыли.* Расположение прибыли также может быть причиной образования дефектов (усадочных раковин) в теле отливки (рис. 168). На схеме *б* прибыль сдвинута с того места, где она бы наиболее эффективно воздействовала на питание отливки. То же самое показано и на схеме *в* при сужении основания прибыли. В обоих случаях, в отливке остается часть сосредоточенной усадочной раковины, что приводит к браку. Если питание отливки правильное, центральная усадочная раковина остается в прибыли. При этом получают плотную без дефектов отливку (схема *а*).

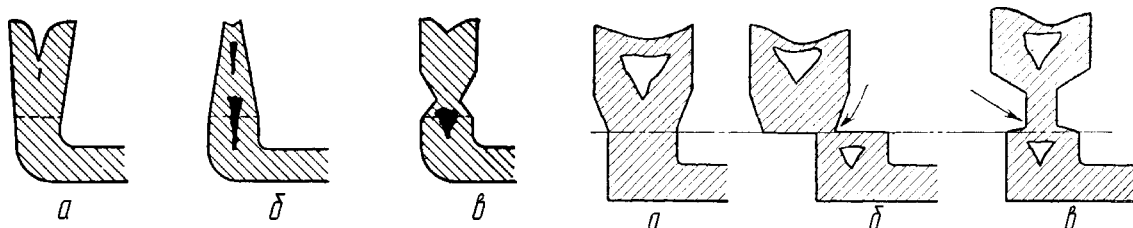


Рис. 167. Влияние конфигурации прибыли на усадочную раковину:

*a* – правильно; *б, в* – неправильно

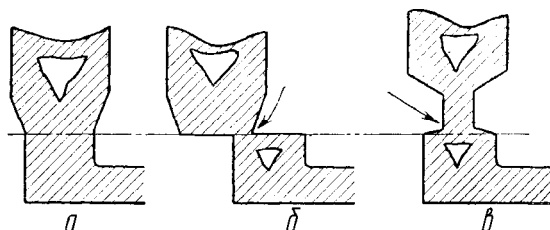


Рис. 168. Расположение прибылей в отливке:

*a* – правильное; *б, в* – неправильное (показано стрелками)

Большую роль в получении стальных отливок без дефектов (усадочных раковин) играет конструктивное оформление изделия. На рис. 169 даны примеры конструктивного оформления отливок. Изменяя конструктивное оформление, можно получить технологичную отливку, не опасаясь образования в ней дефектов – усадочных раковин.

При выборе места расположения прибыли необходимо учитывать следующее.

1. Усадочные раковины образуются в местах отливки, затвердевающих позднее, т.е. в местах, где имеется скопление металла (местные утолщения, узлы сочленений отдельных элементов отливки, места с замедленной тепло-

отдачей).

2. Усадочная раковина стремится занять наивысшее положение в отливке.

3. Установка прибылей на массивных местах еще более замедляет скорость охлаждения последних и способствует увеличению остаточных напряжений в отливке.

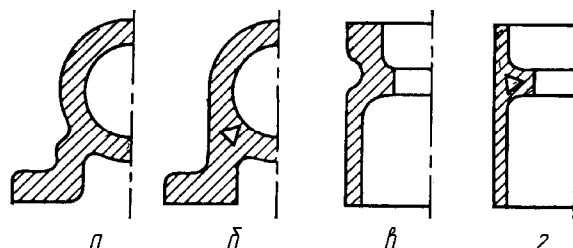


Рис. 169. Образование внутренних дефектов при правильной (а, в) и неправильной (б, г) конструкциях отливок

4. Расположение прибылей на необрабатываемых поверхностях приводит к необходимости обработки и зачистки последних.

5. Прибыли способствуют собиранию в них неметаллических включений и ликвационных выделений.

6. Открытые прибыли, расположенные на верхних частях отливки, выполняют роль выпоров. Закрытые прибыли не устраняют необходимости применения выпоров.

Усадке подвержены все металлы и сплавы. Так как для каждой стали определенного состава усадка не изменяется, единственной возможностью получения отливок без дефектов является создание условий, при которых во время кристаллизации недостаток металла компенсируется добавкой новых его порций.

Для обеспечения эффективности прибыли необходимо, чтобы все части отливки затвердевали до начала кристаллизации стали в прибыли.

Получение плотных отливок без усадочных раковин и микропор достигается при так называемой направленной кристаллизации, т.е. при последовательном затвердевании крайних частей отливки с постепенным приближением к местам, расположенным под прибылью, которая должна затвердевать последней. При направленной кристаллизации необходима непрерывная подача жидкой стали из прибыли к отливке (рис. 170).

В сталелитейном производстве весьма важной является проблема уменьшения размеров прибылей, так как на прибыли расходуется значительное количество металла.

Основные требования, предъявляемые к прибылям, сводятся к следующему:

- их сечения должны быть такими, чтобы они затвердевали позднее от-

ливки;

- в объеме прибылей должна располагаться вся усадочная раковина, образующаяся во время процесса кристаллизации;

- прибыли должны иметь минимальный объем; это требование имеет смысл при выполнении двух первых требований.

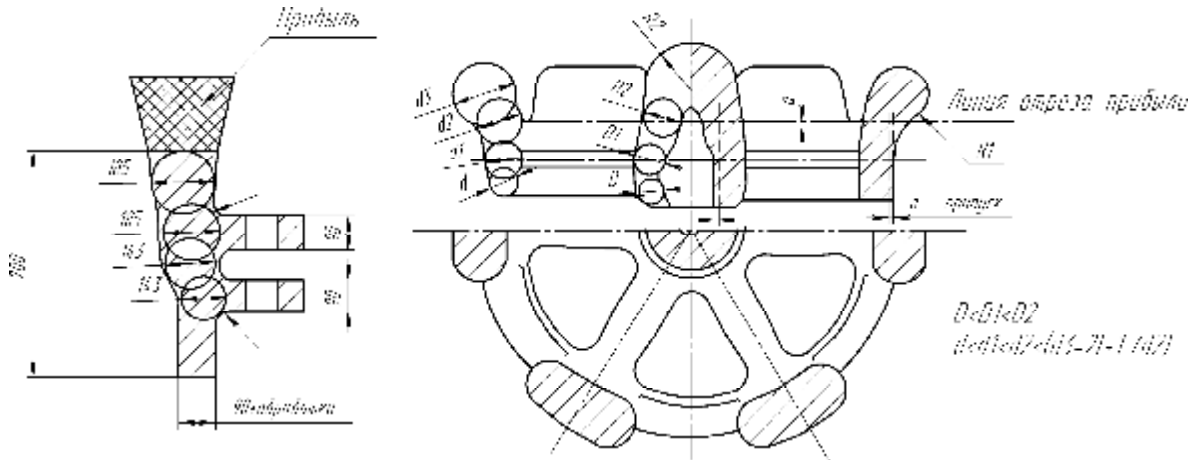


Рис. 170. Построение прибылей по способу вписанных окружностей:

*a* – контур отливки и прибыли подвески котла; *б* – сфероидальные прибыли на отливке маховика

Контрольные вопросы.

1. Классификация прибылей по форме.
2. Какие требования предъявляются к прибылям по размерам?
3. Может ли служить причиной образования усадочных дефектов место расположения прибылей в отливке?
4. Когда применяют отводные прибыли?
5. Дайте сравнительную характеристику типов прибылей.
6. Какое условие необходимо для обеспечения эффективности прибыли?
7. Как влияет конфигурация прибыли на образование усадочной раковины?

## ЛЕКЦИЯ 26.

### ТЕМА: КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРИБЫЛЕЙ

План лекции

1. Определение формы и размеров прибылей.
2. Определение формы и размеров питающих бобышек.

*Определение размеров и геометрической формы прибыли.*

*Метод П.Ф. Василевского.* На размеры прибыли существенно влияет способ заливки, место подачи металла и его температура и т.д.

Выбор места установки прибылей и определение их размеров следует начинать с выделения отдельных узлов отливки. Узлы отливки можно привести к двум типовым схемам питания (рис. 171, 172).

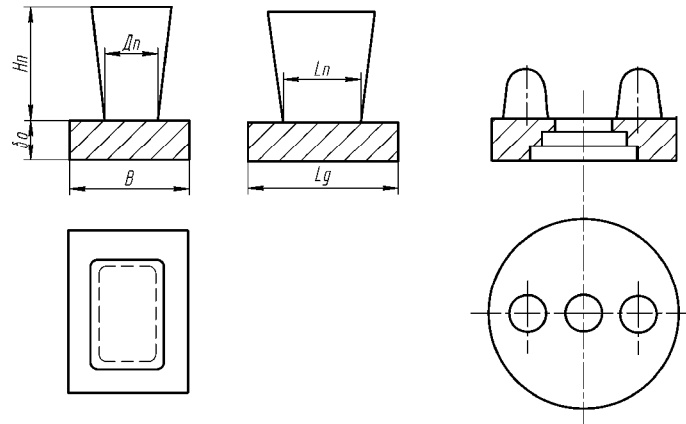


Рис. 171. Питание отливок по первой типовой схеме

На основе практических данных и положений, разработанных П.Ф. Василевским, основные размеры прибылей применительно к каждой схеме питания определяются по табл. 66, 67.

Таблица 66

Ориентировочные соотношения основных параметров отливки  $\delta_0$  и прибыли  $D_n$  по первой типовой схеме питания [2]

| $\delta_0$ , мм | $D_n/\delta_0$ при отношении $H_n/D_n$ |          |         | Прибыли              | Доливка прибыли через каналы дополнительной литниковой системы |
|-----------------|--|----------|---------|----------------------|--|
|                 | 1                                      | 1,2-1,25 | 1,5     |                      |  |
| 50-120          | 2,4-2,6                                | 2,3-2,5  | 2,2-2,3 | закрытые             | -  |
| 120-200         | 2,2-2,5                                | 2,1-2,4  | 2,0-2,3 | закрытые<br>открытые | -<br>необходимо  |
| 200-500         | 2,1-2,3                                | 2,0-2,3  | 1,9-2,2 | открытые             | необходимо   |

*Примечание.* Нижние и промежуточные значения  $D_n/\delta_0$  относятся к случаям применения прибылей с отношением размеров  $L_n/D_n \geq 2$ , а также, если прибыли доливаются сверху. При шаровой форме прибыли применяется  $H_n/D_n = 1$ .

Отливку условно делят на самостоятельные узлы питания, определяют поперечный размер питаемой стенки  $\delta_0$  или диаметр окружности, вписанный в питаемый узел, а по второй схеме питания подсчитывают также соотношение  $H_0/\delta_0$ . На основании этих данных выбирают по табл. 67 для близких значений  $\delta_0$  и  $H_0/\delta_0$  соответствующие отношения  $D_0/\delta_0$  и  $H_n/D_n$ , а также относи-

тельную протяженность прибыли  $B = (1-2)D_{ш.п}$ . В зависимости от протяженности термических узлов и конструкции отливки определяется количество прибылей, необходимое для ее питания.

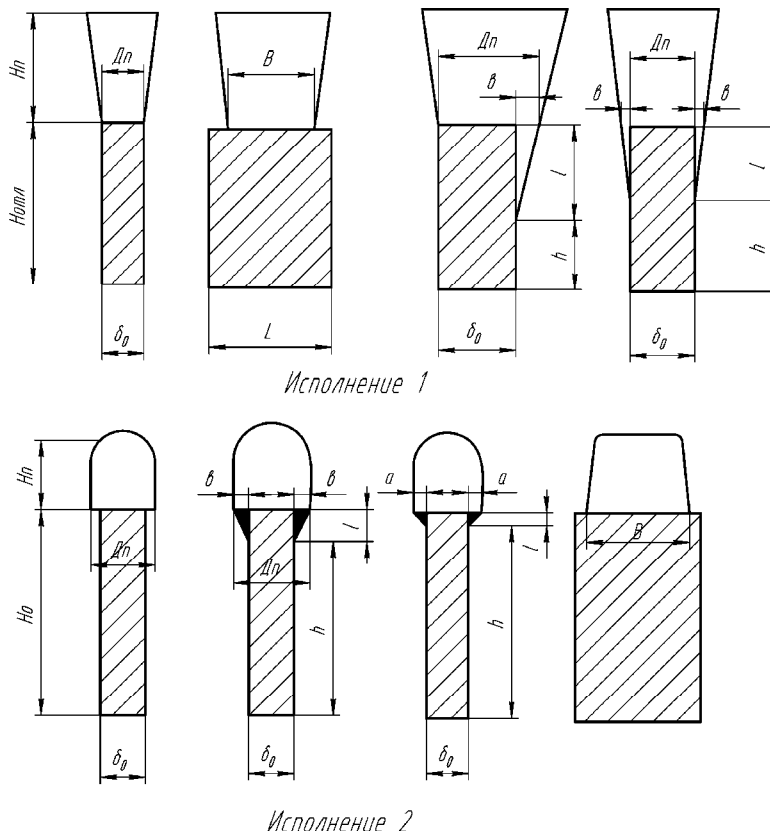


Рис. 172. Питание отливок по второй типовой схеме

После этого отношения переводят в конкретные размеры, строят контур прибыли и определяют технологический выход годного, т.е. отношение массы отливки к расходу жидкого металла на отливку, выраженное в процентах (табл. 68).

*Метод Уралмашзавода.* Простейший метод расчета прибылей для разностенных отливок и отливок, имеющих отношение преобладающих толщин стенок (максимальной к минимальной) в пределах 1,5-2,5, разработан и применяется на Уралмашзаводе. Формула расчета имеет вид

$$D_{ш.п} = (0,4 + 0,45) \sqrt[3]{V_{ж.м}} + T, \tag{4}$$

где  $D_{ш.п}$  – диаметр шаровой прибыли, дм;  $V_{ж.м}$  – объем жидкого металла, необходимого для изготовления отливки вместе с прибылями, дм<sup>3</sup>;  $T$  – толщина стенки тела отливки, дм.

Таблица 67

Ориентировочные соотношения основных параметров отливки  $\delta_0$  и прибыли  $D_{\text{п}}$  по второй типовой схеме питания [2]

| $\delta_0$ , мм | $H_0/\delta_0$ | $D_{\text{п}}/\delta_0$ |               | $H_{\text{п}}/D_{\text{п}}$ |               | $a$ , мм | $b$ не менее, мм | $l$ , мм        | $h_1$ , не более, мм |
|-----------------|----------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|----------|------------------|-----------------|----------------------|
|                 |                | исполнение I            | исполнение II | исполнение I                | исполнение II |          |                  |                 |                      |
| 60              | 3              | 1,3-1,8                 | 1,6-2,1       | 1,2-1,3                     | 1,1-1,2       | 4        | 4                | 50              | $H_0-50$             |
|                 | 5              | 1,4-1,9                 | 1,7-2,2       | 1,2-1,4                     | 1,1-1,3       | 4        | 5                | 50              | $H_0-50$             |
|                 | 8              | 1,5-2,0                 | 1,8-2,3       | 1,2-1,5                     | 1,2-1,5       | 10       | 10               | $H_0-6\delta_0$ | $6\delta_0$          |
| 100             | 3              | 1,2-1,6                 | 1,5-2,0       | 1,2-1,3                     | 1,1-1,2       | 5        | 5                | 60              | $H_0-60$             |
|                 | 5              | 1,3-1,7                 | 1,6-2,1       | 1,2-1,4                     | 1,1-1,3       | 5        | 5                | 60              | $H_0-60$             |
|                 | 8              | 1,4-1,8                 | 1,8-2,3       | 1,2-1,5                     | 1,2-1,5       | 15       | 15               | $H_0-6\delta_0$ | $6\delta_0$          |
| 200             | 3              | 1,2-1,4                 | 1,4-1,9       | 1,1-1,3                     | 1,0-1,2       | 5        | 5                | 60              | $H_0-60$             |
|                 | 5              | 1,3-1,4                 | 1,5-2,0       | 1,2-1,5                     | 1,1-1,4       | 5        | 5                | 60              | $H_0-60$             |
|                 | 8              | 1,3-1,5                 | -             | -                           | -             | -        | -                | -               | $6\delta_0$          |
| 300             | 3              | 1,2-1,4                 | 1,4-1,8       | 1,2-1,4                     | 1,1-1,5       | 6        | 6                | 60              | $H_0-60$             |
|                 | 5              | 1,2-1,5                 | -             | -                           | -             | -        | 6                | -               | $H_0-60$             |
|                 | 8              | 1,2-1,5                 | -             | -                           | -             | -        | 15               | -               | $6\delta_0$          |

*Примечание.* Нижние пределы отношений  $D_{\text{п}}/\delta_0$  относятся к случаям доливок металла в прибыль после окончания заливки формы. Приливы  $a$ ,  $b$  предназначены для компенсации возможных утонений тела в подприбыльной части и выполняются сверх формовочного уклона (рис. 172).

Таблица 68

Ориентировочный технологический выход годного для отливок, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей [2]

| Группы | Отливки                                    | Масса отливки, кг | Преобладающая толщина стенок отливки, мм | Технологический выход годного, % |                         |
|--------|--|-------------------|--|----------------------------------|-------------------------|
|        |  |                   |  | прибыли открытые                 | прибыли закрытые        |
| 1      | Мелкие отливки: ответственного назначения  | до 100            | до 20<br>20-50<br>свыше 50               | 54-62<br>53-60<br>52-58          | 59-67<br>58-65<br>57-63 |
|        | особо ответственного назначения            | до 100            | до 20<br>20-50<br>свыше 50               | 52-58<br>51-57<br>50-56          | 57-63<br>56-62<br>55-61 |
| 2      | Средние отливки: ответственного назначения | 100-500           | до 30<br>30-60<br>свыше 60               | 56-64<br>54-62<br>52-60          | 61-69<br>59-67<br>57-65 |
|        | особо ответственного назначения            | 100-500           | до 30<br>30-60<br>свыше 60               | 54-62<br>53-60<br>50-58          | 59-67<br>58-65<br>55-63 |
| 3      | Крупные отливки: ответственного назначения | 500-5000          | до 50<br>50-100<br>свыше 100             | 57-65<br>55-63<br>53-61          | 62-70<br>60-68<br>56-66 |
|        | особо ответственного назначения            | 500-5000          | до 50                                    | 55-63                            | 60-68                   |

|   | ного назначения  |            | 50-100<br>свыше 100          | 53-61<br>51-59          | 58-66<br>56-64          |
|---|--|------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 4 | Очень крупные отливки: ответственного назначения   | свыше 5000 | до 50<br>50-100<br>свыше 100 | 58-66<br>56-64<br>54-62 | 62-70<br>60-68<br>58-66 |
|   | особо ответственного назначения  | свыше 5000 | до 50<br>50-100<br>свыше 100 | 57-65<br>55-63<br>53-61 | 61-69<br>59-67<br>57-65 |
| 5 | Зубчатые колеса  | до 100     | -                            | -                       | 55-60                   |
|   |  | 100-500    | -                            | 54-58                   | 58-62                   |
|   |  | свыше 500  | -                            | 55-59                   | 59-63                   |
| 6 | Зубчатые венцы   | до 1000    | -                            | 56-60                   | 59-63                   |
|   |  | свыше 1000 | -                            | 58-62                   | 61-65                   |
| 7 | Цилиндры, плунжеры с механически обрабатываемыми наружными или внутренними поверхностями | свыше 1000 | -                            | 61-67                   | -                       |

*Примечание.* Расход металла на литники принят 3-6 % от общей массы жидкого металла, в том числе около 6 % при массе отливок до 500-600 кг.

По результатам расчета можно построить схему (рис. 173).

Для определения диаметра шаровой прибыли приняты следующие значения:

- объем усадочной раковины равен  $(0,03-0,04)V_{ж.м}$  и выражен как  $\pi d^3/6$ , где  $d$  – диаметр шара, равный объему усадочной раковины;

- для компенсации влияния различных факторов на объем усадочной раковины введен коэффициент запаса 1,25;

- удельный вес жидкого металла  $\gamma=7,0$  кг/дм<sup>3</sup>;

- скорость кристаллизации металла в отливке и в прибыли равны: если отливка с толщиной тела  $T$  затвердевает, то в прибыли с каждой стороны образуется слой твердого металла, равный  $T/2$  (рис. 173);

- для определения количества жидкого металла, необходимого для изготовления отливки, выход годного ориентировочно принимается 60-80 %.

Для примера возьмем выход годного, равного 70 %. Тогда, зная массу отливки  $q$ , можно определить массу жидкого металла, кг:

$$P = \frac{q}{0,7}. \quad (5)$$

Объем жидкого металла, дм<sup>3</sup>:

$$V_{ж.м} = \frac{P}{\gamma} \quad (6)$$

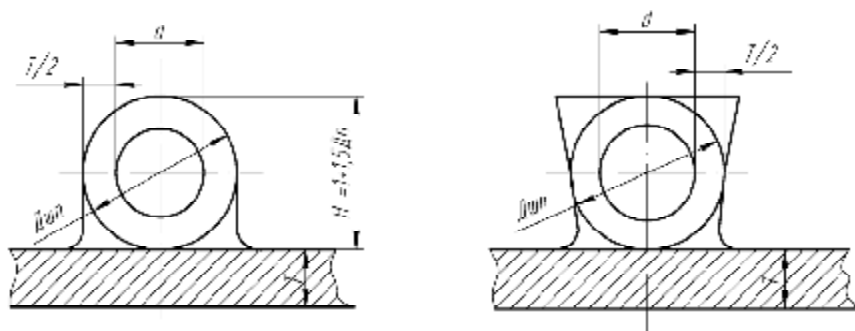


Рис. 173. Схема построения шаровой прибыли

Если на отливку требуется установить несколько прибылей, то для определения их размеров принимается объем жидкой части отливки, на которую будет установлена прибыль.

Для отливок, имеющих массивный узел, диаметр прибыли вычисляют по методу Нехендзи и Оболенцева:

$$D_{п} = d + (0,1 \div 0,2) \sqrt[3]{Q}, \quad (7)$$

где  $D_{п}$  – диаметр прибыли, дм;  $d$  – диаметр окружности, вписанной в узел, дм;  $Q$  – вес питаемого узла, кг; 0,1 – коэффициент, принятый для концентрированного узла; 0,2 – коэффициент для разветвленного узла.

Высота прибыли принимается  $(1,0-1,5)D_{п}$ , относительная протяженность прибылей – 30-50 % и более в зависимости от конфигурации отливки, длины детали или питаемого узла.

*Метод Пржибыла.* Расчет прибылей по методу И. Пржибыла применим для многих литейных сплавов. Более надежные результаты он дает в случае образования концентрированных усадочных раковин, например, при изготовлении отливок из стали, высокопрочного чугуна и т.д. Объем прибыли  $V_{п}$  определяется по уравнению

$$V_{п} = \frac{\beta \times \epsilon_v}{1 - \beta \times \epsilon_v} \times V_y, \quad (8)$$

где  $\beta$  – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины ( $V_{п}/V_p$ );  $\epsilon_v$  – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины;  $V_y$  – объем питаемого узла отливки, м<sup>3</sup>.

Для определения  $V_{п}$  по данному уравнению необходимо выделить в от-



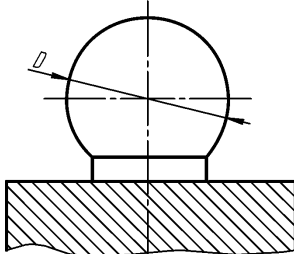
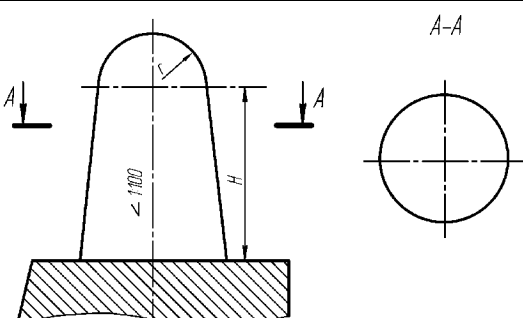
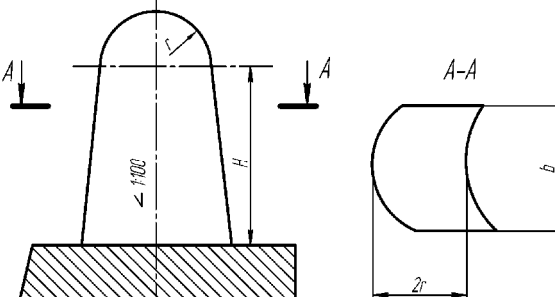
ливке узлы питания и рассчитать объем  $V_v$  каждого из них.

Величина  $\varepsilon_v$  зависит от типа сплава: для алюминиевых  $\varepsilon_v=0,043-0,055$ ; для магниевых  $\varepsilon_v=0,040-0,045$ ; для цинковых  $\varepsilon_v=0,045-0,050$ ; для латуней  $\varepsilon_v=0,061-0,065$ ; для безоловянных бронз  $\varepsilon_v=0,08$ , для оловянных бронз  $\varepsilon_v=0,045-0,050$ , для сталей и высокопрочного чугуна  $\varepsilon_v=0,045$ .

Коэффициент  $\beta$  выбирается из условия работы прибыли: для прибылей, где рабочее давление ниже атмосферного  $\beta=11-12$ ; для прибылей с атмосферным давлением в усадочной раковине  $\beta=9-10$ ; для теплоизолированных прибылей  $\beta=8-9$ ; для обогреваемых прибылей  $\beta=6-7$ .

Из найденного объема  $V_{\text{п}}$  рассчитываются размеры прибыли. При этом отношение высоты прибыли к ее диаметру  $H_{\text{п}}:D_{\text{п}}$  на отливках ориентировочно должно быть равно 1,25-1,50 для закрытых и 1,50-1,90 для открытых прибылей. Расчетные формулы для определения конструктивных параметров прибылей различных конфигураций приведены в табл. 69 [12].

Таблица 69

| Определение высоты типовых конструкций прибылей                                     |   |  |
|---|---|--|
| Вид прибыли   | Характеристика  | Расчетная формула  |
|   | Шаровая прибыль   | $D = 1,24\sqrt[3]{V_{\text{п}}}$   |
|  | Закрытая куполообразная цилиндрическая прибыль                              | $H = \frac{V_{\text{п}}}{\pi r^2} - \frac{2}{3}r$ <p><math>H+r</math> не менее высоты питаемого узла</p> |
|  | Закрытая куполообразная прибыль с компактной формой горизонтального сечения | $H = \frac{V_{\text{п}} - 0,45\pi r^2 b}{F}$ <p><math>H+r</math> не менее высоты питаемого узла</p>      |

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <p>Открытая цилиндрическая или коническая прибыль</p>               | $H = \frac{4V_{\text{п}}}{\pi D^2}$ |
|  | <p>Открытая прибыль с компактной формой горизонтального сечения</p> | $H = \frac{V_{\text{п}}}{0,95F}$    |

После определения конструктивных размеров прибыли прогнозируется эффективность работы прибылей и определяется технологический выход годного. Для этого рассчитывается  $R_{\text{п}}$  и сравнивается с  $R_{\text{y}}$  ( $R$  – приведенная толщина прибыли или теплового узла, равная отношению объема к поверхности охлаждения:  $R = V/F$ ). Для сплавов, заливаемых без перегрева,  $R_{\text{п}}/R_{\text{y}}$  должно быть не менее 1,03.

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле

$$\text{ТВГ} = \frac{V_{\text{o}}}{V_{\text{o}} + V_{\text{п}} - V_{\text{р}}} \times 100 = \frac{V_{\text{o}}}{(1 - \varepsilon_{\text{v}}) \times (V_{\text{o}} + V_{\text{п}})} \times 100 \% \quad (9)$$

где  $V_{\text{o}}$  – объем отливки,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{р}}$  – объем усадочной раковины,  $\text{м}^3$ .

Полученный ТВГ сравнивается с нормируемым для подобных отливок. В большинстве случаев при литье цветных сплавов в песчано-глинистые формы эта величина составляет 45-70 %. При заниженных значениях ТВГ принимается решение об использовании какого-либо способа повышения эффективности работы прибылей.

*Метод расчета прибылей для зубчатых колес и венцов.* Расчет прибылей ведут по второй типовой схеме питания (рис. 174) [7]. Величину подприбыльного пополнения рассчитывают в зависимости от диаметра окружности  $D$ , вписанной в питаемый узел, и толщины обода  $A$ .

Пополнение  $a$ , необходимое для определения размера  $D$ , принимается равным  $0,2A$ .

Ширина основания прибыли определяется суммой размера диаметра  $D$

и  $K$ , где  $K$  составляет  $0,3H$ . Величину  $H$  находят в результате построения.

По внутреннему диаметру ступицы подприбыльное пополнение определяют по методу вписанных окружностей, основанному на правиле управляемого направленного затвердевания. При малом внутреннем диаметре ступицы иногда бывает целесообразно отверстие в ступице не выполнять. Подвод металла производится под прибыль сифоном в ступицу и обод в деталях с наружным диаметром более 1200 мм или только в обод при диаметре колеса менее 1200 мм.

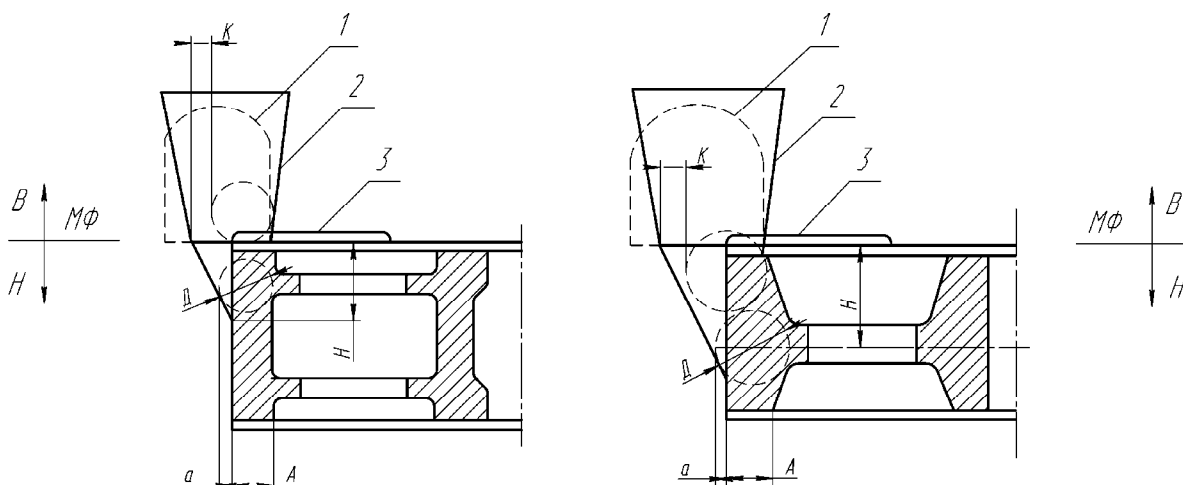


Рис. 174. Эскиз конструирования прибыли на зубчатом колесе:  
1 – контур закрытой прибыли; 2 – контур открытой прибыли; 3 – грязесборник

Упрощенный метод расчета прибыли (рис. 175) на ободе зубчатых колес разработан и применяется на Уралмашзаводе (табл. 70).

*Метод расчета фланцевых прибылей.* Технологические пополнения значают по толщине и внешнему контуру механически необрабатываемой поверхности фланцев. Эти пополнения не тождественны припуску на механическую обработку. Расчет фланцевых прибылей (рис. 176) на детали типа тройников, патрубков, колен производится согласно табл. 71.

*Метод расчета прибылей для отливок из цветных сплавов.* Для расчета площади поперечного сечения прибыли предлагается упрощенный метод расчета по отношению диаметра прибыли  $D_{п}$  к диаметру окружности, вписанной в питаемый узел отливки  $D_{у}$  (метод Б.Б. Гуляева):

для компактных узлов

$$\frac{D_{п}}{D_{у}} = \frac{1,05 \div 1,15}{l}; \quad (10)$$

для узлов со среднеразвитой поверхностью

$$\frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{y}}} = \frac{1,15 \div 1,50}{l}; \quad (11)$$

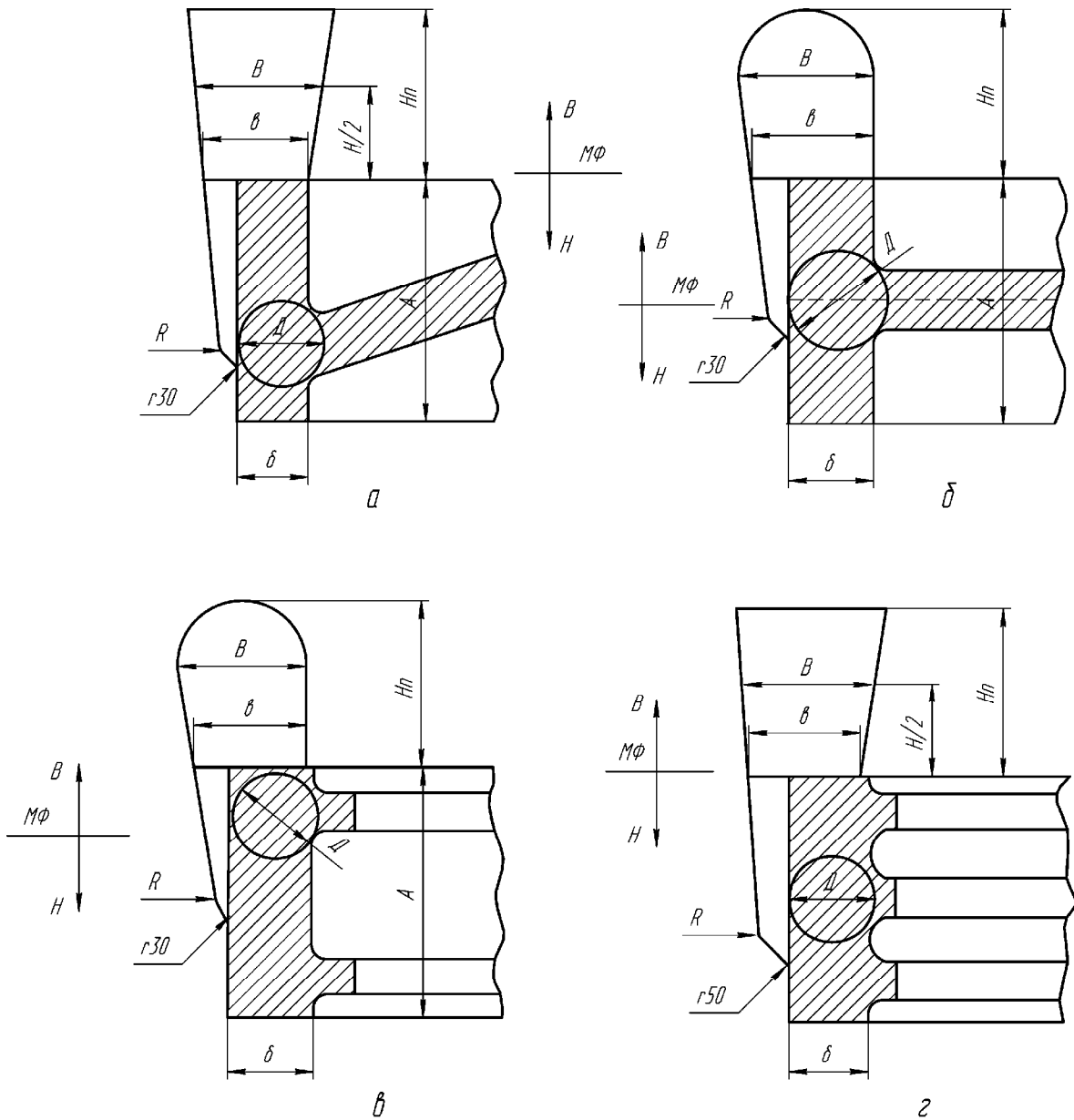


Рис. 175. Эскизы прибылей на ободе зубчатых колес:  
 а – диск, выполненный под углом; б – однодисковое колесо;  
 в – двухдисковое колесо; г – трехдисковое колесо

для узлов с очень развитыми поверхностями

$$\frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{y}}} = \frac{1,50}{l}; \quad (12)$$

где  $D_n$  – диаметр прибыли;  $D_y$  – диаметр питаемого узла.

Таблица 70

Размеры, необходимые для построения прибылей  
на ободе зубчатого колеса, по данным Уралмашзавода

| Тип зубчатого колеса                      | Размер, мм |            |              |       |   | Выход годного, % |
|---|------------|------------|--------------|-------|---|------------------|
|   | $b$        | $B$        | $H_n$        | $R$   | относительная протяженность прибылей, % |                  |
| Диск, выполненный под углом (рис. 175, а) | 1,4Д       | (1,8-2,0)Д | (0,90-1,10)А | 1,15Д | 35-42                                   | 60-67            |
| Однодисковое колесо (рис. 175, б)         | 1,3Д       | (1,6-1,8)Д | (0,90-1,10)А | 1,15Д | 35-42                                   | 60-67            |
| Двухдисковое колесо (рис. 175, в)         | -          | (2,5-3,3)δ | (0,70-0,85)А | -     | 38-42                                   | 61-69            |
| Трехдисковое колесо (рис. 175, г)         | (1,6-1,8)Д | (2,0-2,8)Д | (0,60-0,75)А | -     | 38-42                                   | 61-69            |

*Примечание.* Построение прибылей производится с учетом следующих условий: для однодисковых зубчатых колес с тонким ободом ( $D \leq 60$  мм) высотой до 100 мм и диаметром до 600 мм принимается  $H_n = (1,4-1,5)A$ ;  $L = 22-50$  % (при отсутствии ребер жесткости диска ставится только одна прибыль, принимая  $L = 22-30\%$ ); для двух-трехдисковых зубчатых колес с толщиной обода  $\delta > 70$  мм и высотой примерно 200 мм принимают  $H_n = A$ . Необходимо проверить, чтобы отъемная часть закрытой прибыли вместе с хвостовиком свободно извлекалась из формы.

Таблица 71

Размеры для построения фланцевых прибылей

| Наименование основных размеров | Значение основных величин при отношениях |                                    |
|--------------------------------|--|------------------------------------|
|                                | $H/b < 1,3$                              | $H/b \geq 1,3$                     |
| Напуск на фланец               | исключается                              | $\delta = 0,05D$                   |
| Охват фланца (по хорде)        | $L = 0,8D$                               | $L = (0,6-0,65)D$                  |
| Высота прибыли                 | $H_n = 0,4D$                             | $H_n = 0,5D$                       |
| Угол перехода шейки прибыли    | $\alpha = 60^\circ$                      | $\alpha = 60^\circ$                |
| Боковой конус прибыли          | $\alpha_1 = H_n/10$                      | $\alpha_1 = H_n/10$                |
| Приращение толщины прибыли     | $C = 0,4b$                               | $C = 0,4b$<br>$C_1 = 0,05D + 0,4b$ |

Отношения берутся тем больше, чем больше отношение длины питаемого узла к его толщине.

Высота прибыли  $H_n = (1,0-1,5)D_n$ . Форма прибылей аналогична прибылям для стальных отливок. Применяется прибыль прямого и бокового дейст-

вия. Наиболее эффективны прибыли прямого действия. В отливках с явно выраженными тепловыми узлами прибыли располагают над ними.

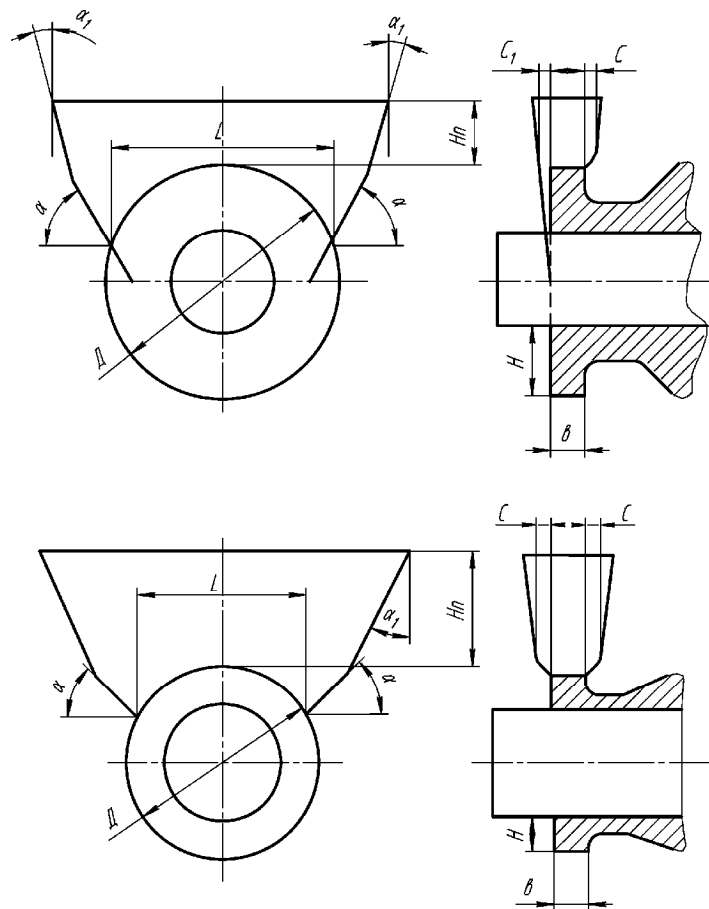


Рис. 176. Эскизы фланцевых прибылей

*Метод расчета питающих бобышек.* Питающие бобышки применяются для питания чугунных отливок, имеющих местные узлы диаметром вписанной окружности более 30 мм.

Конструкция питающей бобышки и подвод металла показаны на рис. 177.

При расчете питающей бобышки определяют ее диаметр  $D_{\text{боб}}$  и высоту  $H$  (рис. 177):  $D_{\text{боб}} \geq 1,2 D_{\text{узла}}$ ;  $H = (1,2-1,4) D_{\text{боб}}$ .

Сечение шлакоуловителя находят по соотношению

$$F_{\text{шл}} = 1,8 F_{\text{пит}}. \quad (13)$$

Размеры  $v$  и  $h$  подбираются в зависимости от величины  $F_{\text{шл}}$ .

При питании от одной бобышки нескольких отливок сечение бобышки следует увеличить на 25-40 %. Размеры питающих бобышек приведены в табл. 72.

В зависимости от расположения отливки в форме шлакоуловитель мо-

жет быть выполнен в нижней или в верхней полуформе (рис. 178).

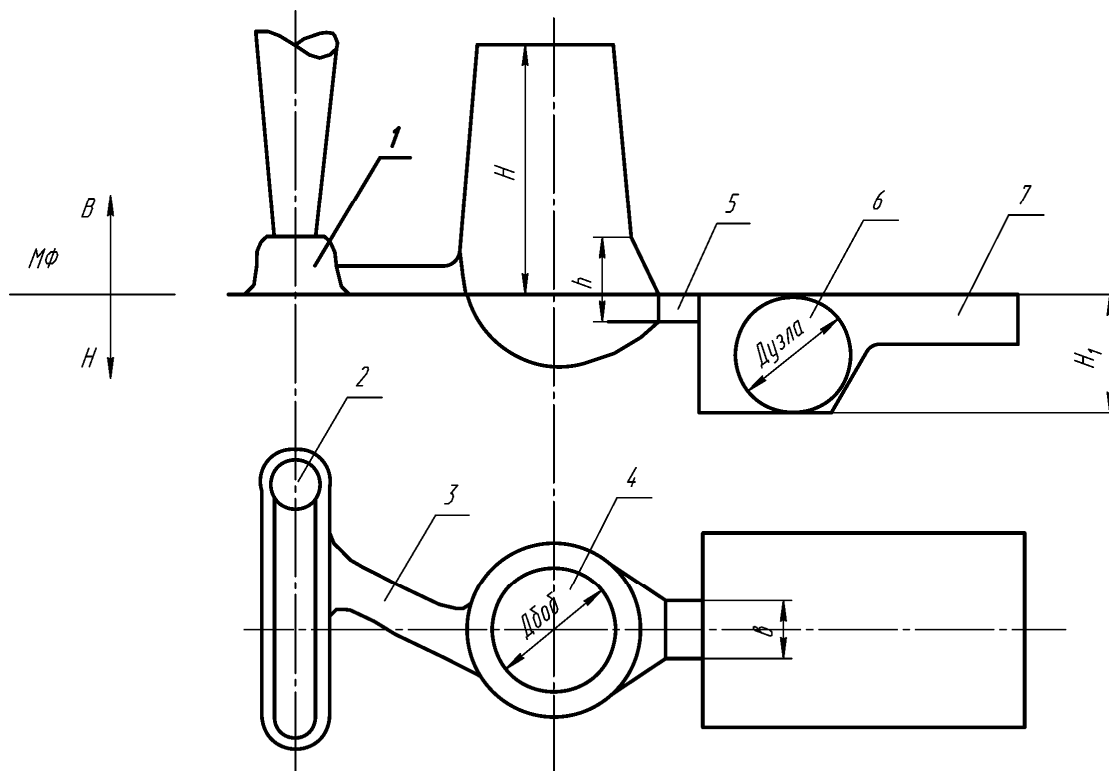


Рис. 177. Эскиз питающей бобышки и подвод металла:  
 1 – шлаковик; 2 – стояк; 3 – питатель; 4 – питающая бобышка;  
 5 – шлакоуловитель бобышки; 6 – узел, нуждающийся в питании; 7 – отливка

Таблица 72

Размеры питающих бобышек, мм

| $D_{\text{узла}}$ | Исполнение | $D_{\text{боб}}$ | $H$ | $d$ | $d_1$ | $h$ | $h_1$ | $K$ | $L$ |
|-------------------|------------|------------------|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|
| 35-45             | I          | 60               | 75  | 50  | 40    | 18  | -     | 4   | 50  |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 30,0  |     |     |
| 46-55             | I          | 75               | 100 | 65  | 40    | 20  | -     | 4   | 60  |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 37,5  |     |     |
| 56-70             | I          | 90               | 120 | 75  | 50    | 28  | -     | 5   | 80  |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 45,0  |     |     |
| 71-85             | I          | 110              | 140 | 95  | 60    | 33  | -     | 5   | 90  |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 55,0  |     |     |
| 86-100            | I          | 130              | 165 | 110 | 60    | 40  | -     | 5   | 100 |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 65,0  |     |     |
| 101-115           | I          | 150              | 200 | 130 | 80    | 48  | -     | 7   | 120 |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 75,0  |     |     |
| 116-130           | I          | 180              | 220 | 160 | 80    | 55  | -     | 7   | 150 |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 90,0  |     |     |
| 131-150           | I          | 200              | 250 | 180 | 100   | 62  | -     | 7   | 180 |
|                   | II         |                  |     |     |       | -   | 100   |     |     |

Метод расчета выпоров простых и бутылочных. В конструкции простые выпоры делятся на отводные и установленные непосредственно на тело отливки (рис. 179, 180).

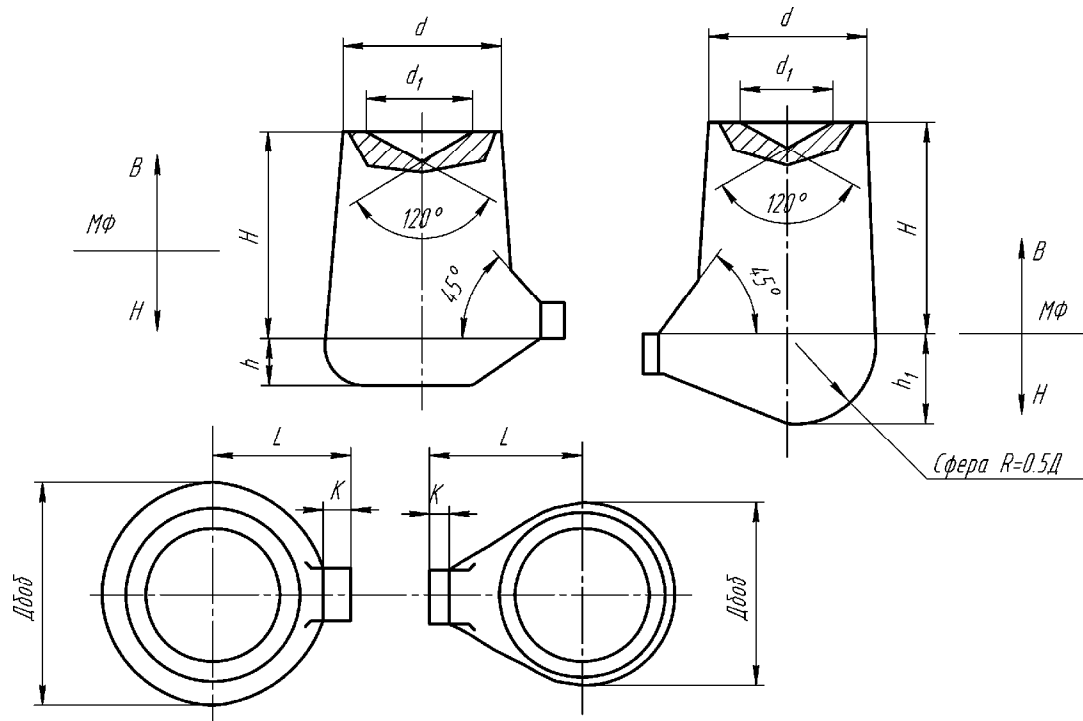


Рис. 178. Конструкция питающих бобышек

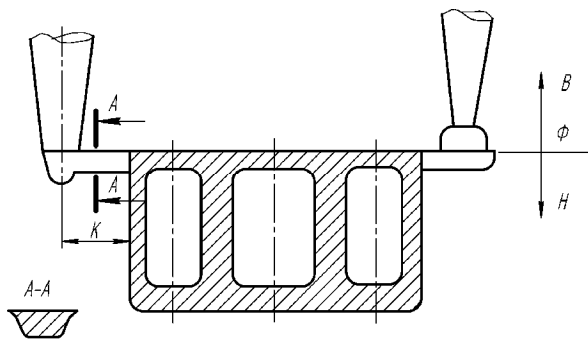


Рис. 179. Выпор отводной конструкции

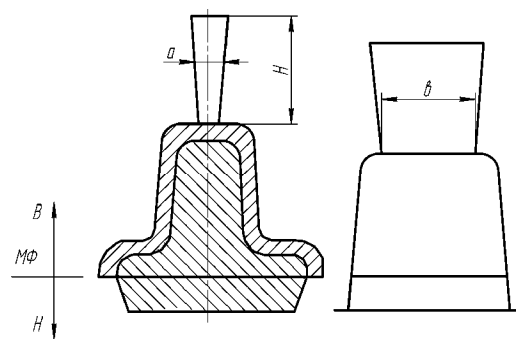


Рис. 180. Выпор щелевой конструкции

Выпоры, установленные непосредственно на тело отливки, могут быть круглого и прямоугольного сечения (щелевые). Последние чаще применяются при изготовлении тонкостенных отливок.

Площадь суммарного сечения всех поставленных на отливку выпоров определяют по формуле

$$\Sigma F_{\text{вып}} \geq 1,3 \Sigma F_{\text{ст}}, \quad (14)$$



где  $\Sigma F_{\text{вып}}$  – площадь суммарного сечения выпоров;  $\Sigma F_{\text{ст}}$  – площадь суммарного сечения стояков.

Площадь сечения отвода для выпора должны быть не менее площади сечения выпора.

Рекомендуемые размеры простых выпоров приведены в табл. 73.

Таблица 73

| Рекомендуемые размеры простых выпоров   |  |                     |          |          |                    |                  |                                       |
|---|--|---------------------|----------|----------|--------------------|------------------|---------------------------------------|
| Площадь сечения выпора, мм <sup>2</sup> | Размеры выпора круглого и прямоугольного сечения, мм |                     |          |          | Сечение отвода, мм | Масса выпора, кг | Примечание                            |
|   | <i>d</i>   | <i>a</i> × <i>b</i> | <i>H</i> | <i>K</i> |                    |                  |                                       |
| 490                                     | 25   | 10×50               | 300      | 30       | 25×19              | 1,3              | Уклон на модели выпора принимать 1:20 |
| 706                                     | 30   | 13×55               |          | 30       | 30×24              | 2,3              |                                       |
| 962                                     | 35   | 15×65               |          | 35       | 35×27              | 3,6              |                                       |
| 1257                                    | 40   | 17×75               | 400      | 40       | 40×32              | 4,4              |                                       |
| 1963                                    | 50   | 20×100              |          | 50       | 50×39              | 6,6              |                                       |
| 2827                                    | 60   | 25×115              |          | 60       | 60×47              | 8,6              |                                       |
| 3848                                    | 70   | 30×130              | 450      | 60       | 70×54              | 14,3             |                                       |
| 5027                                    | 80   | 35×145              |          | 60       | 80×63              | 18,4             |                                       |

Контрольные вопросы.

1. Как определяется формы и размеры прибыли?
2. Условия получения отливки без усадочных раковин.
3. Какие виды усадки знаете?
4. Как компенсируют усадку?
5. Что такое легкоотделяемая прибыль?
6. Опишите конструкцию прибылей с экзотермическими вставками.
7. Какова роль прибылей в формировании отливки?
8. Прибыль установлена сверху. Как влияет на возможность появления усадочных раковин продолжительность заливки при подводе металла снизу и сверху (под прибыль)?
9. Какие дефекты образуются при отсутствии прибыли?
10. Как влияет внешнее давление на формирование отливок без раковин, усадочных пор?

## ЛЕКЦИЯ 27.

### ТЕМА: ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

План лекции

1. Назначение и виды литниковых систем.
2. Элементы литниковых систем и требования, предъявляемые к ним.

### 3. Способы подвода металла в форму.

#### *Назначение литниковой системы, ее элементы.*

Литниковой системой называется совокупность каналов, назначением которых является подвод металла в форму и задержание шлака и неметаллических включений, попавших в металл.

На рис. 181 приведена схема построения литниковой системы. Элементы литниковой системы следующие: литниковая воронка 1, стояк 2, литниковый ход (шлакоуловитель) 3 и питатель 4. Литниковая воронка является расширением верхней части стояка в форме, она предназначена для приема металла из ковша и направления его в стояк. В большинстве случаев литниковая воронка выполняется отдельно и ставится на поверхность формы над стояком.

*Стояк* – вертикальный канал в форме, соединяющий литниковую воронку со шлакоуловителем. С целью удобства его выполнения, а также обеспечения плавности заливки формы металлом делается он с некоторой конусностью книзу. Это обеспечивает получение замкнутой литниковой системы, так как увеличивается его площадь сверху. Большой его уклон излишен, поскольку увеличивает расход металла. При заливке формы через носок ковша средний уклон стояка принимается равным  $18'$ , что дает

$$\frac{D-d}{2h} = \operatorname{tg}\alpha = 0,005,$$

где  $D$  – диаметр сверху;  $d$  – диаметр внизу;  $h$  – высота стояка.

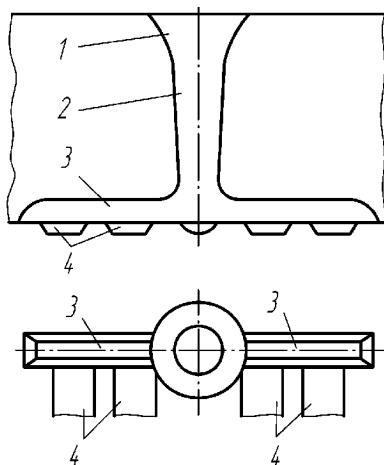


Рис. 181. Нормальная литниковая система

На 100 мм высота будет  $D-d=1$  мм.

На рис. 182, а, приведена схема конического стояка. Рекомендуемые уклоны стояков для замкнутых систем принимаются в соответствии с данны-

ми, приведенными в табл. 74 [3].

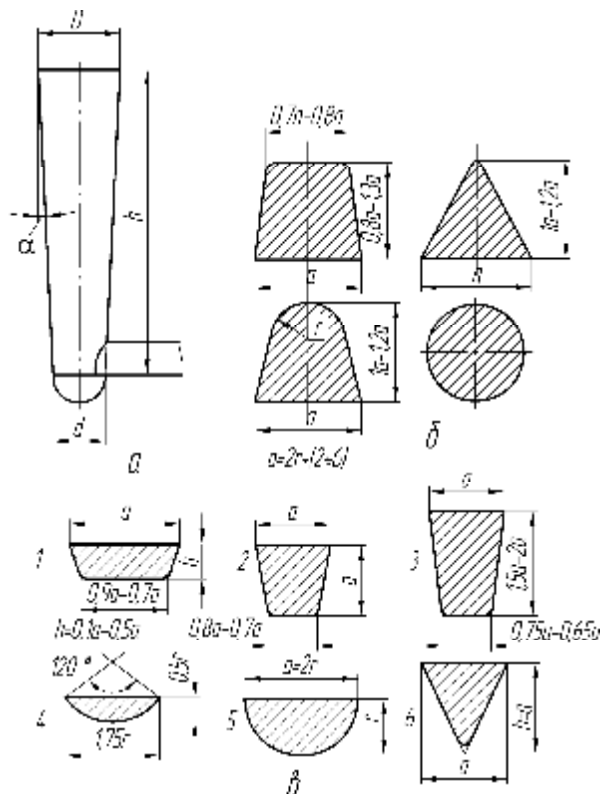


Рис. 182. Сечение и размеры элементов литниковых систем: а – стояк; б – сечение шлакоуловителя; в – сечение питателя

Таблица 74

Уклоны (конусность) стояков для замкнутых литниковых систем

| Высота стояка $h$ , мм | Разность диаметров $D-d$ , мм | Высота стояка $h$ , мм | Разность диаметров $D-d$ , мм | Высота стояка $h$ , мм | Разность диаметров $D-d$ , мм |
|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 100                    | 1                             | 600                    | 6                             | 1200                   | 12                            |
| 200                    | 2                             | 700                    | 7                             | 1400                   | 14                            |
| 300                    | 3                             | 800                    | 8                             | 1600                   | 16                            |
| 400                    | 4                             | 900                    | 9                             | 1800                   | 18                            |
| 500                    | 5                             | 1000                   | 10                            | 2000                   | 20                            |

При заливке формы из стопорного ковша, т.е. при незамкнутой литниковой системе стояк должен быть цилиндрическим или с небольшим уклоном для лучшего выема его модели. Размеры его принимаются по табл. 75. Под стояком ниже литникового хода выполняется углубление так, как это показано на рис. 182, а. Углубление (зумпф) делается для предохранения формы от разрушения ее струей металла.

На крупных отливках стояк и вся литниковая система чаще всего выполняются из огнеупорных трубок.

*Шлакоуловитель (литниковый ход)* является промежуточным каналом

литниковой системы, назначением которого является распределение металла, поступающего из стояка по питателям, а также задержание попавшего с металлом шлака и других неметаллических включений. При разливке металла из ковшей, имеющих стопорное устройство, форма может выполняться без литниковых ходов, при заливке металла в форму из ковшей через носок они необходимы для улавливания шлака.

Таблица 75

Уклон стояков для случая подвода на нескольких уровнях

| Высота стояка<br>$h$ , мм | Разность диаметров<br>$D-d$ , мм | Высота стояка<br>$h$ , мм | Разность диаметров<br>$D-d$ , мм |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 600                       | 4                                | 1200                      | 6                                |
| 700                       | 4                                | 1400                      | 7                                |
| 800                       | 4                                | 1600                      | 8                                |
| 900                       | 5                                | 1800                      | 9                                |
| 1000                      | 5                                | 2000                      | 10                               |

На рис. 182, б приводятся наиболее распространенные сечения шлакоуловителя. Чаще всего используется трапециевидное сечение. Потери тепла в этом случае минимальны. Верхние углы закругляются. Полукруглое сечение хуже задерживает шлак и теряет больше тепла. Круглые сечения хорошо отделяют шлаковые включения. Для лучшего отделения шлака от металла место подвода его из стояка к шлакоуловителю должно быть выше места подвода металла из шлакоуловителя в питатель. Шлакоуловитель должен перекрывать питатель для создания тупика, в котором собираются шлаковые включения.

*Питатель (литник)* является литниковым каналом, с помощью которого металл подводится непосредственно в полость формы. Рациональность литниковой системы определяется: обеспечением плавного заполнения формы металлом; совершенным отделением шлака от металла в процессе его заливки; подводом металла в форму без ударов о стержень или стенки формы; простотой конструкции при минимальном расходе металла.

В зависимости от соотношения площадей сечения стояка, шлакоуловителя и питателей литниковые системы могут быть незамкнутые (незапирающиеся) и замкнутые (запирающиеся).

Под незамкнутой литниковой системой подразумевается такая, при которой во время заполнения формы металлом стояк и шлакоуловитель не заполняются полностью металлом.

В этом случае в первые секунды заливки литниковая система не заполняется металлом (не запирается), благодаря тому что общее сечение питателей ( $F_{пит}$ ) в ней больше сечения шлакоуловителя ( $F_{шл}$ ) и стояка ( $F_{ст}$ ), т.е. в этом случае имеется соотношение

$$F_{пит} > F_{шл} > F_{ст}.$$

При замкнутой системе она с первых же секунд заполняется металлом, так как в ней общее сечение питателей меньше сечения шлакоуловителя и стояка. В этой литниковой системе справедливо соотношение

$$F_{\text{пит}} < F_{\text{шл}} < F_{\text{ст}}.$$

Питатели в этой системе пропускают меньше металла, чем подается его в стояк и шлакоуловитель. Благодаря этому стояк и шлакоуловитель всегда бывают заполнены металлом, что обеспечивает некоторую выдержку его и отстой шлаковых включений, и удаление газов. При такой системе подачи металла брака по газовым и шлаковым включениям значительно меньше, чем это имеет место при незапираемых литниковых системах, где нет возможности металлу отстояться перед входом в форму.

На рис. 182, в, приводятся распространенные сечения питателей. Наиболее распространенным сечением является трапецевидное, которое обеспечивает легкость удаления его от отливки, легкость задержания шлаковых включений и меньшую склонность к образованию усадочной рыхлости у места подвода металла. С уменьшением высоты питателя эти свойства его увеличиваются. Поэтому в некоторых специальных случаях применяются питатели, у которых высота  $h$  меньше даже 0,1 основания  $a$ , т.е.  $h < 0,1a$ . Большим недостатком этого типа сечения является быстрота охлаждения металла. При сечениях, у которых стороны равны, появляются обратные свойства, а именно уменьшаются потери тепла, но увеличивается опасность засорения формы шлаковыми включениями, образования усадочной рыхлости и усложняется удаление его от отливки.

Удлиненный тип питателя применяется при подводе металла к тонким вертикальным стенкам отливки. Питатели сегментного и полукруглого сечения действуют аналогично трапецевидным. Сегментные сечения одинаковы с действием трапецевидных, и действие их улучшается с уменьшением их высоты. Полукруглые сечения одинаковы по действию с равносторонним типом трапецевидных сечений; применяются они в одинаковых условиях. Треугольные сечения быстро теряют тепло, хорошо отделяются от отливки; они применяются редко.

Сечение питателя делается по всей длине одинаковым, но с целью лучшего отделения от тела отливки сечение его в месте стыка со шлакоуловителем увеличивается на 5-10 %, а у тела отливки оставляется расчетное. В местах соприкосновения питателя с телом отливки для предотвращения размыва формы делается галтель.

При расположении отливки в двух полуформах шлакоуловители располагаются над плоскостью разъема формы, а питатель ниже. Если отливка располагается только в верхней полуформе, то подвод металла можно осуществлять так, как это показано на рис. 183. Подводить металл под отливку

(рис. 183, в) не рекомендуется из-за удорожания зачистки места подвода.

Кроме вышеуказанных частей к литниковой системе относятся выпоры и прибыли.

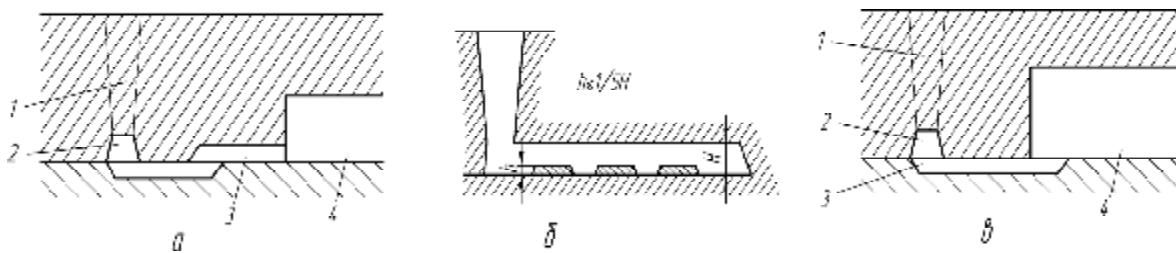


Рис. 183. Подвод металла в форму:

а – ступенчатый питатель; 1 – стояк; 2 – шлакоуловитель; 3 – ступенчатый питатель; 4 – отливка; б – плоский питатель в верхней опоке; в – нерекондуемый способ подвода питателя снизу под отливку

*Выпор* – вертикальный канал (стояк), расширяющийся кверху. Он служит для выхода вытесняемого из формы воздуха и газа, для слива загрязненного и остывшего в процессе заливки металла и для наблюдения за ходом заполнения формы. Обычно выпоры устанавливают на наиболее возвышающихся частях плоскости формы. Применение выпоров увеличивает расход металла. На мелких отливках выпоры, как правило, не используются.

*Прибыль* – дополнительная часть отливки, которая применяется для сплавов с повышенной усадкой. Она служит для питания отливки металлом в процессе затвердевания. Устанавливаются прибыли на массивных местах отливок, затвердевающих в последнюю очередь. В прибыли располагается усадочная раковина. Здесь же обычно имеет место скопление примесей (ликвидирующих) и неметаллических включений.

При наличии открытых прибылей выпоры могут не применяться. В некоторых случаях металл может заливаться в форму через прибыль.

*Способы подвода металла в форму.* В соответствии с классификацией методов подвода металла к отливкам он может быть подведен к форме следующим образом: по разъему формы; сверху; снизу или сифоном; этажно.

Схема каждого из указанных методов подвода металла приводится на рис. 184. Подвод металла по разъему формы является самым распространенным способом для отливок, ось симметрии которых совпадает с плоскостью разъема литейной формы. При формовке на машинах этот метод подвода металла является единственно возможным. Схема распределения температур при разных методах подвода металла приводится на рис. 185. Подвод металла в разъем формы характеризуется концентрацией высоких температур у питателя, что и приводит к неравномерному охлаждению отливки и пригару смеси в месте соединения питателя с отливкой (рис. 185, а).

С точки зрения равномерности распределения температур подвод металла сверху является наиболее целесообразным. На рис. 185, б приводится

схема распределения температур при этом методе подвода металла. Данный метод подвода металла прост, но может быть применен лишь на малых деталях, так как у больших форм возможен их размыв.

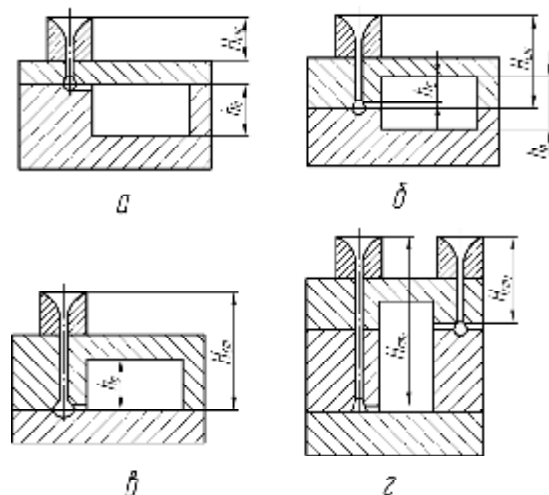


Рис. 184. Схема подвода металла в форму:  
*a* – сверху – свободное падение; *b* – сбоку на  $\frac{1}{2}$  высоты отливки с частично свободным падением; *v* – снизу – сифоном (рожковые питатели); *z* – комбинированный подвод (такой способ питания применяется при крупных отливках)

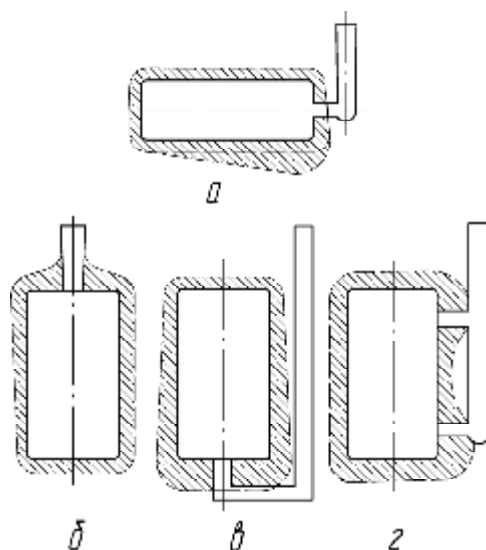


Рис. 185. Схема распределения температуры при различном методе подвода металла:  
*a* – питание по разъему; *b* – питание сверху;  
*v* – питание сифоном; *z* – этажное питание

Спокойное заполнение формы металлом обеспечивается при применении заливки формы снизу или сифоном. Для больших и сложных форм

рекомендуется рассредоточивать систему питания металлом, для чего от шлакоуловителя делается серия питателей.

Распределение температур при сифонном методе (рис. 185, в), в случае подвода в одно место, неблагоприятное, так как там создается перегрев формы и пригар смеси к литниковой системе.

Для больших и сложных деталей применяется этажная заливка, при которой металл в форму подается ярусами. В этом случае заполнение формы происходит последовательно (снизу вверх).

В зависимости от высоты отливки и от ее сложности число ярусов может колебаться более двух. Для обеспечения последовательности действия каждого яруса питателей нужно обеспечить условия, при которых сумма сечений каждого горизонтального ряда питателей была бы не меньше сечения общего питающего стояка. Распределение температур в этом случае более благоприятно. На рис. 185, г приводится схема распределения температур при этом методе подвода металла.

При выборе мест подвода металла следует руководствоваться следующими соображениями:

- при изготовлении отливок из сплавов с малой усадкой (серые чугуны с пластинчатым графитом) металл, как правило, подводят к самым тонким частям, что обеспечивает более равномерное остывание тонких и толстых стенок, уменьшение внутренних напряжений, коробления;

- к отливкам из сплавов с более высокой усадкой (стали, высокопрочные чугуны, алюминиевые бронзы), а также к отливкам, имеющим массивные узлы, расплав подводят в подприбыльные части или непосредственно в прибыли, чтобы находящийся в прибыли металл длительное время оставался в жидком состоянии и питал отливку;

- для крупногабаритных отливок с тонкими стенками применяют рассредоточенные системы питателей, которые расположены по периферии отливки (для сплавов с низкой жидкотекучестью и высокой теплопроводностью);

- если в отливках имеются обрабатываемые и необрабатываемые поверхности, то питание следует подводить к необрабатываемым поверхностям;

- после определения размеров литниковой системы ее конструируют, обращая особое внимание на то, чтобы один канал плавно с закруглениями переходил в другой, так как острые переходы уменьшают коэффициент расхода литниковых систем, а в песчаных формах представляют источник брака по засорам;

- во всех случаях необходимо избегать опасности размыва стенки формы металлом на выходе из питателя.

*Место подвода питателей для отливок из чугуна [13].* Для сокращения усадочных явлений в сером чугуне необходимо при разработке технологии заливки каждой детали стремиться к тому, чтобы температура металла по всем сечениям выравнивалась. Для этого существуют различные приемы, од-



ним из которых является подвод металла в тонкие места отливки. Этим ликвидируется разогрев массивных частей отливок и достигается выравнивание температурного режима отливки. При необходимости у массивной части отливки устанавливается холодильник. Питатели необходимо располагать таким образом и в том количестве, чтобы истекающий из них металл не мог интенсивно разогреть стенку формы, горизонтальные поверхности формы быстро покрывались металлом, уровень его в форме при заливке изменялся равномерно (струя металла в процессе заливки формы не должна прерываться). Рекомендации при выборе места подвода металла в форму:

- подвод металла в тонкое место отливки способствует выравниванию скорости охлаждения тонкой и более массивной частей отливки, уменьшению напряжений и усадочных раковин;

- при расположении питателей желательно, чтобы струя не ударяла в стенку формы или стержня, горизонтальные поверхности формы быстро покрывались металлом;

- уровень металла в форме в процессе заливки не должен иметь продолжительных остановок;

- части стержней с вентиляционными каналами не должны перегреваться потоком подводящего металла;

- для чугуновых отливок целесообразна система запертого типа (способствующая задерживанию шлака), сужающаяся (быстрое заполнение металлом с положительным давлением);

- для уменьшения скорости потока чугуна в каналах используются тормозящие литниковые системы. Их отличие – использование местного сопротивления – дросселя (например, в виде сетки, щели, внезапного сужения канала и последующего расширения и т.д.).

*Место подвода питателей для отливок из стали [13].* Для выбора числа и места подвода питателей к отливкам из стали (табл. 76) рекомендуется:

- рассредоточенный подвод металла большим количеством питателей снижает возможность местных разогревов, способствует уменьшению усадки, пористости, горячих и холодных трещин, пригара в районе подвода;

- чрезмерное уменьшение сечения питателей увеличивает торможение металла, может вызвать замедленное заполнение формы и сократить полезный эффект от рассредоточенного подвода;

- для обеспечения плотности и повышения механических свойств стальных отливок питатели необходимо подводить под прибыль или в массивные части отливок, питаемые прибылью;

- подвод металла в вертикально расположенные элементы отливок обеспечивает более высокую плотность, чем в расположенные горизонтально;

- для обеспечения заполнения тонкостенных отливок целесообразно подводить металл сверху и располагать особо тонкие стенки вертикально;

- количество металла, проходящего через тонкую стенку, число поворотов на пути металла и длина пути в тонкой стенке должны быть минималь-

ными;

- не допускать расположения литниковой системы в непосредственной близости от стержневого знака для ликвидации противодействия газа;
- избегать расположения питателей около холодильников и жеребеек;
- осуществлять одностороннее движение металла в форме;
- при изготовлении тонкостенных стальных отливок больших габаритных размеров, металл необходимо подавать к тонким стенкам с помощью большого числа питателей.

Таблица 76

| Вес отливки, кг | Выбор числа питателей для стальных отливок |       |     |
|-----------------|--|-------|-----|
|                 | Преобладающая толщина стенок, мм           |       |     |
|                 | 15   | 15-50 | 50  |
|                 | Рекомендуемое число питателей              |       |     |
| ≤ 10            | 1  | -     | -   |
| 10-100          | 2-5  | 1-2   | 1   |
| 100-1000        | 2-8  | 2-6   | 1-2 |
| 1000            | -  | 3-10  | 2-6 |

Для отливок с небольшими толщинами стенок можно пользоваться следующими данными (табл. 77).

Таблица 77

| Толщина стенки отливки, мм  | 5-8 | 8-12 | 12-18 |
|---|-----|------|-------|
| Наибольшее количество металла, протекающего через один питатель, кг | 5   | 15   | 35    |

Контрольные вопросы.

1. Какие типы литниковых систем знаете?
2. Назовите элементы литниковой системы?
3. Перечислите требования, предъявляемые к литниково-питающим системам?
4. Что такое замкнутая литниковая система?
5. Какую функцию выполняет шлакоуловитель?
6. Каким требованиям должна отвечать конструкция питателя?
7. Что такое незамкнутая литниковая система?
8. Какие соотношения ( $F_{пит} : F_{шл} : F_{ст}$ ) справедливы для замкнутой и незамкнутой литниковой системы?
9. Для чего форма стояка выполняется с конусностью книзу?
10. Назовите способы подвода металла в форму и объясните достоинства и недостатки каждого?

## ЛЕКЦИЯ 28.

### ТЕМА: ТИПЫ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

#### План лекции

1. Типы литниковых систем, их достоинства и недостатки.
2. Методы расчета литниковых систем для отливок, получаемых в ПГ-формах.

*Типы литниковых систем.* В зависимости от места подвода расплава в полость формы применяют горизонтальные и вертикальные литниковые системы.

Горизонтальные литниковые системы (рис. 186). Они имеют питатели, расположенные в плоскости разреза формы. Обычная литниковая система состоит из расположенных в верхней полуформе воронки 1 (или чаши стояка 2), шлакоуловителя 3, выпора; в нижней полуформе выполняют питатель 4 (или питатели). Применяют такую систему при изготовлении простых по конфигурации и небольших по массе и габаритным размерам отливок 5 (рис. 186, а).

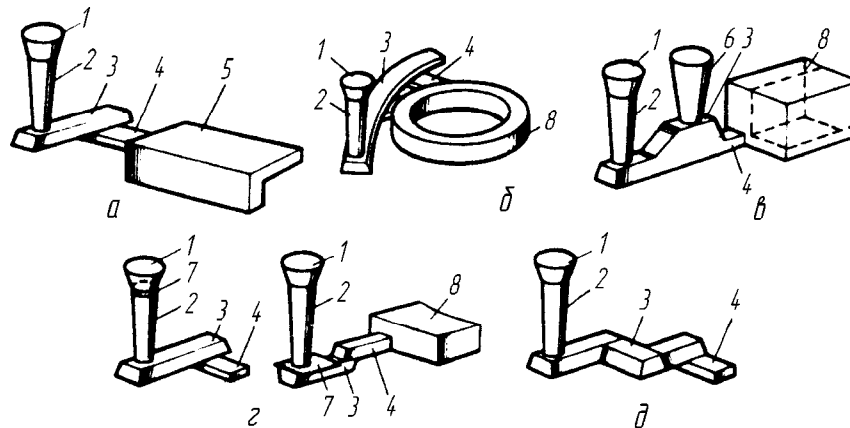


Рис. 186. Горизонтальные литниковые системы:  
а – обычная, б – с тангенциальным подводом металла,  
в – со шлаковыпором, з – с фильтром, д – с торможением  
за счет зигзагообразного исполнения шлакоуловителя

Литниковую систему с тангенциальным подводом металла в полость формы используют при изготовлении отливок типа шкивов, шестерен. При таком подводе металла более легкие примеси и шлак располагаются ближе к центру формы, а периферийная зона отливки получается качественной (рис. 186, б).

Для более полного удаления шлака применяют литниковые системы со

шлаковывпором; при этой системе подвода металла выпор *б* устанавливают на шлакоуловитель *з*, имеющий утолщение (рис. 186, *в*). С этой же целью на уровне основания воронки или основания стояка размещают фильтр *7* (рис. 186, *з*) При изготовлении отливок большой высоты используют зигзагообразную конструкцию шлакоуловителя, тормозящего струю металла (рис. 186, *д*).

Вертикальные литниковые системы (рис. 187). Питатели вертикальной литниковой системы располагаются в вертикальной плоскости разъема формы, на нескольких уровнях или вертикально. К таким системам относят верхнюю дождевую, ярусную, иногда и сифонную.

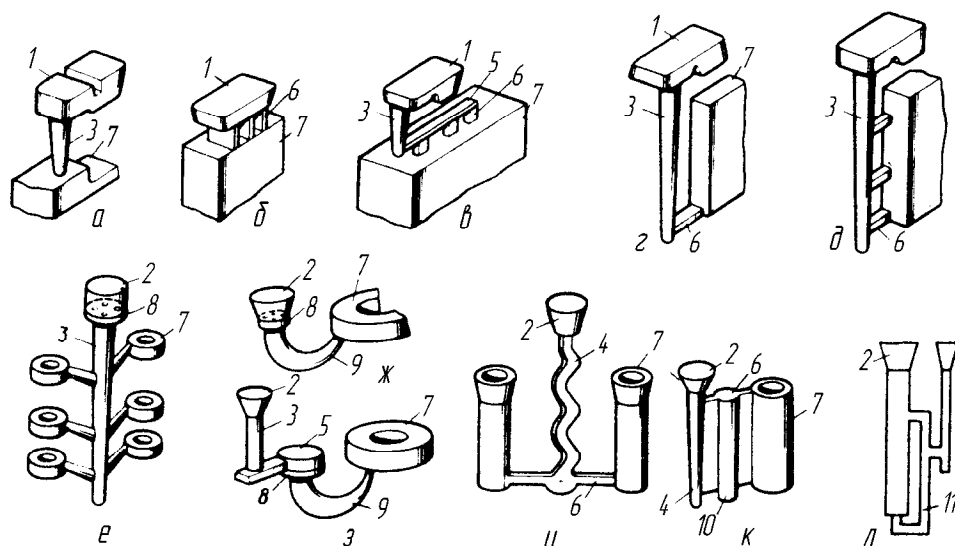


Рис. 187. Вертикальные литниковые системы:

*а* – упрощенная, *б* – прямая дождевая, *в* – дождевая со шлакоуловителем, *г* – сифонная, *д* – этажная, *е* – сифонная для мелких отливок, *ж* – рожковая упрощенная, *з* – рожковая со шлакоуловителем и фильтрующей сеткой, и со змеевидным стояком, *к* – со щелевым питателем, *л* – с обратным стояком; *1* – чаша, *2* – воронка, *3* – стояк, *4* – змеевидный стояк, *5* – шлакоуловитель, *6* – питатель, *7* – отливки, *8* – фильтровальные сетки, *9* – рожковые питатели, *10* – коллектор, *11* – обратный стояк

Верхняя литниковая система обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы сверху. Упрощенную систему с верхним подводом жидкого металла через стояк *з* применяют для массивных отливок, к которым не предъявляют высоких требований по качеству (рис. 187, *а*).

Дождевой называют литниковую систему, в которой подвод расплавленного металла осуществляется несколькими питателями *б*. В дождевой системе расплав подводится в полость формы сверху через вертикально расположенные питатели *б* или через шлакоуловители *5* и питатели *б*. При этом форма предохраняется от размыва, а в отливке *7* создаются условия для на-

правленного затвердевания в случае непрерывного питания нижних частей отливки горячим расплавом из верхних. Однако мелкие струи жидкого металла при заливке могут окисляться; выход газов из формы затруднен. Если размер питателей не слишком велик, то такая система хорошо отделяет шпак от расплава (рис. 187, б, в).

Сифонной называют литниковую систему, обеспечивающую подачу расплавленного металла в полость литейной формы снизу. Сифонную литниковую систему используют при изготовлении отливок 7 большой высоты.

При этом устраняется разбрызгивание расплава и размыв формы. Разогрев формы в месте подвода жидкого металла создает неблагоприятные условия для затвердевания отливки. Если сифонная литниковая система подводит расплав в полость формы снизу через питатель 6 непосредственно от стояка 3, то литниковая воронка 2 в этом случае может иметь фильтрующую сетку 8. Направленное затвердевание снизу вверх при сифонной заливке затруднено, так как нижние части отливки непрерывно пополняются горячим расплавом (рис. 187, г, е).

Лучшие результаты в этом отношении обеспечивает этажная литниковая система, по ней горячий расплав поступает через верхние слои жидкого металла в полость формы, поэтому применяют двух- или многоступенчатый подвод металла. При таком рассредоточенном (по высоте отливки) подводе расплава предотвращаются окисление сплава и местный разогрев формы (рис. 187, д).

К сифонным относят литниковую систему с рожковым подводом расплава (ж), а также систему со змеевидным стояком (рис. 187, з). В рожковой системе расплав подводится в рабочую полость литейной формы снизу. Улавливание шпака осуществляется шлакоуловителем или сетками. В первом случае фильтрующую сетку помещают между шлакоуловителем и литниковым ходом, во втором – ее устанавливают в воронку. Рожковый питатель используют при литье заготовок для шестерен и зубчатых колес – деталей, у которых недопустимы дефекты в местах нарезания зубьев. Змеевидный стояк используют для торможения струи расплава, если отливка имеет большую высоту.

Следует отметить, что при изготовлении форм для стальных отливок не применяют сложных шлакоулавливающих устройств, так как сталь заливают в формы преимущественно через стопорные ковши, стремясь уменьшить потери теплоты.

При изготовлении высоких отливок, чтобы ослабить ударную силу струи металла и предохранить форму от местного разогрева, применяют вертикальную щелевую литниковую систему (рис. 187, к) или комбинированную – с обратным стояком (рис. 187, л).

*Расчет литниковых систем.*

*Расчет литниковой системы при заливке из поворотного ковша.* методика расчета литниковой системы основана на определении продолжительности

сти и скорости заливки металла в форму.

*Определение оптимальной продолжительности заливки.* Продолжительность заливки формы определяется требованиями термической однородности отливки и способами подвода металла (сверху или снизу, в тонкие или толстые места).

При подводе металла снизу и питании из верхних прибылей (питание сверху) заливка должна проводиться быстро.

При медленной заливке возникает опасность перевода усадочной раковины из прибыльной части в тело отливки.

При подводе металла сверху отливки и питании ее из верхней прибыли заливка должна производиться с минимальной скоростью.

При таком режиме заливки величина усадочной раковины уменьшается и концентрируется в прибыльной части.

При отливке деталей с толстыми стенками быстрый подвод металла приводит к уменьшению термической неоднородности ее. Аналогичное явление имеет место и при медленном подводе металла к тонкостенным отливкам.

Минимальная продолжительность заливки формы определяется: возможностью полного удаления из формы и стержня воздуха и газов; необходимостью минимального размывания формы и стержней; минимальным ударом металла о верхнюю плоскость формы в конце ее заполнения; получением отливки с минимальным увеличением ее размера.

Максимальная продолжительность заливки формы определяется возможностью: обеспечения металлу необходимой жидкотекучести; создания необходимой скорости поднятия металла в форме с целью избежания образования на поверхности отливки «заворотов» и «спаев».

Расчет литниковых систем по методу Дубицкого дает удовлетворительные результаты для мелкого стального литья при заливке форм из поворотных ковшей через носок и для среднего и крупного литья при заливке форм из стопорных ковшей [3].

Расчет производят, начиная с определения оптимального времени продолжительности заливки, затем проверяют скорость подъема уровня металла в форме и, наконец, определяют суммарную площадь сечения питателей.

Величина оптимальной продолжительности заливки формы определяется по формуле (уравнение Дубицкого Г.М.)

$$\tau = S_1 \times \sqrt[3]{\delta \times Q}, \quad (15)$$

где  $S_1$  – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от рода сплава, температуры заливки, места подвода металла;  $\delta$  – преобладающая толщина стенки отливки, мм;  $Q$  – вес жидкого металла в форме, кг.

Значение коэффициента  $S_1$  для отливок из стали приведено в табл. 78. Значение коэффициента  $S_1$  для чугунных отливок принимают 2; для алюминиевых 2,4.

Вес жидкого металла в форме складывается из черного веса отливки, литниковой системы и прибыли

$$Q = Q_{\text{ч}} + Q_{\text{л.с}} + Q_{\text{пр}}, \quad (16)$$

где  $Q_{\text{ч}}$  – черновой вес отливки, кг;  $Q_{\text{л.с}}$  – вес литниковой системы, кг;  $Q_{\text{пр}}$  – вес прибыли, кг.

Таблица 78

| Температура металла и жидкотекучесть | Значение коэффициента $S_1$                       |                                |  |
|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|
|                                      | Способ подвода металла                            |                                |  |
|                                      | снизу – сифоном или в толстостенные части отливки | на половине высоты или этажный | сверху или равномерный подвод в тонкостенные части отливки |
| Нормальные                           | 1,3   | 1,4                            | 1,5-1,6  |
| Повышенные                           | 1,4-1,5   | 1,5-1,6                        | 1,6-1,8  |

*Примечание.* Для отливок, склонных к образованию внутренних напряжений, трещин и усадочных раковин, значение  $S_1$  увеличивается на 0,1-0,2. При отливке в металлические или песчано-глинистые формы. Но с большим количеством наружных холодильников, если заливка ведется быстро, коэффициент  $S_1$  уменьшается на 0,1-0,2. Для стали с более высокой температурой разливки значение коэффициента  $S_1$  следует увеличить на 0,1-0,2.

Черновой вес отливки складывается из чистого веса детали, припусков на механическую обработку и припусков на обрезку литников и прибыли.

Расход на литниковую систему  $Q_{\text{л.с}}$  принимается равным 3-10 % от черного веса отливки и веса прибыли

$$Q_{\text{л.с}} = (Q_{\text{ч}} + Q_{\text{пр}}) \times (3 \div 10)\% . \quad (17)$$

При этом большая величина принимается для мелкого литья. Найденное время рекомендуется проверить соотношением

$$v = \frac{H}{\tau}, \quad (18)$$

где  $v$  – скорость подъема металла в форме, см/с;  $H$  – высота отливки по положению при заливке, см.

При толщине стенок 7-10 мм скорость подъема  $v$  должна быть не менее 20 мм/с; при толщине 10-40 мм – более 10 мм/с; при толщине более 40 мм – более 8 мм/с.

Если скорость охлаждения недостаточная, то нужно уменьшить время заливки или же изменить положение отливки в форме.

Определение площади сечения питателей при заливке из поворотного ковша. Площадь узкого сечения литниковой системы ( $F_{\text{пит}}$ ) рассчитывают по формуле

$$F_{\text{уз.пит}} = \frac{Q}{\tau_{\text{опт}} \times \rho \times \mu_0 \times \sqrt{2g \times H_p}}, \quad (19)$$

где  $Q$  – вес отливки с прибылями и литниками, кг;  $\tau_{\text{опт}}$  – оптимальная продолжительность заливки форм металлом, с;  $\rho$  – плотность металла, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_0$  – коэффициент расхода металла в форме;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $H_p$  – расчетный (средний) металлостатический напор металла в форме, м.

Значение коэффициента расхода  $\mu_0$  для чугунных и стальных отливок приведено в табл. 79.

Влияние различных факторов на величину коэффициента  $\mu_0$  приведено в табл. 80.

Таблица 79

| Значение коэффициента $\mu_0$ для стального литья |                     |             |             |
|---|---------------------|-------------|-------------|
| Характер заливаемой формы                         | Сопротивление формы |             |             |
|   | большое             | среднее     | малое       |
| Сырая   | 0,25 (0,35)         | 0,32 (0,42) | 0,42 (0,50) |
| Сухая   | 0,30 (0,41)         | 0,38 (0,48) | 0,50 (0,70) |

*Примечание.* В скобках приведены значения для чугунного литья.

Таблица 80

| Влияние различных факторов на величину коэффициента $\mu_0$   |  |
|---|--|
| Фактор, влияющий на величину коэффициента $\mu_0$   | Изменение коэффициента $\mu_0$ , взятого из табл. 79 |
| Повышенная температура заливки  | до +0,05   |
| наличие открытых выпоров и прибылей (в зависимости от отношения общей площади сечения выпоров и прибылей к общей площади сечения питателей)             | от $\pm 0,05$ до $\pm 0,30$                          |
| Большие сечения стояка и шлакоуловителя по сравнению с сечением питателей ( $F_{\text{ст}}/F_{\text{пит}} > 2$ ; $F_{\text{шл}}/F_{\text{пит}} > 1,5$ ) | от $\pm 0,05$ до $\pm 0,20$                          |
| Разветвленная литниковая система (большое число питателей)  | от -0,05 до -0,10                                    |
| Малая газопроницаемость формы (при отсутствии открытых выпоров и прибылей)  | -0,05  |

*Примечание.* Максимально возможное значение коэффициента не должно превышать 0,80.

Расчетный (средний) металлостатический напор расплава определяется по формуле



$$H_p = H - \frac{P^2}{2c}, \quad (20)$$

где  $P$  – высота отливки над питателем, м;  $c$  – высота отливки по положению в форме, м.

Схема к расчету металлостатического напора расплава в форме ( $H_p$ ) приведена на рис. 188.

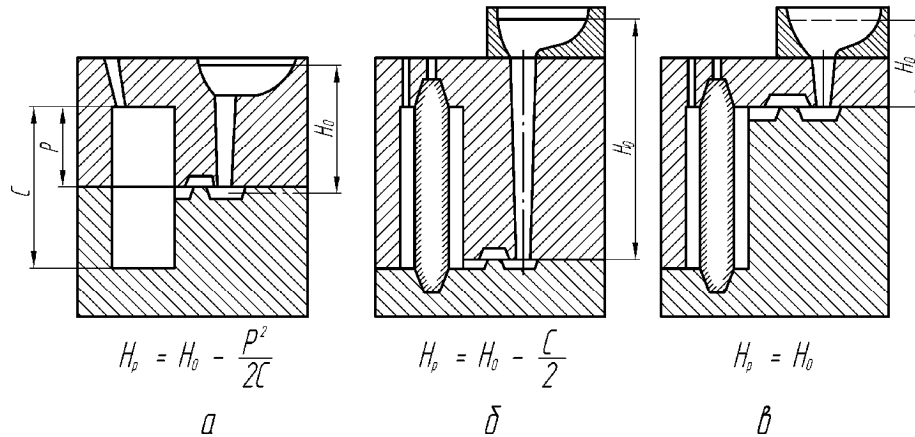


Рис. 188. Схема к расчету среднего металлостатического напора расплава в форме

В табл. 81 приведены соотношения между сечением элементов литниковой системы.

Таблица 81

| Соотношение между сечениями литниковой системы |                                    |                                   |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Характеристика отливки                         | Рекомендуемые соотношения размеров | Характеристика литниковой системы |
| Мелкие и средние отливки из чугуна             | 1,0 : 1,1 : 1,2                    | Сужающаяся                        |
| Крупные отливки из серого чугуна               | 1,0 : 1,2 : 1,4                    | То же                             |
| Мелкие стальные отливки                        | 1,0 : 1,1 : 1,2                    | « «                               |
| Средние и крупные стальные отливки             | (1,0-1,5) : 1,0 : 1,0              | Расширяющаяся                     |
| Отливки из алюминиевых сплавов                 | 3,0 : 2,0 : 1,0                    | То же                             |
| Отливки из медных сплавов                      | 1,0 : (1,5-1,7) : (0,75-1,0)       | Комбинированная                   |

Контрольные вопросы.

1. Из каких элементов состоит типичная литниковая система?
2. Как рассчитать оптимальную продолжительность заливки в форме?
3. Сформулируйте принципы выбора места подвода металла к полости формы?
4. Что такое узкое место литниковой системы?
5. Какой элемент играет роль узкого места при литье стали, чугуна?

6. Сформулируйте требования, предъявляемые к литниковой системе?
7. Что такое оптимальная продолжительность заливки?
8. Дайте характеристику тормозящих дождевых и дроссельных систем?
9. Опишите последовательность расчета литниковой системы при литье из поворотного ковша?
10. В чем состоят особенности расхода литниковых систем для отливок из ковкого чугуна?

## **ЛЕКЦИЯ 29.**

### **ТЕМА: ХОЛОДИЛЬНИКИ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ И ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК**

План лекции

1. Холодильники внутренние и наружные.
2. Выбор места установки холодильников.
3. Методы расчета холодильников.

*Внутренние холодильники.* Этот тип холодильников обеспечивает равномерное направленное затвердевание стенок отливки. При правильном расположении внутренних холодильников происходит выравнивание скорости охлаждения различных частей отливки, что приводит к снижению литейных напряжений. На основании исследования процессов, сопровождающих затвердевание стали с внутренними холодильниками установлено:

1. Установка внутренних холодильников приводит к понижению однородности свойств стали в отливке.

2. При правильном расположении внутренних холодильников происходит выравнивание скорости охлаждения различных частей отливки, что приводит к снижению литейных напряжений, уменьшению ликвации углерода, серы и фосфора и понижению расхода стали для пополнения образовавшегося объема усадочной раковины.

3. Необеспечение направленного затвердевания в междухолодильниковом пространстве и связанное с этим недостаточное питание приводят к развитию межденритной пористости в таком пределе, при котором она переходит в усадочную рыхлость и получается связанное с этим понижение пластических свойств стали в отливке.

Внутренние холодильники устанавливаются при сборке формы. В форме холодильники устанавливаются на гвоздях или специальных угольниках, которые вставляются в наколы, выполненные в форме перед ее сушкой. При установке большого количества холодильников в формы они укладываются крест-накрест штабелем, причем плотность укладки их снизу вверх уменьшается. Расстояние от поверхности отливки до холодильников должно быть не

менее двух диаметров самих холодильников.

Излишне большое количество внутренних холодильников при их неравномерной укладке приводит к быстрому загустению залитой в форму стали. Результатом этого явления будет появление междендритной пористости.

Ржавчина и окалина на поверхности холодильников способствуют образованию в отливке газовых раковин, что приводит к полной или частичной несвариваемости холодильников с основным металлом в форме. В результате механическая прочность отливки понижается.

Во избежание окисления поверхности холодильников форма после постановки их должна быть залита не позднее как через 3-4 часа. Сушка формы со вставленными в нее холодильниками не рекомендуется, так как это способствует окислению поверхности холодильников.

Материал внутреннего холодильника принимается близким по химическому составу к материалу отливки. В качестве материала для холодильника может приниматься проволока диаметром 6-12 мм прутковая сталь, стружка, гвозди специальные и строительные, обрезки от поковок и проката (при крупных отливках). Перед постановкой холодильника в форму поверхность его должна быть очень хорошо очищена от окалины, грязи, масла и т.д. Стружку, применяемую в качестве холодильника, прокаливают в печи.

Для определения веса холодильников можно рекомендовать формулу Ю.А. Нехендзи, основанную на определении разности количества тепла между толстой (охлаждаемой) и тонкой частью отливки и на приравнении ее количеству тепла, которое поглощает холодильник [2]:

$$g_x (c_x \Delta T + \omega) = (g_1 - g_2) \times [c(T_{\text{ж}} - T_3) + \omega];$$
$$g_x = \frac{(g_1 - g_2) \times [c(T_{\text{ж}} - T_3) + \omega]}{c_x \Delta T + \omega} \approx 0,28(g_1 - g_2),$$

где  $g_x$  – вес внутреннего холодильника, кг;  $g_2$  – вес толстой (охлаждаемой) части отливки, кг;  $g_1$  – вес тонкой части отливки, кг;  $c$  – теплоемкость материала отливки (принимается  $c = 0,195$  ккал/кг<sup>0</sup>С);  $T_{\text{ж}}$  – температура жидкого металла (во время заливки);  $T_3$  – температура затвердевания металла (для упрощения расчета принимается  $T_{\text{ж}} - T_3 = 100$  °С);  $\omega$  – скрытая теплота затвердевания (принимается  $\omega = 64$  ккал/кг);  $c_x$  – теплоемкость материала холодильника ( $c_x = 0,16$  ккал/ кг<sup>0</sup>С);  $\Delta T$  – подъем температуры холодильника за период затвердевания (принимается  $\Delta T = 1450$  °С).

В табл. 82 практические данные о весе холодильников в зависимости от веса отливки. На рис. 189, А приводятся различные способы крепления холодильников в форме, на рис. 189, Б – способы охлаждения узлов отливки при помощи разных видов холодильников.

Для определения веса холодильника может быть использована диаграмма, приведенная на рис. 190 [2]. Коэффициент скорости охлаждения ме-

талла в узле определяется как отношение веса охлажденного узла к его объему. Расчет ведется в дециметрах. Величина веса холодильника, взятая по диаграмме, является максимально допустимой.

Таблица 82

| Вес внутренних холодильников, % от веса отливки |                                   |                          |
|---|-----------------------------------|--------------------------|
| Характер отливки                                | Материал холодильников            |                          |
|   | прутковое железо, обрезки проката | гвозди, шпильки, стружка |
| Мелкие и средние отливки                        | 2-5                               | 4-6                      |
| Крупные отливки (шаботы, копровые бабы и т.д.)  | 5-10                              | -                        |

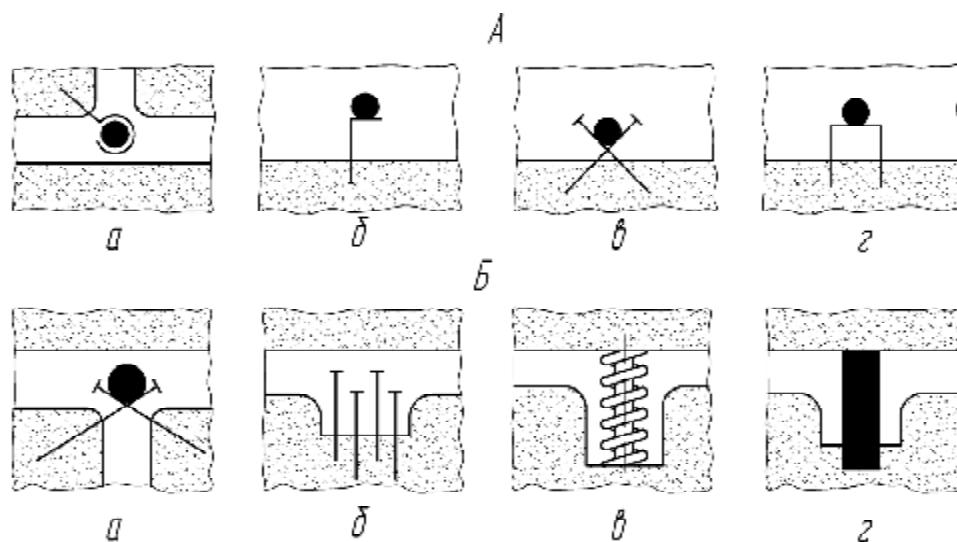


Рис. 189. Виды холодильников и методы их крепления:

*A* – способы крепления: *a* – на круглом крючке; *б* – на прямом крючке; *в* – на двух гвоздях; *г* – на скобе; *Б* – виды холодильников: *a* – охлаждение узла прутком на гвоздях; *б* – охлаждение бобышек гвоздями; *в* – охлаждение бобышек проволоочной спиралью; *г* – охлаждение бобышек прутком, установленным в знаке

Диаметр холодильника  $d_x$  выбирается в зависимости от размера охлаждаемого узла  $D_y$  в соотношении

$$d_x = \frac{1}{4} D_y \div \frac{1}{10} D_y$$

или соответственно 6,25-1,0 % от площади захолаживаемого узла. В тех случаях, когда используются в качестве холодильника спирали с сердечником, руководствуются принципом более рассредоточенного их действия. В этом случае диаметр проволоки спирали  $d_{сп}$  определяется по отношению к диаметру захолаживающего узла  $D_y$  по формуле

$$d_{\text{сп}} = \frac{1}{15} D_y \div \frac{1}{20} D_y,$$

а диаметр прутка-сердечника  $d_{\text{пр}}$  – из соотношения

$$d_{\text{пр}} = \frac{1}{7} D_y \div \frac{1}{10} D_y$$

или приблизительно  $d_{\text{пр}} = 2d_{\text{сп}}$ . Соотношения площадей проволоки спирали, прутка и захлаживаемого узла составляют 0,44-0,25 % для спирали и 2,0-1,0 % для прутка.

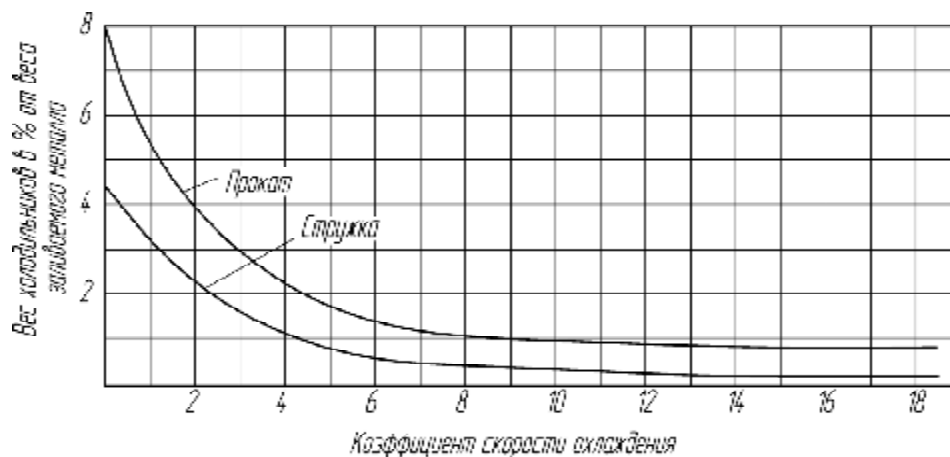


Рис. 190. Диаграмма для определения веса холодильников

С целью предотвращения понижения механических свойств стали в захлаживаемой части отливки рекомендуется вес холодильника брать не больше 5 % от веса охлаждаемой части отливки. Для неотчетливых узлов отливок эта величина может быть повышена до 6-7 %. При изготовлении особо крупных отливок (шаботы и т.д.) вес холодильников может быть увеличен до 10 %. Расположение холодильников может стать причиной ряда дефектов в отливке. Горизонтальные поверхности холодильников могут вызвать газовые пузыри и раковины. Располагать холодильники нужно так, чтобы газы, выделяющиеся при соприкосновении расплавленного металла с холодильником, спокойно удалялись и не задерживались в затвердевающем слое металла. На рис. 191 приводятся примеры правильного и неправильного расположения холодильников.

При установке гвоздей рядами для захлаживания участков отливок типа фланцев толщиной около 30 мм при плохой свариваемости создаются слабину, расположенные перпендикулярно к направлению действующих усилий, что обычно приводит к образованию трещин. В этом случае лучше ставить холодильник в виде рамки. При охлаждении большого вертикального

участка холодильники нужно располагать по вертикали, и они должны быть поставлены из круглого железа. На основании опыта Невского завода имени Ленина можно считать целесообразным расположение холодильников по направлению питания. Это дает возможность резко сократить образование внутренних пороков в отливках.

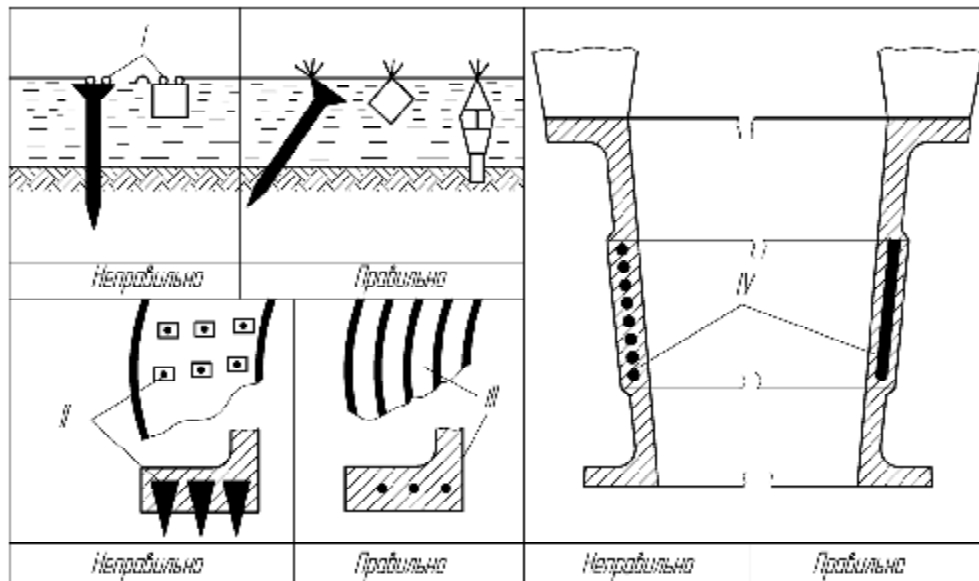


Рис. 191. Правильное (справа) и неправильное (слева) положение внутренних холодильников в форме:  
 I – газové пузыри, образующиеся на горизонтальной поверхности;  
 II – подкорковые гвозди, создающие плоскости «слабины»; III – рамка из круглого железа; IV – холодильники в виде круглого железа, расположенные поперек питания (слева) и в направлении питания (справа)

Расстояние между холодильниками с толщиной проволоки до 6 мм обычно принимается 120-140 мм, для более толстых холодильников – 150-250 мм. Длина прутков толщиной до 6 мм не превышает 300-400 мм, а более толстых 400-800 мм.

*Наружные холодильники.* Эффективность наружных холодильников ниже внутренних, но используются они чаще, благодаря тому, что не нарушают однородности отливки и не создают опасности образования газовых раковин от окисленной своей поверхности.

Внешние холодильники применяются для выравнивания охлаждения узлов, фланцев, полок и т.д. На рис. 192 приводятся примеры охлаждения элементов отливки. На рис. 193 приводится схема комбинированного охлаждения крестообразного узла.

Размеры холодильников для фланцев и узлов принимаются в соответствии с данными табл. 83. Нетехнологичная конструкция отливки заставляет прибегать к частому использованию холодильников. Примером могут служить отливки с крестообразными «термическими узлами»; получить такие

отливки без усадочной раковины обычным путем невозможно без переконструирования их.

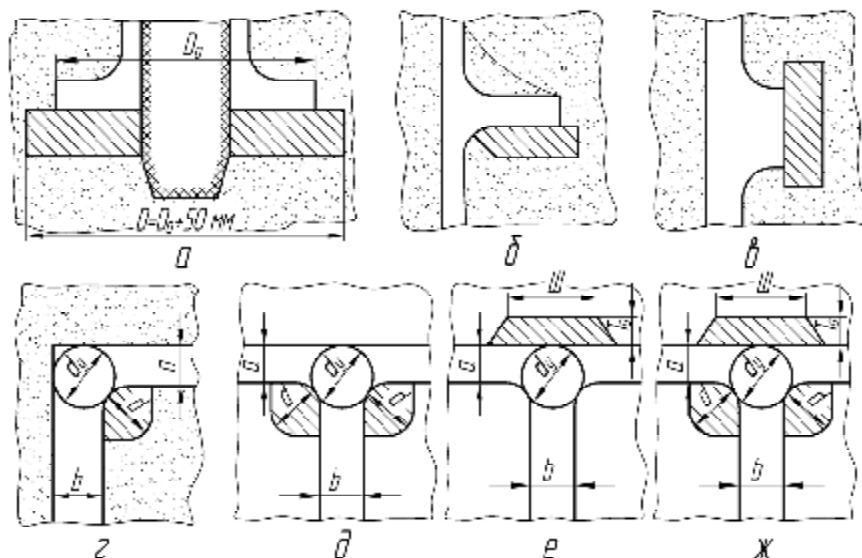


Рис. 192. Расположение наружных холодильников:

*a* – охлаждение фланца дисковым холодильником; *б* – охлаждение полки кронштейна пластинчатым холодильником; *в* – охлаждение бобышки пластинчатым холодильником; *г* – охлаждение прямого узла фасонным холодильником; *д* – охлаждение Т-образного узла двумя фасонными холодильниками; *е* – охлаждение Т-образного узла пластинчатым холодильником; *ж* – охлаждение Т-образного узла двумя фасонными и одним пластинчатым холодильником

Таблица 83

Размеры холодильников для различных узлов отливки

| Вид узла и положение холодильника        | Размеры узлов, мм |          | Размеры холодильника, мм |              |              |
|--|-------------------|----------|--------------------------|--------------|--------------|
|  | <i>a</i>          | <i>b</i> | <i>d</i>                 | $T_0$        | Ш            |
| Прямой узел<br>(рис. 192, <i>г</i> )     | до 25             | до 25    | $(0,5-0,8)d_y$           | -            | -            |
|  | свыше 25          | свыше 25 | $(0,5-0,8)d_y$           | -            | -            |
|  | до 25             | свыше 25 | $(0,4-0,6)d_y$           | -            | -            |
| Т-образный узел<br>(рис. 192, <i>д</i> ) | до 20             | свыше 20 | $(0,5-0,6)d_y$           | -            | -            |
|  | до 20             | до 20    | $(0,3-0,4)d_y$           | -            | -            |
|  | свыше 20          | свыше 20 | $(0,5-0,6)d_y$           | -            | -            |
|  | свыше 20          | до 20    | $(0,3-0,4)d_y$           | -            | -            |
| То же<br>(рис. 192, <i>е</i> )           | до 20             | свыше 20 | -                        | $(0,5-0,6)a$ | $(2,5-3,0)b$ |
|  | до 20             | до 20    | -                        | $(0,5-0,6)a$ | $(2,0-2,5)b$ |
|  | свыше 20          | свыше 20 | -                        | $(0,6-0,8)a$ | $(2,5-3,0)b$ |
|  | свыше 20          | до 20    | -                        | $(0,6-0,8)a$ | $(2,0-2,5)b$ |
| То же<br>(рис. 192, <i>ж</i> )           | до 20             | свыше 20 | $(0,4-0,5)d_y$           | $(0,4-0,5)a$ | $(2,5-3,0)b$ |
|  | до 20             | до 20    | $(0,3-0,4)d_y$           | $(0,4-0,5)a$ | $(2,0-2,5)b$ |
|  | свыше 20          | свыше 20 | $(0,4-0,5)d_y$           | $(0,5-0,6)a$ | $(2,5-3,0)b$ |
|  | свыше 20          | до 20    | $(0,3-0,4)d_y$           | $(0,5-0,6)a$ | $(2,0-2,5)b$ |

*Использование наружных холодильников.*

*Сталь.* Применение наружных холодильников позволяет обеспечить направленность затвердевания стали и предупредить образование усадочных явлений и трещин в различных сочленениях стенок и местах скопления металла.

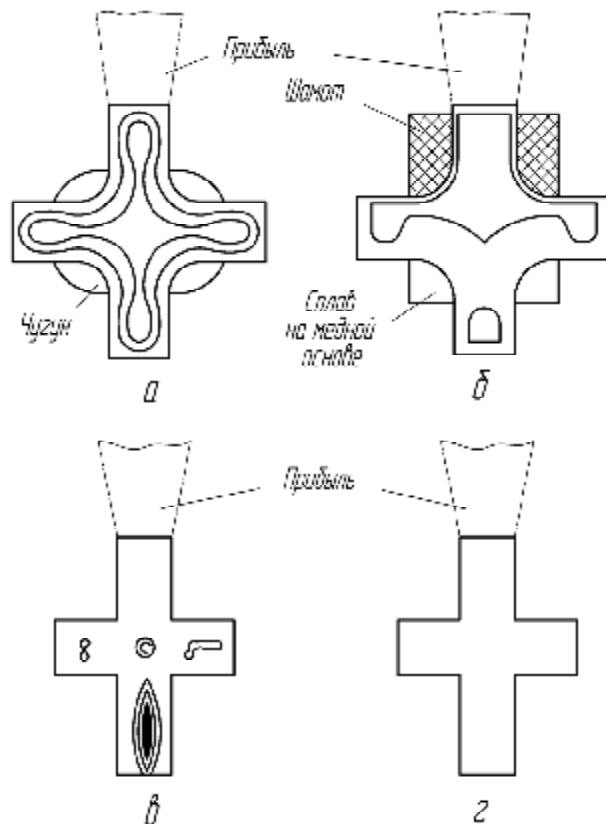


Рис. 193. Схема затвердевания крестообразного узла отливки: а – при применении только металлических холодильников; б – при применении теплоизоляционных и холодильных материалов; в – схема дефекта, обнаруженного рентгеном при затвердевании соответственно по схеме а; г – отливка без дефектов

Влияние наружных холодильников на толщину отвержденного слоя стали марки 35Л в зависимости от времени охлаждения можно проследить на рис. 194.

Нижняя кривая соответствует затвердеванию в обычной песчаной форме без холодильника; верхняя – затвердеванию в обычной металлической форме; промежуточные соответствуют холодильникам различной толщины.

На рис 195 в относительных координатах представлена зависимость размера твердого слоя в утолщении от сечения холодильника. Исследования показывают, что при утолщении, составляющем более 50 % от толщины основной стенки, выровнять время затвердевания при помощи стального или чугунного холодильника в обычной песчаной форме невозможно. Минималь-



ные размеры плоских холодильников, служащих для ликвидации обособления жидкого металла при затвердевании утолщений, приведены в табл. 84.

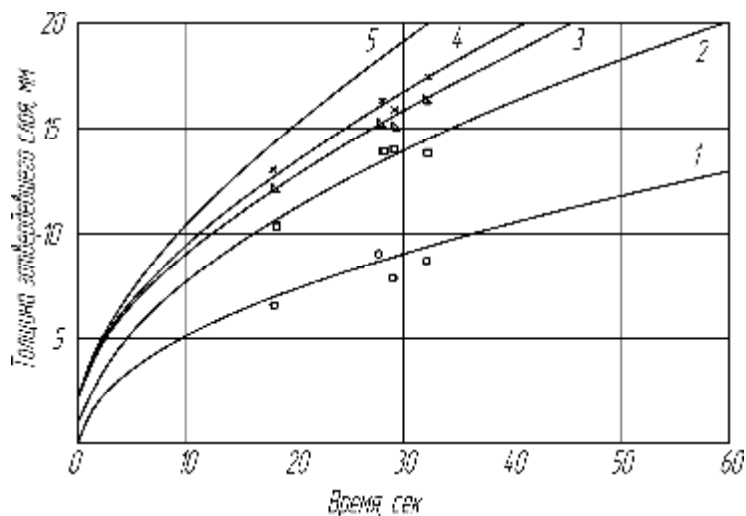


Рис. 194. Кривые затвердевания стали 35Л в форме с холодильниками различной толщины:

1 – песчаная форма без холодильника,  $K = 1,3$ ; 2 – холодильник толщиной 10 мм,  $K = 2,0$ ; 3 – холодильник толщиной 30 мм,  $K = 2,3$ ; 4 – холодильник толщиной 45 мм,  $K = 2,4$ ; 5 – металлическая стенка,  $K = 2,5$ ; где  $K$  – коэффициент затвердевания см/мин 0,5

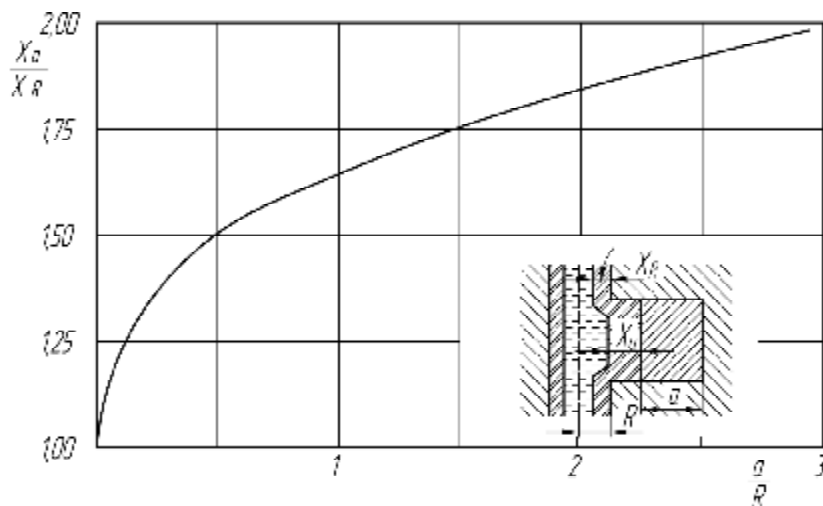


Рис. 195. Зависимость скорости затвердевания стали 35Л от толщины холодильника

Наиболее благоприятной формой сечения холодильника является трапеция. При этом его охлаждающее действие к краям постепенно снижается и не вызывает резких перепадов температуры в сопряжении поверхностей холодильника и песчаной стенки.

Наружные холодильники могут быть прямолинейные круглого, квадратного или иного профиля; криволинейные постоянного профиля и фасон-

ные переменного профиля. Холодильники из проката используются для толстостенных отливок, чугунные – при производстве тонкостенных стальных отливок. Холодильники могут контактировать непосредственно с отливкой (через изолирующий слой краски) или через слой формовочной смеси. При этом холодильники могут быть с регулируемым отбором тепла при помощи прохождения в них воздуха, воды, пара и т.д.

Таблица 84

| Размеры плоских холодильников |  |      |    |
|-------------------------------|--|------|----|
| Толщина основной стенки, мм   | Высота утолщения, % от толщины основной стенки |      |    |
|                               | 25   | 37,5 | 50 |
| Толщина холодильников, мм     |  |      |    |
| 10                            | 3  | 8    | 15 |
| 20                            | 5  | 15   | 30 |
| 30                            | 8  | 23   | 45 |
| 40                            | 10   | 30   | 60 |
| 50                            | 13   | 38   | 75 |

Наряду с металлическими холодильниками используют захлаживающие смеси, которые формируют выступающие части стержней или форм, подверженных интенсивному нагреву заливаемой сталью. В состав смеси входят хромомagnesит, хромит, магнезит, чугунная дробь, металлическая стружка и др.

Для стальных отливок рекомендуется определять размеры наружных холодильников из чугуна на основе отношений из табл. 85.

Для внутренних холодильников рекомендуются отношения, приведенные в табл. 85.

Таблица 85

| Тип сопряжения стенок отливки  | L-образный | T-образный | X-образный |
|--|------------|------------|------------|
| Диаметр внутреннего холодильника относительно толщины основной стенки, % | 27         | 50         | 70         |

Если в течение всего процесса заливки формы место расположения наружного холодильника промывается жидким металлом, то в подобных случаях снижается эффективность действия холодильника. На рис. 196 приведены примеры использования внешних холодильников для ликвидации ряда дефектов.

*Чугун.* Регулирование скорости охлаждения тепловых узлов отливки производится с помощью внутренних и наружных холодильников. Установка холодильников ускоряет охлаждение тепловых узлов, что необходимо для обеспечения направленного или объемного затвердевания отливки. Ускоряя охлаждение узла, холодильник предотвращает образование в нем усадочной раковины, так как теперь узел успевает пропитаться за счет позднее затвердевающих частей отливки. Ускорение охлаждения массивных сечений

отливок холодильниками, способствуя выравниванию скорости охлаждения, может привести к уменьшению внутренних напряжений, снижению коробления отливки и опасности образования трещин.

Наружные холодильники делаются чаще всего из стали, а фасонные отливаются из чугуна. Максимальная толщина плоских наружных холодильников обычно не превышает 70 мм, наибольший диаметр крупных наружных холодильников из прутка – 40-45 мм.

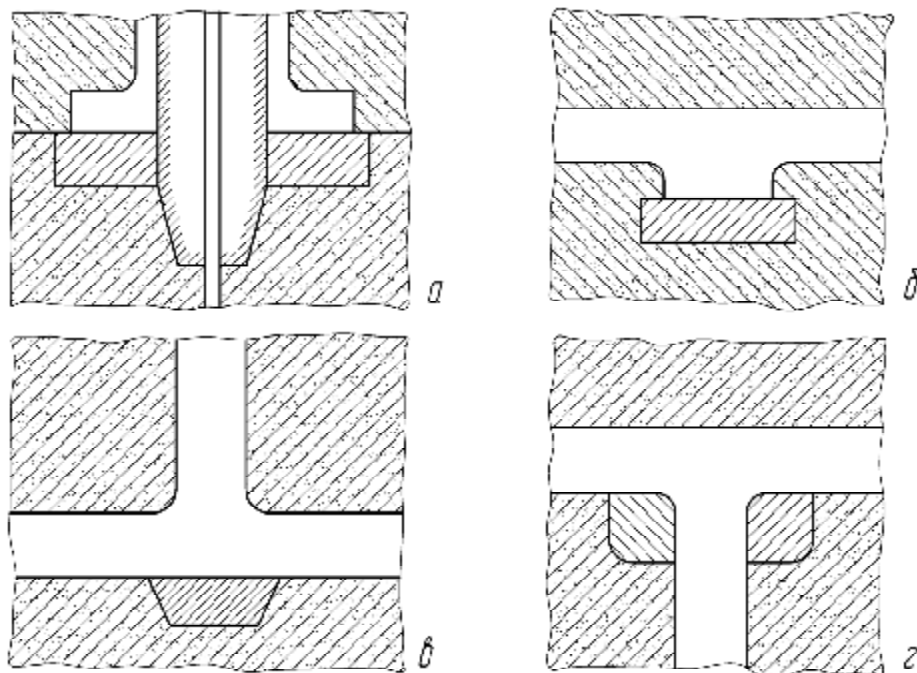


Рис. 196. Применение внешних холодильников

При использовании холодильников рекомендуется:

- площадь наружных холодильников должна быть меньше площади охлаждаемого теплового узла во избежание преждевременного затвердевания прилегающих к теплому узлу частей отливки, через который поступает жидкий металл от прибыли;

- в качестве наружных холодильников можно использовать введение воды в необходимые места верхней полуформы после образования корки затвердевшего металла;

- наружные холодильники должны быть не сплошными, а в виде отдельных плиток, брусков и т.д. Зазоры между отдельными холодильниками необходимо тщательно заделывать во избежание появления заливов;

- масса внутренних холодильников не должна превышать 4,0-4,5 % массы охлаждаемого узла отливки, иначе не произойдет их прочное соединение со сплавом отливки.

Расчет различных холодильников (плоских, угловых, внутренних, на-

ружных) для различных сталей и чугунов может выполняться в составе автоматизированной системы «Моделирование объемного и направленного отверждения».

Контрольные вопросы.

1. Что такое внутренние холодильники?
2. Сформулируйте требования к внутренним холодильникам?
3. Опишите конструктивные типы внутренних холодильников?
4. Способы установки в форме наружных холодильников?
5. Что такое наружные холодильники?
6. Требования к материалу холодильников?
7. Определить массу внутренних холодильников, их тип и размеры?
8. Определить толщину наружных холодильников?

### **ЛЕКЦИЯ 30.**

#### **ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАБАРИТОВ ОПОК И РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЯ ФОРМ**

План лекции

1. Требования к размещению отливок в форме.
2. Принципы выбора опок.
3. Загрузка собранных форм, определение веса груза.

Размеры опок определяют после выбора положения модели в форме, поверхности разъема, а также величины и конфигурации знаков стержней.

При выборе размеров опок руководствуются тем, что должен максимально использоваться объем литейной формы и обеспечиваться прочность формы при изготовлении, транспортировке и заливке металлом. При размещении отливок в форме необходимо учитывать, что подвод металла к каждой отливке следует осуществлять в одни и те же места, чтобы обеспечить одинаковые условия формирования отливок, а значит и их качество. Выбор размеров опок производится одновременно с выбором машин для изготовления форм с целью более полной их загруженности.

За основу при определении размеров опок принимают наименьшую допустимую толщину слоя смеси, окружающую отливку. Этот слой должен быть достаточно прочным, чтобы не разрушаться под давлением жидкого металла при заливке формы.

Расстояние между моделью и стенками опоки для отливок различной массы определяется по табл. 86, 87 и рис. 197, 198.

Размеры А, Б и В определяются по табл. 86, 87 в зависимости от веса и

высоты отливки ( $H, H_1$ ). Расстояние  $t$  принимается равным не менее 20 мм. Расстояние от модели до кромки опоки  $K$  принимается равным  $1,2B$ . Размеры,  $A$  и  $B$  определяются по табл. 86, 87.

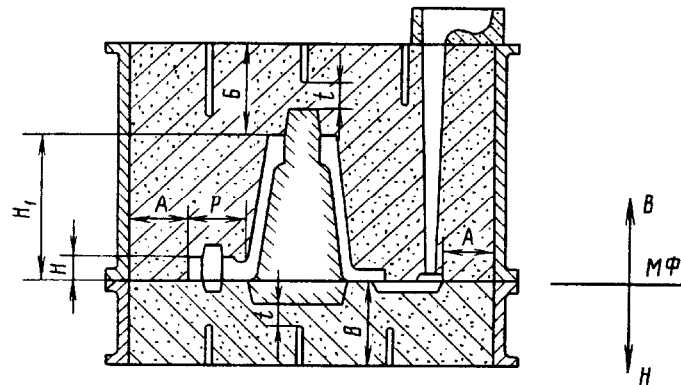


Рис. 197. Схема определения расстояния между моделью и стенками опоки при горизонтальной заливке:

$H$  – высота части отливки с минимальным расположением от стенки опоки;  $H_1$  – максимальная высота отливки;  $A$  – расстояние между моделью, краем литниковой системы и боковыми стенками опоки;  $B$  – расстояние между отливкой и верхом опоки;  $B$  – расстояние между отливкой и низом опоки;  $t$  – расстояние от знака модели до шпон опоки;  $F$  – допустимая длина (ширина, диаметр) части модели, при которой за высоту в табл. 86, 87 принимается  $H_1$ , при  $P \geq 50$  мм за высоту принимать  $H$ .

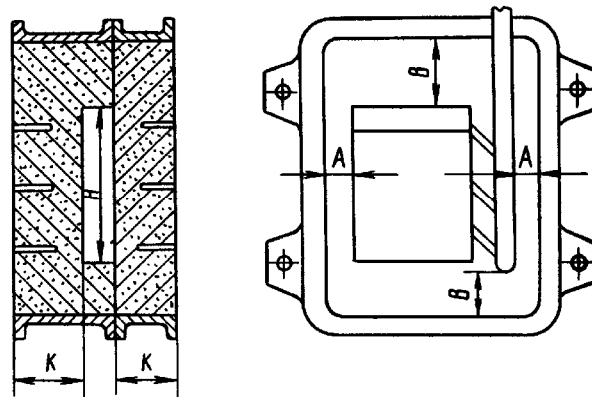


Рис. 198. Схема для определения расстояния между моделью и стенками опок при вертикальной заливке

Расстояние между двумя моделями, формируемыми в одной опоке, принимается равным:

- при формовке в опоках с размерами  $400 \times 500$  мм – 0,8-1,0  $A$ ;
- при формовке в опоках с размерами  $700 \times 800$  мм – 1,1-1,2  $A$ ;
- при формовке в опоках с размерами  $1200 \times 900$  мм – 1,3-1,5  $A$ ;
- при формовке в опоках с размерами  $1200 \times 1600, 1600 \times 2000, 1600 \times 2500$  мм – 2,0-2,5  $A$ .

Таблица 86

Расстояние моделей от стенки и ребер опок при ручной формовке, мм

| Масса отливки, кг | А при $H$ или $H_1$ |       |        |         |         |         |         |         |          |           |           |           |           | Б   | В   |
|-------------------|---------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
|                   | до 50               | 26-50 | 51-100 | 101-150 | 151-200 | 201-400 | 401-600 | 601-800 | 801-1000 | 1001-1200 | 1201-1400 | 1401-1600 | 1601-1800 |     |     |
| до 5              | 30                  | 40    | 40     | 40      | 50      | 50      | -       | -       | -        | -         | -         | -         | -         | 35  | 40  |
| 6-10              | 40                  | 40    | 40     | 50      | 50      | 50      | -       | -       | -        | -         | -         | -         | -         | 40  | 50  |
| 11-25             | 40                  | 40    | 40     | 50      | 50      | 50      | -       | -       | -        | -         | -         | -         | -         | 50  | 60  |
| 26-50             | 40                  | 40    | 50     | 50      | 50      | 60      | 60      | 70      | -        | -         | -         | -         | -         | 70  | 80  |
| 51-100            | 40                  | 50    | 50     | 50      | 60      | 60      | 70      | 70      | 80       | 80        | -         | -         | -         | 80  | 90  |
| 101-250           | 50                  | 50    | 50     | 60      | 60      | 70      | 70      | 80      | 80       | 90        | 90        | 100       | -         | 90  | 100 |
| 251-500           | 60                  | 60    | 70     | 70      | 80      | 80      | 90      | 90      | 90       | 100       | 100       | 130       | -         | 100 | 125 |
| 501-1000          | -                   | 80    | 80     | 90      | 90      | 100     | 100     | 100     | 130      | 130       | 150       | 150       | 170       | 150 | 175 |
| 1001-2000         | -                   | 90    | 100    | 100     | 100     | 130     | 130     | 130     | 150      | 150       | 150       | 170       | 180       | 175 | 200 |
| 2001-3000         | -                   | 100   | 100    | 100     | 130     | 130     | 130     | 150     | 150      | 170       | 170       | 190       | 200       | 200 | 250 |
| 3001-4000         | -                   | 100   | 130    | 130     | 150     | 150     | 150     | 170     | 170      | 190       | 190       | 200       | 200       | 225 | 275 |
| 4001-5000         | -                   | -     | 130    | 150     | 150     | 150     | 180     | 180     | 180      | 200       | 200       | 230       | 230       | 250 | 300 |
| 5001-10000        | -                   | -     | 175    | 200     | 200     | 220     | 220     | 240     | 240      | 260       | 260       | 280       | 280       | 300 | 350 |

Таблица 87

## Расстояние моделей от стенки и ребер опок при машинной формовке, мм

| Масса отливки, кг | А при $H$ или $H_1$ |       |        |         |         |         |         |         |          |           |           |           |           | Б   | В   |
|-------------------|---------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
|                   | до 50               | 26-50 | 51-100 | 101-150 | 151-200 | 201-400 | 401-600 | 601-800 | 801-1000 | 1001-1200 | 1201-1400 | 1401-1600 | 1601-1800 |     |     |
| до 5              | 20                  | 30    | 30     | 30      | 40      | 40      | -       | -       | -        | -         | -         | -         | -         | 35  | 40  |
| 6-10              | 30                  | 30    | 30     | 40      | 40      | 40      | -       | -       | -        | -         | -         | -         | -         | 40  | 50  |
| 11-25             | 30                  | 30    | 30     | 40      | 40      | 40      | -       | -       | -        | -         | -         | -         | -         | 50  | 60  |
| 26-50             | 30                  | 30    | 40     | 40      | 40      | 50      | 50      | 50      | -        | -         | -         | -         | -         | 70  | 80  |
| 51-100            | 30                  | 40    | 40     | 40      | 50      | 50      | 50      | 50      | -        | -         | -         | -         | -         | 80  | 90  |
| 101-250           | 40                  | 40    | 40     | 50      | 50      | 50      | 60      | 60      | 60       | 70        | 70        | 80        | -         | 90  | 100 |
| 251-500           | 40                  | 40    | 50     | 50      | 60      | 60      | 70      | 70      | 70       | 80        | 80        | 100       | -         | 100 | 125 |
| 501-1000          | -                   | 60    | 60     | 70      | 70      | 80      | 80      | 80      | 100      | 100       | 120       | 120       | -         | 150 | 175 |
| 1001-2000         | -                   | 70    | 80     | 80      | 100     | 100     | 100     | 100     | 120      | 120       | 120       | 140       | -         | 175 | 200 |
| 2001-3000         | -                   | 80    | 80     | 80      | 100     | 100     | 100     | 120     | 120      | 140       | 140       | 160       | -         | 200 | 250 |
| 3001-4000         | -                   | 80    | 100    | 100     | 120     | 120     | 120     | 140     | 140      | 160       | 160       | 180       | -         | 225 | 275 |
| 4001-5000         | -                   | -     | 100    | 125     | 125     | 125     | 150     | 150     | 150      | 170       | 175       | 200       | -         | 250 | 300 |

Формы высотой более 1 м необходимо устанавливать в яму-кессон и дополнительно забивать формовочной смесью.

Расстояние между смежными моделями по мере увеличения высоты и протяженности сопрягаемых поверхностей необходимо увеличивать, особенно в верхних полуформах, в целях удержания на весу выступающих болванов, образующихся между моделями.

Для изготовления форм могут использоваться цельнолитые опоки из стали, чугуна и легких цветных сплавов, сварные из проката и литых стальных элементов и сборные из стальных и чугунных элементов.

*Загрузка собранных форм, расчет груза.* После изготовления полуформ осуществляют сборку формы и ее крепление. Крепление может производиться за счет наложения груза на верхнюю полуформу или применения специальных скоб. Для определения массы груза или расчета прочности скоб необходимо знать усилия, действующие на верхнюю полуформу.

При заливке форм без стержней, например, типа плиты (рис. 199), возникающее от действия усилие на верхнюю полуформу ( $P_{\phi}$ ) можно определить из уравнения

$$P_{\phi} = H \times F \times \rho_{\text{Me}} \times q,$$

где  $H$  – высота столба металла от уровня в чаше до поверхности приложения силы, м;  $F$  – горизонтальная проекция поверхности приложения силы, м<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{Me}}$  – плотность металла, кг/м<sup>3</sup>;  $q$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

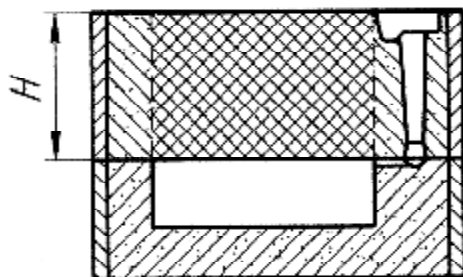


Рис. 199.

Для определения усилия  $P_{\text{расч}}$ , которое должно выдержать крепление опок за счет скоб или груза, из  $P_{\phi}$  необходимо вычесть усилие, создаваемое верхней полуформой, т.е.

$$P_{\text{расч}} = q \times (H \times F \times \rho_{\text{Me}} - Q),$$

где  $Q$  – масса верхней полуформы, кг.

Масса груза  $M$ , необходимого для крепления полуформ, определится как



$$M = H \times F \times \rho_{\text{Me}} - Q.$$

Чтобы учесть гидравлический удар металла при заполнении формы нужно полученный результат увеличить на 30 %. Тогда

$$M = 1,3 \times (H \times F \times \rho_{\text{Me}} - Q).$$

Из рис. 199 видно, что  $P_{\text{ф}}$ , действующее на горизонтальную площадь формы, равно весу столба металла над отливкой высотой до уровня металла в литниковой чаше или воронке. Поэтому при изготовлении более сложных форм  $P_{\text{ф}}$  проще определить по уравнению

$$P_{\text{ф}} = q \times \rho_{\text{Me}} \times (V_{\text{общ}} - V_{\text{отл}}),$$

где  $V_{\text{общ}}$  – общий объем столба металла в верхней полуформе, включая объем отливки,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{отл}}$  – объем отливки в верхней полуформе,  $\text{м}^3$ .

Остальные пункты определения  $M$  груза выполняются в такой же, как рассмотрено выше, последовательности.

При заливке форм со стержнями, например, типа втулки (рис. 200), на верхнюю полуформу дополнительно оказывает влияние усилие от всплытия стержня  $P_{\text{с}}$ , т.е.

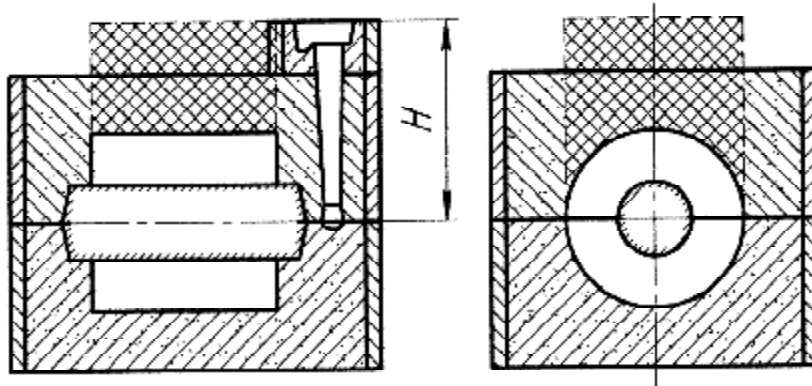


Рис. 200.

$$P_{\text{с}} = q \times V_{\text{ст}} \times (\rho_{\text{Me}} - \rho_{\text{ст}}),$$

где  $V_{\text{ст}}$  – объем тела стержня,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{ст}}$  – плотность стержня,  $\text{м}^3$ .

Тогда

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{ф}} + P_{\text{с}}.$$

Или

$$P_{\text{общ}} = q \times [\rho_{\text{VT}} \times (V_{\text{общ}} - V_{\text{отл}}) + V_{\text{ст}} \times (\rho_{\text{Ме}} - \rho_{\text{ст}})].$$

С учетом веса верхней полуформы

$$P_{\text{расч}} = q \times [\rho_{\text{Ме}} \times (V_{\text{общ}} - V_{\text{отл}}) + V_{\text{ст}} \times (\rho_{\text{Ме}} - \rho_{\text{ст}}) - Q].$$

Масса груза в этом случае

$$M = \frac{P}{q} = \rho_{\text{Ме}} \times (V_{\text{общ}} - V_{\text{отл}}) + V_{\text{ст}} \times (\rho_{\text{Ме}} - \rho_{\text{ст}}) - Q.$$

С учетом гидравлического удара

$$M = 1,3 \times [\rho_{\text{Ме}} \times (V_{\text{общ}} - V_{\text{отл}}) + V_{\text{ст}} \times (\rho_{\text{Ме}} - \rho_{\text{ст}}) - Q].$$

Контрольные вопросы.

1. Опишите последовательность операций по сборке форм под заливку?
2. Сущность метода расчета крепления и нагрузки форм?
3. Что лежит в основе метода выбора опок?
4. С помощью каких элементов опок осуществляется сборка форм?
5. На каком этапе получения отливки в ПГ-форме осуществляется укладка груза на форму?
6. Последовательность расчета груза для форм со стержнем?
7. Последовательность расчета груза для форм без стержня?

### **ЛЕКЦИЯ 31.**

#### **ТЕМА: ОФОРМЛЕНИЕ И ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

План лекции

1. Создание чертежа модельных указаний.
2. Требования к чертежу отливки.
3. Разработка и оформление карты технологического процесса изготовления отливки.

Для создания проекта литейной оснастки необходимы следующие до-

кументы: чертеж отливки, чертеж собранной формы, перечень основной, вспомогательной и контрольно-измерительной оснастки. Все эти документы разрабатываются на основе чертежа модельно-литейных указаний, где даны только принципиальные решения технологических вопросов производства отливки. Подробнее эти вопросы прорабатываются, уточняются и корректируются при разработке чертежа собранной формы.

*Чертеж модельно-литейных указаний.* Для создания чертежа модельно-литейных указаний может быть использован рабочий чертеж детали, на котором цветными карандашами наносят следующее:

1. Размеры модели, формы, положение отливки в форме при заливке; показывают верх и низ формы, линии разъемов формы и модели. Для сложных отливок линии разъемов показывают на нескольких проекциях. При неразъемных моделях обозначают только разъем формы. При нескольких разъемах необходимо указывать каждый разъем отдельно. Если положение формы при формовке не совпадает с ее положением при заливке, на чертеже дополнительно указывают положение отливки при заливке. В некоторых случаях для лучшего заполнения используют кантовку формы. Тогда на чертеже модельно-литейных указаний показывают ось вращения формы и угол поворота.

2. Указывают припуски на механическую обработку; выполняемые после отливки механической обработкой отверстия и углубления зачеркивают, обозначают поверхности отливки, на которые даются гарантийные припуски и устанавливаются величины этих припусков.

3. Обозначают стержни, нумеруя их в порядке сборки; показывают форму и размеры знаков, зазоров между знаковой частью формы и знаком, границы стержней, места их стыковки, склейки или спайки; плоскости набивки стержней и плоскости, которые необходимо зачищать. Если на чертеже детали из-за недостатка места нельзя показать знаки стержней в масштабе, то можно сделать разрыв знака или изобразить его, не учитывая масштаб. Также показывают каналы для сбора газов из стержней и места их вывода.

4. Изображают элементы литниково-питающей системы, их форму и размеры. Если на чертеже недостаточно места, можно только показать места сопряжений питателей с телом отливки, а литниковую систему представить отдельным чертежом.

На чертеже должны быть изображены холодильники с указанием их размеров, а также места установки жеребеек. Необходимо также указать места расположения прилитых образцов (проб) для испытания на прочность, металлографических, спектральных и других исследований.

В случае необходимости на чертеже указывают усадочные ребра и стяжки со всеми размерами.

5. На чертеже модельно-литейных указаний необходимо отразить специфические требования к форме, например, нагрев, с указанием температуры отдельных элементов формы, необходимость вакуумного или эжекционного отсоса газов формы, образующихся при заливке, наличие вентиляционных

пробок или других средств для удаления газов из металлической формы.

6. Устанавливают величину литейной усадки, которую необходимо учитывать при разработке чертежа собранной формы и при изготовлении оснастки для данной отливки. Величина усадки зависит не только от свойств данного сплава, но и от конфигурации самой отливки и от температуры формы (например, кокиля), в которой получается отливка. Например, при литье в песчаные формы блоков цилиндра и картеров автомобильных двигателей из алюминиевого сплава, имеющего усадку 1 %, усадка по длине отливки 0,8 %. При литье в кокиль для отливок любых размеров необходимо учитывать подогрев и соответствующее расширение кокиля, имея усадку сплава 1 % и разогрев кокиля до температуры 300 °С, суммарная величина усадки 0,7 %. В некоторых случаях величина усадки в разных направлениях неодинаковая, например, при литье крупногабаритных тонкостенных цилиндрических корпусов усадка по высоте 0,6 %, по диаметру 0,8 %.

7. На чертеже модельно-литейных указаний в случае необходимости указывают величину слоя краски на определенных участках формы и способ ее нанесения.

Таким образом, при разработке чертежа модельно-литейных указаний решают все основные технологические вопросы производства отливок. Правила выполнения чертежей элементов литейной формы устанавливает ГОСТ 3.1125-88, где, однако, приведены не все случаи графического изображения модельно-литейных указаний.

*Чертеж отливки.* На основании чертежа литой детали и чертежа модельно-литейных указаний, выполняется чертеж отливки. Чертеж отливки должен содержать технические требования и все данные, необходимые для разработки чертежа собранной формы, контроля и приемки отливки.

Чертеж отливки имеет в отличие от чертежа литой детали следующее:

1. Обозначение исходных базовых поверхностей для разметки и механической обработки, которые должны быть согласованы с технологической службой литейного цеха и службой механической обработки.

2. Припуски на механическую обработку всех обрабатываемых поверхностей детали, а также всех невыполняемых в отливке отверстий, выточек, обнизок и т.п.

3. Изображение остатков питателей и прибылей, их величины и способы удаления (пила, огневая резка и т.п.).

4. Обозначение формовочных уклонов на всех поверхностях отливки.

5. Обозначение технологических отступлений от чертежа детали (усадочные ребра, стяжки, гарантийные припуски на радиусы и бобышки и т.д.) со всеми необходимыми размерами и пояснениями. То же относится и к технологическим приливам для крепления отливки при механической обработке на станках.

6. Подробное изображение изготавливаемых совместно с отливкой образцов для всех видов испытаний.

7. Указание мест нанесения клейм и маркировки, а также способа их нанесения и размеров надписи.

8. Все необходимые технические требования к отливке.

Чертежи должны соответствовать ГОСТ 3.1125-88 «Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки».

При разработке чертежа собранной формы и проектировании комплекта оснастки для изготовления данной формы может возникнуть необходимость корректировки чертежа отливки. Данные изменения должны согласовываться с разработчиками литой детали.

*Чертеж собранной формы.* Чертеж собранной формы является основным техническим документом, определяющим общую конструкцию формы и параметры технологических элементов. По чертежу собранной формы и чертежу отливки в модельном цехе изготавливается деревянная оснастка. Для изготовления металлической оснастки, а также многоцветных металлических форм необходима дальнейшая конструкторская работа. Чертеж отливки и чертеж собранной формы должны дать конструктору литейной оснастки все необходимые данные для проектирования, а технологу-литейщику – для составления технологии сборки, эксплуатации, заливки и разборки или выбивки формы.

В зависимости от способа литья и сложности отливаемой детали чертеж собранной формы содержит различный объем информации.

Более полную информацию содержат чертежи собранной одноразовой формы, а именно:

- габаритные размеры формы с размерами опок в «свету» и по высоте, размеры сетки ребер;

- число и расположение отливок в форме относительно оси круглого фиксирующего штыря для опочной формовки и относительно оси формы для безопочной формовки, оболочковой или стержневой формы;

- разъем формы и разъемы всех стержней со всеми необходимыми размерами (номера стержням присваивают в порядке их простановки в форму);

- конструкции и размеры знаков всех стержней, базовые поверхности стержней, по которым проверяется их установка в форму, зазоры между отдельными соприкасающимися стержнями, зазоры между знаками стержней и формой;

- обозначения всех плоскостей зачистки, склейки или спайки стержней с указанием величины припуска на зачистку, толщины слоя клея и материала спайки;

- конструкция и компоновка всех элементов формы, предотвращающих заливки, перекосы или всплывание стержней;

- вентиляционная система формы;

- конструкция и параметры литниково-питающей системы;

- холодильники, каркасы и жеребейки (при необходимости выполняют схему простановки холодильников);

- размеры установленных припусков на механическую обработку, специальные гарантированные припуски на ответственных узлах отливки;
- марка сплава данной отливки, величина литейной усадки, температура заливаемого сплава, марка рекомендуемого формовочного оборудования для изготовления форм и стержней.

Подобные сведения в том или ином объеме содержат и чертежи постоянных и полупостоянных форм гравитационного литья, а также чертежи форм специальных видов литья.

Наносить технологию на чертеж модельно-литейных указаний необходимо согласно ГОСТ 3.1125-88.

В табл. 88 приведены примеры выполнения условных обозначений на чертеже модельно-литейных указаний (размеченный чертеж).

Таблица 88

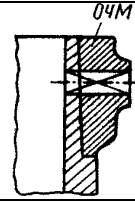
| Условные графические обозначения элементов литейной технологии  |                         |
|---|-------------------------|
| Правило выполнения условных обозначений   | Графическое изображение |
| 1   | 2                       |
| Обозначения разъемов и положения моделей, формы   |                         |
| <p>Прямую плоскость разъема модели и формы изображают на чертеже прямым отрезком основной линии, над которым проставляют буквенное обозначение разъема – МФ. Направление разъема изображают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линией разъема</p>                              |                         |
| <p>Ломаную плоскость разъема модели и формы изображают на чертеже ломаным отрезком основной линии, над которым проставляют буквенное обозначение разъема – МФ. Направление разъема изображают так же, как и при прямом разъеме</p>  |                         |
| <p>То же, что и в п. 1, 2, но при использовании неразъемной модели указывают только буквенное обозначение прямого (или ломаного) разъема – Ф</p>  |                         |
| <p>То же, что в п. 1, 2, но при нескольких разъемах модели и формы каждый разъем прямой (или ломаный) изображают отдельно</p>   |                         |
| <p>Положение отливки в форме обозначают буквами В (верх), Н (низ). Буквы проставляют у стрелок, указывающих направление разъема модели и формы</p>  |                         |
| <p>Если литейная форма формуется в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном, то буквенные обозначения верха и низа у стрелок разъема модели и формы не ставят. Параллельно направлению заливки проводят отрезок основной линии, у стрелок которой проставляют обозначение верха (В) и низа (Н)</p> |                         |

Изображение припусков

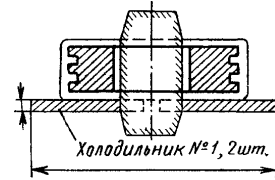
|   |  |
|---|--|
| <p>При несложных отливках припуск на механическую обработку не изображают, а указывают только его величину. Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые литьем, зачеркивают сплошной тонкой линией</p>  |  |
| <p>Припуск на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости детали или величиной уклона и линейными размерами</p>   |  |
| <p>Технологический припуск обозначают буквой Т и цифрой со знаком минус (-) или плюс (+), указывающей его величину. Обозначение и величину припуска проставляют на продолжении размерной линии или после линии выноски</p>  |  |
| <p><b>Изображение и обозначение стержней</b></p>  |  |
| <p>Стержень, его знаки и фиксаторы, стержень-перемычку, разделительную диафрагму легкоотделяемой прибыли, знаки модели изображают сплошной тонкой линией в масштабе чертежа. Проставляют размеры знаков и их зазоры. Стержень в разрезе штрихуют только у контурных линий и обозначают буквами <i>Ст.</i> с указанием порядкового номера <i>Ст. 1</i></p> |  |
| <p>Если расположение проекций на чертеже детали не позволяет изображать знак стержня в масштабе, то его разрывают или изображают не в масштабе</p>  |  |
| <p>На проекции, которая не дает полного представления о формовочных уклонах стержневого знака, проводят только одну линию, соответствующую наибольшему размеру (знак стержня в плане изображен одной тонкой линией)</p>   |  |
| <p>Направление набивки стержня изображают стрелкой</p>  |  |
| <p>Изображение стандартизованной диафрагмы и стержня-перемычки сопровождают условным обозначением, которое размечают на полке линии-выноски. Размеры диафрагмы и стержня-перемычки на чертеже не проставляют</p>  |  |
| <p>Разъем стержневого ящика изображают стрелками</p>  |  |
| <p>Если стержень состоит из нескольких частей, то прямую (или ломаную) плоскость разъема изображают тонкой сплошной линией, над которой размещают надпись «Линия разъема Ст. 1».</p>  |  |

**Изображение и обозначение холодильников**

Поверхность соприкосновения отъемной части с моделью изображают сплошной основной линией. Отъемную часть обозначают буквами *ОЧМ* с указанием порядкового номера – *ОЧМ1*, *ОЧМ2* и т.д. Если отъемная часть одна, то порядковый номер в обозначении не проставляют

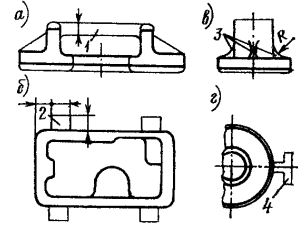


Холодильник изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием размеров. На полке линии-выноски размещают обозначение, состоящее из слова «Хол.», порядкового номера и числа устанавливаемых в форму холодильников. Если холодильник стандартизован, то его размеры на чертеже не проставляют, а за словом «Хол.» указывают условное обозначение



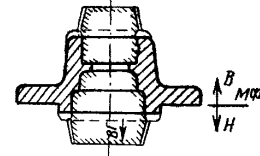
**Изображение ребер, приливов, стяжек и проб**

Стяжку *1*, технологический прилив *2*, усадочное ребро *3* и пробу *4* изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием размеров. На полке линии-выноски указывают назначение проб (проба *4* для механических испытаний) или условное обозначение стандартизованных проб



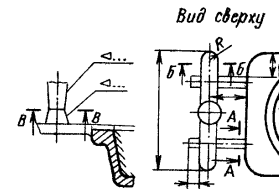
**Обозначение мест вывода газов**

Направление вывода газов из формы и стержня изображают стрелкой, вдоль которой проставляют буквенное обозначение ВГ (вывод газов)

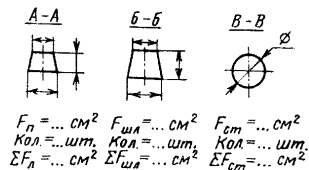


**Изображения и обозначения литниковой системы**

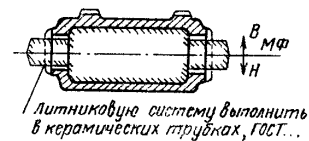
Литниковую систему изображают в масштабе чертежа тонкой сплошной линией с указанием размеров ее расположения относительно отливки. Если расположение проекций не позволяет изображать литниковую систему в масштабе, то ее вычерчивают не в масштабе чертежа. На чертеже для монтажа моделей на модельной плите литниковую систему не изображают, а только указывают места сопряжения питателей с отливкой. На полке линии-выноски размещают надпись «Литниковую систему выполнить по чертежу...»



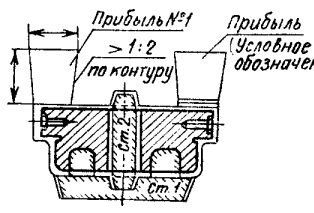
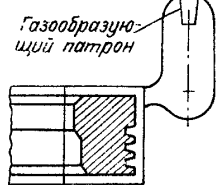
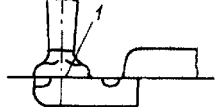
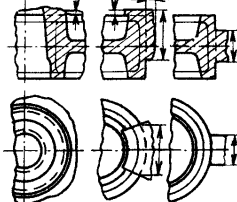
Сечения элементов литниковой системы изображают на поле чертежа в одном масштабе (предпочтительно 1:1) с указанием их размеров, количества и площади сечений. Площади сечений и соответственно суммарные площади сечений элементов обозначают так: питателей  $F_{п}$ ,  $\Sigma F_{п}$ ; шлакоуловителей  $F_{шл}$ ,  $\Sigma F_{шл}$ ; стояков  $F_{ст}$ ,  $\Sigma F_{ст}$



Литниковую систему, выполняемую в керамике, на чертеже не изображают, но указывают места сопряжения питателей с отливкой. На полке линии-выноски размещают надпись «Литниковую систему выполнить в керамических трубках, ГОСТ...»





|   |   |
|---|---|
| <p>Прибыль на чертеже обозначают словом «Прибыль» с указанием порядкового номера. При наличии нескольких одинаковых прибылей им присваивают один и тот же номер и в обозначении указывают их общее количество (например, прибыль № 1; 2 шт.). Если устанавливаемые прибыли стандартизованы, то на полке линии-выноски указывают их условное обозначение, предусмотренное стандартом</p> |  |
| <p>Газообразующие патроны для создания в прибыли повышенного давления обозначают надписью на полке линии-выноски «Газообразующий патрон» и показывают место их расположения</p>   |  |
| <p>Сетки 1 для фильтрации расплава в литниковой системе не вычерчивают, а изображают их сплошной основной линией</p>  |  |
| <p>Остатки питателей выпоров и прибылей, если они не удаляются полностью в литейном цехе, изображают на чертеже отливки. При отрезке их дисковой фрезой или пилой линию отрезки выполняют сплошной тонкой линией, при огневой резке или обламывании – сплошной волнистой линией</p>   |  |

На рис. 201 приведен пример выполнения чертежа литейно-модельных указаний отливки «Каркас цилиндра».

При машинном способе формовке к размеченному чертежу прикладывается схема расположения моделей на модельной плите, выполненная в масштабе (рис. 202).

*Карта технологического процесса* разрабатывается в соответствии с ГОСТ 3.1404-85 (форма 1 и 5) и содержит необходимые сведения и указания по вопросам изготовления, сборки и заливки литейной формы, режимам термообработки и охлаждения отливки (табл. 89).

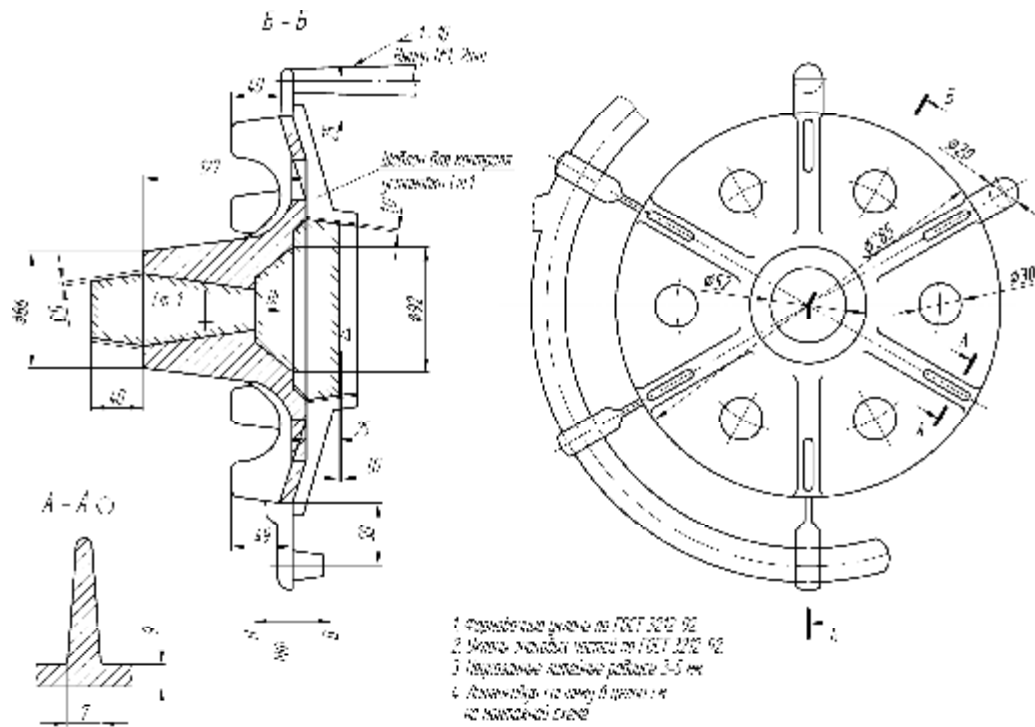


Рис. 201. Пример выполнения чертежа модельно-литейных указаний отливки «Каркас цилиндра»

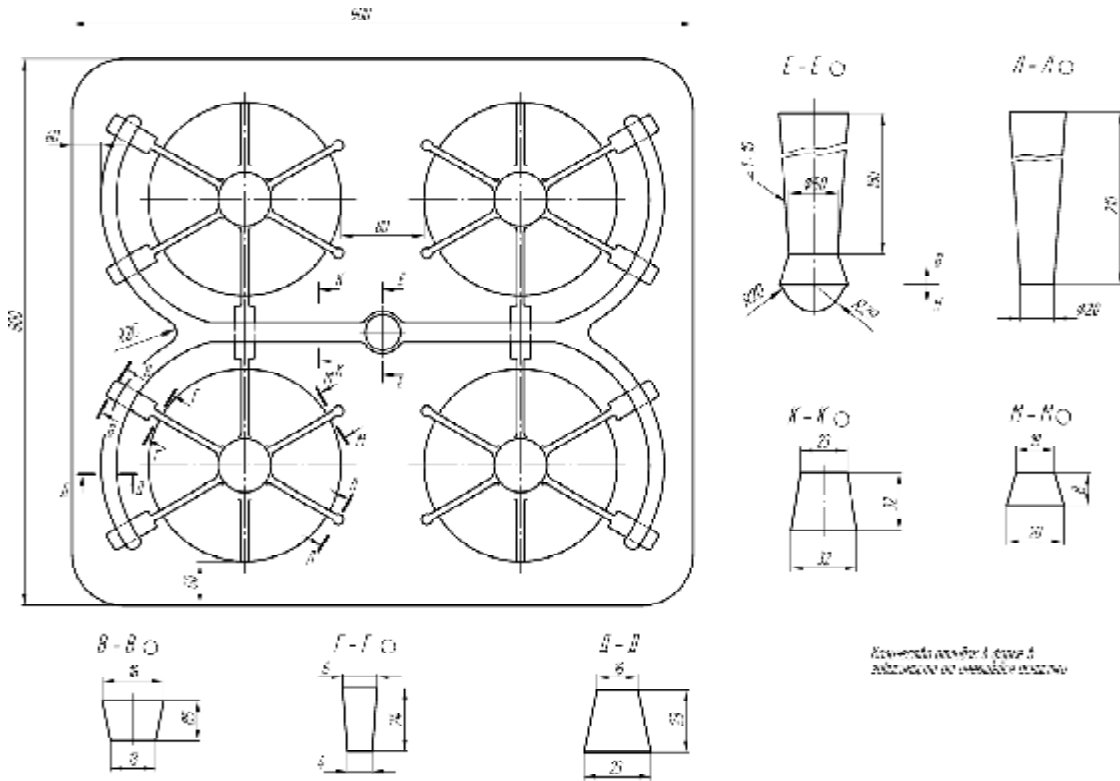


Рис. 202. Схема расположения моделей на модельной плите

Таблица 89

## Карта технологического процесса изготовления отливки

| отливка            |                    | материал   |      | обозн. шпхты    |          | код един. массы  |       | ед. норм.              |         | карта технологического процесса |                |                   |                         |             |            | Каркас импеллера ФМ 0,4 |                    |                       |                     |                     |                 |                       |  |
|--------------------|--------------------|--|------|-----------------|----------|------------------|-------|------------------------|---------|---------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|-------------|------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|--|
| код                | гр.сл              | наименование (марка)   |      | код             | код      | кг.              |       |                        |         | масса                           |                |                   | литниковая система      |             |            | глуб. просуш. формы     | время выдер. формы | выход годн. литья     | кол-во отл. в форме |                     |                 |                       |  |
| -                  | 3                  | СЧ 15, ГОСТ 1412-85  |      | -               | -        | -                |       | кг.                    |         | 5,6                             | 8              | 2,5               | 11,5                    | 46          | 50         | 16×23×23                | 16×13×8,5          | -                     | не >24 ч.           | 70%                 | 4               |                       |  |
| модельный комплект |                    |  |      |                 |          | опока            |       |                        |         |                                 |                | формовочная смесь |                         |             |            |                         |                    | холодильники          |                     |                     |                 |                       |  |
| наименование       |                    | код  | кол. | наименование    |          | код              | кол.  | полож. в сборе         |         | длина в свету                   | ширина в свету | высота            | код                     | масса       | назначение |                         | номер              | материал              | кол.                | размер              |                 |                       |  |
| модель             |                    | -  | 4    | шаблон ст.      |          | -                | 1     | верхнее                |         | 900                             | 800            | 150               | -                       | -           | облиц.     |                         | -                  | -                     | -                   | -                   |                 |                       |  |
| литн. система      |                    | -  | 1    | вкладыш         |          | -                | 2     | нижнее                 |         | 900                             | 800            | 250               | -                       | -           | наполн.    |                         | -                  | -                     | -                   | -                   |                 |                       |  |
| выпор              |                    | -  | 8    |                 |          |                  |       |                        |         |                                 |                |                   |                         |             |            |                         |                    |                       |                     |                     |                 |                       |  |
| ст. ящик           |                    | -  | 1    |                 |          |                  |       |                        |         |                                 |                |                   |                         |             |            |                         |                    |                       |                     |                     |                 |                       |  |
| прибыли            |                    |  |      | жеребейки       |          |                  |       | противопргарные краски |         |                                 |                | шпилевка          |                         | заливка     |            |                         |                    | выдер. отлив. в форме |                     | масса залитой формы |                 | крепление собр. формы |  |
| номер              | кол.               | осн. размер  | верх | высота          | материал | типо-размер      | кол.  | форма                  | наимен. | толщина                         | масса          | длина шпилек      | кол. на дм <sup>2</sup> | емк. ковша  | кол. ковш  | темп. мет.              | продолжит. заливки | 4 ч.                  | -                   | масса груза         | 4               |                       |  |
|                    |                    |  |      |                 |          |                  |       |                        |         |                                 |                | удит. сист.       | 50-60 шаг               |             | 1          | 1320-1380 °C            | 24 с.              | 4 ч.                  | -                   | масса груза         | -               |                       |  |
| особые указания    |                    | Усадка 1 %. Отлить опытную партию отливок 2-3 шт., произвести разметку их, при необходимости откорректировать модельную оснастку. Массу отливки уточнить взвешиванием. Форму вентилировать наколами Ø 8-10 мм. |      |                 |          |                  |       |                        |         |                                 |                |                   |                         |             |            |                         |                    |                       |                     |                     |                 |                       |  |
| стержень           |                    |  |      | стержневой ящик |          | стержневая смесь |       | каркас                 |         |                                 |                |                   |                         | краска      |            | плита (драйер)          |                    | режим сушки           |                     |                     |                 |                       |  |
| номер              | габаритные размеры |  |      | кол.            | код      | кол. гнезд       | номер | масса                  | код     | марка металла                   | кол.           | размеры           | масса                   | номер       |            | масса                   | код                | масса                 | размеры             | время, ч.           | температура, °C |                       |  |
| 1                  | Ø82×Ø40×197        |  |      | 4               | -        | -                | ПГ    | -                      | -       | проволока                       | 4              | Ø 6-8 мм          | -                       | до сушки    |            | -                       | -                  | -                     | -                   | 2,5                 | 330             |                       |  |
|                    |                    |  |      |                 |          |                  |       |                        |         | отожженная                      |                |                   |                         | после сушки |            |                         |                    |                       |                     |                     |                 |                       |  |
| особые указания    |                    | Установку стержня контролировать шаблоном.   |      |                 |          |                  |       |                        |         |                                 |                |                   |                         |             |            |                         |                    |                       |                     |                     |                 |                       |  |

## Контрольные вопросы.

1. Из каких основных этапов складывается процесс разработки чертежа формы?
2. Что включается в технологические карты. Как они составляются?
3. Что такое чертеж модельно-литейных указаний?
4. Для чего необходима карта эскизов с разметкой моделей на плите?
5. Опишите порядок разработки технологического процесса?
6. Что такое размеченный чертеж?
7. Чем отличается чертеж отливки от чертежа детали?
8. Что определяет чертеж собранной формы?
9. Какую информацию содержит чертеж литейной формы?
10. Чем руководствуются при выполнении чертежа модельно-литейных указаний?

## ЛЕКЦИЯ 32.

### ТЕМА: ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ РАЗНЫХ СПЛАВОВ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

#### План лекции

1. Технология формовки отливок из стали.
2. Отливки из ковкого, высокопрочного и белого чугунов.
3. Особенности литейной формы отливок из алюминиевых сплавов.

*Особенности технологии отливок из стали.* При разработке технологии литейной формы необходимо предусматривать припуски на механическую обработку стальных отливок по ГОСТу 26645-85. Они принимаются большими по сравнению с отливками из чугуна и цветных сплавов из-за большой усадки стали и пригара формовочной смеси к отливкам. Вследствие высокой температуры стали формы должны изготавливаться из более огнеупорных формовочных и стержневых материалов. Кроме того, следует учитывать, что при соприкосновении жидкой стали с формовочной смесью окислы железа и марганца, соединяясь с кварцевым песком, ошлаковывают поверхность формы.

Сырые формы для отливок с чистой поверхностью изготавливают из бентонитовых формовочных смесей. Бентонитовая смесь по сравнению с жидкостекольной обладает хорошей пластичностью, лучшей формуемостью и огнеупорностью, но требует значительного уплотнения и хорошей вентиляции формы.

Бентонитовые смеси дают хорошие результаты при содержании влаги до 3,5 % и при заливке в сырые формы отливок массой до 3000 кг. С увеличением содержания влаги уменьшается прочность сырой смеси и на отливках появляются «рванины» – следствие обгара формы.

Формы для стальных отливок, в отличие от форм для чугуна и цветного литья, должны иметь большую плотность формовочной смеси для предохранения поверхности формы от размыва струей жидкой стали. Особенно сильно размываются литниковая воронка и литниковые каналы. Для выноса из формы смытых частиц формовочной смеси применяют открытые прибыли, увеличивают припуск на механическую обработку в верхней части отливки, а крупногабаритные формы при заливке металлом располагают с наклоном.

Переувлажнение формовочной смеси и содержание в ней значительного количества газотворных веществ способствуют образованию газовых раковин на поверхности отливки. Заниженная же влажность формовочной смеси (ниже 3,5 %) препятствует хорошему уплотнению формы. При формовке посырому количество влаги не должно превышать 3,5-4,5 %, а при формовке посухому 4,5-5,5 %. Содержание в формовочной смеси углекислых солей и мела недопустимо, так как при высокой температуре они разлагаются и выделяют углекислый газ.

Чтобы устранить трещины в отливках, возникающие вследствие неравномерной усадки, формы изготавливают из податливых формовочных и стержневых смесей, не препятствующих нормальной усадке. Для увеличения податливости в формовочную смесь рекомендуется вводить 15-30 % древесной или торфяной муки, которая во время сушки выгорает и образует пустоты, облегчающие усадку. В стержни для этой цели вводят патоку, декстрин, и другие выгорающие добавки.

Готовые формы сразу после сборки следует заполнять металлом, так как долгостоящие перед заливкой металлом формы выветриваются, осыпаются или сыреют.

Чтобы предупредить образование усадочной пористости, в подприбыльной части отливки ставят наружные или внутренние холодильники и применяют «утепленные» прибыли, при этом вводят термитную смесь в места формы, выполняющие прибыли.

Холодильники ускоряют процесс охлаждения утолщенных мест отливок и уменьшают напряжения, усадочные раковины и предотвращают возникновение горячих трещин в утолщенных местах отливки. Холодильники бывают внутренние и наружные. Они могут быть изготовлены из прутков проката и могут быть литыми.

Наружные холодильники устанавливают в той части стержня или формы, где необходимо ускорить отвод тепла из отливки при охлаждении ее в форме. Внутренние холодильники устанавливают внутри формы в местах скопления металла. Их изготавливают из биметаллических прутков, металлических полос и фасонных деталей из сплава того же состава, что и сплав отливки. Поверхность внутреннего холодильника должна быть чистой и свободной от ржавчины и окислов. Внутренние холодильники должны свариваться с металлом отливки. Для отливок из чугуна или цветных металлов применяют холодильники из чугуна или мягкой стали.

Наружные холодильники от приваривания их к отливке покрывают различными красками. Рекомендуется холодильники окрашивать суриком и формовочной краской. Холодильники перед установкой в форму (рис. 203) должны быть тщательно очищены от грязи, масла и окалины. В тех случаях, когда используют внутренние холодильники, о которых заранее известно, что они не расплавляются, применяют стальной пруток, который при механической обработке высверливают из отливки.

*Особенности литниковой системы.* При выборе и расчете литниковой системы для отливок из стали необходимо соблюдать три обязательных условия: конструкция литниковой системы должна обеспечить заполнение жидким металлом всех прибылей отливки; выбирать такую температуру заливки, которая не давала бы отливке застывать в отдельных местах до окончания заливки формы; правильно установить оптимальную скорость заливки, которая не вызывала бы образования плен, ужимин и трещин.

Наиболее широко применяют в стальном литье сифонный или ступен-

чатый подвод металла, обеспечивающий спокойное заполнение формы. На литниковую систему с прибылями расходуется 25-50 % от общей массы жидкого металла. Поэтому увеличение выхода годного литья можно достигнуть за счет уменьшения расхода металла на прибыли.

На рис. 204 приведены схемы литниковых систем для стальных отливок. Верхний подвод металла (рис. 204, *а*) применяется для широких отливок с небольшой высотой, заливка с наклоном формы (рис. 204, *б*) для отливок типа плит.

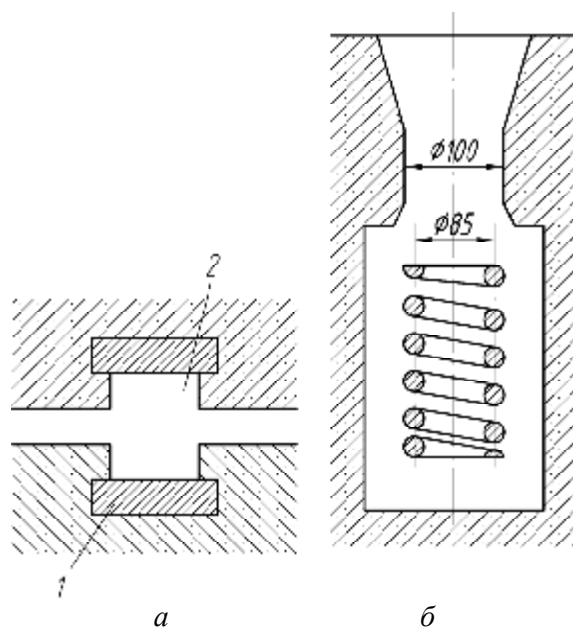


Рис. 203. Схемы установки холодильников в форме:  
*а* – внешних; *б* – внутренних; 1 – холодильник; 2 – форма

Сифонный подвод металла (рис. 204, *в*) имеет недостаток: в прибыль поступает более холодный металл. Однако возможна заливка с кантовкой (рис. 204, *з*): после заливки формы наиболее горячий металл будет находиться в прибыли и обеспечит питание отливки. Иногда для плавного заполнения формы делают нижний подвод металла с помощью рожковой литниковой системы (рис. 204, *д*).

Для крупных отливок применяют многоступенчатую литниковую систему (рис. 204, *е*); в этом случае в прибыль поступает горячий металл.

При подводе металла в форму необходимо соблюдать следующие правила:

- металл следует подводить в полость формы наиболее короткими путями, чтобы предохранить форму от размыва и сократить расход металла на литниковую систему;

- не делать литники вблизи выступающих частей формы и знаков стержней, не допускать удара струи металла о вертикальную стенку формы и направлять поток металла по продольной оси стенки отливки;

- не рекомендуется размещать питатели около холодильников, так как они сильно разогреваются жидким металлом, и не будут выполнять своего назначения;

- подводить металл в тонкие части отливки следует несколькими питателями, чтобы предохранить от перегрева отдельные места отливки.

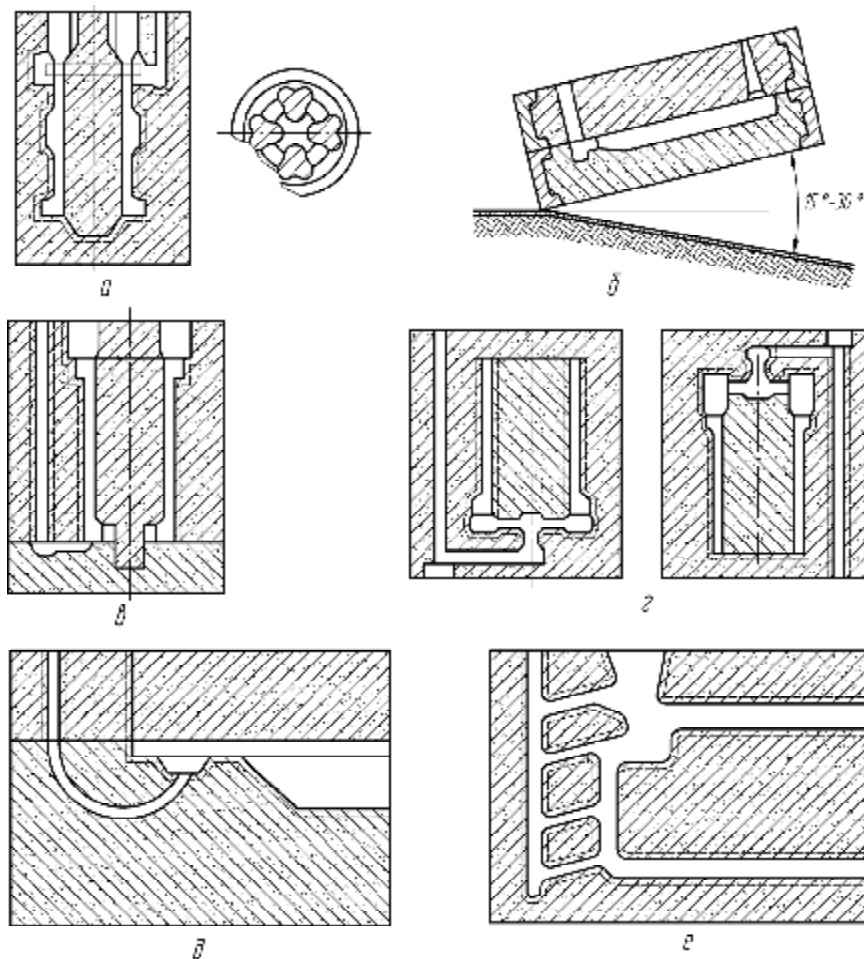


Рис. 204. Типовые конструкции литниковых систем для стальных отливок

Литниковая система должна обеспечивать четкую направленность затвердевания отливок: прибыли должны заполняться горячим металлом. Основное отличие литниковой системы для стали по сравнению с чугуном – это применение прибылей для питания усадки отливки.

Прибыли должны устанавливаться на самые массивные части и не препятствовать свободной усадке отливки; кроме того, должно быть обеспечено легкое их отделение и несложная механическая обработка мест установки прибылей. В поточно-массовом производстве наиболее распространены прямые открытые прибыли, которые, помимо своего основного назначения – питания отливки, служат как бы резервуаром для всплывания неметаллических включений (засоров). Их преимущество заключается в удобстве сборки форм

и возможности наблюдения за состоянием формы перед заливкой и в процессе заливки. Недостатком открытых прибылей (рис. 205, а) является зависимость высоты прибылей от высоты имеющихся в цехе опок и возможность засора формы через открытые прибыли, а также увеличенный расход металла на прибыли. Закрытые прямые прибыли (рис. 205, б) следует использовать для высоких опок, где применение открытых прибылей привело бы к чрезмерно большому расходу металла на прибыль. Отводные прибыли (рис. 205, в) устанавливают там, где необходимо питать узел отливки, находящийся в нижней половине формы, в тех случаях, когда нельзя поставить прямую прибыль, не изменяя конфигурации отливки. На практике очень часто применяют прибыли сферической формы. Это уменьшает расход металла на прибыли и увеличивает выход годного литья. Преимущество сфероидальных прибылей – высота их не связана с высотой опок.

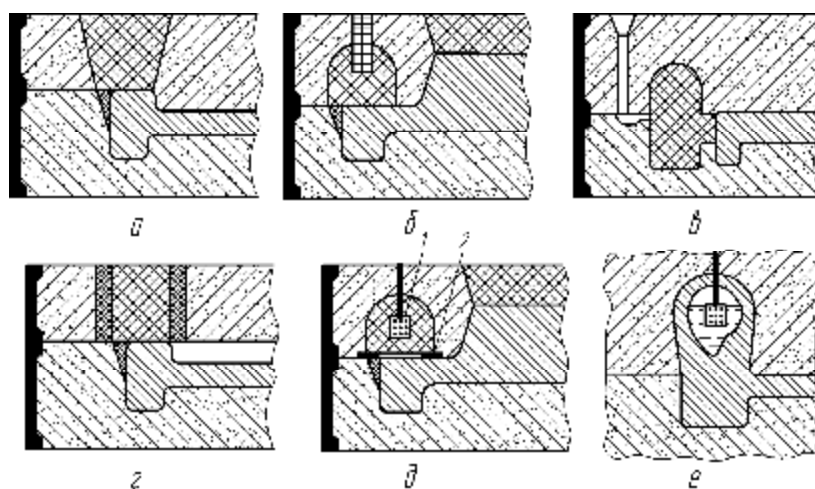


Рис. 205. Схемы установки прибылей на стальных отливках

Для улучшения работы прибылей важно, чтобы металл в прибыли оставался более длительное время в жидком состоянии (прибыль должна застыть позже отливки). С этой целью применяют специальные стаканы (рис. 205, г) из экзотермических смесей, состоящих в основном из термита. При заливке формы эта смесь разлагается с выделением большого количества тепла, которое и обогревает прибыль. Однако для крупных прибылей такие стаканы применять нецелесообразно, так как они сгорают раньше, чем прибыль закончит свое действие, и эффект их применения будет небольшим.

Чтобы обеспечить работу закрытой прибыли под атмосферным давлением, в форму устанавливают песчаный стерженек (рис. 205, б), вокруг которого металл не затвердевает, так как стерженек быстро прогревается до температуры одного порядка с температурой металла. По этому стерженьку воздух из атмосферы протекает в прибыль, которая и работает под атмосферным давлением.



Для улучшения работы прибылей и уменьшения расхода металла применяют прибыли, работающие под избыточным давлением. Это давление создается специальным патроном (рис. 205, б), вставляемым внутрь формы. Патрон состоит из металлического корпуса и мелового заряда. После заливки формы жидким металлом стенки корпуса патрона расплавляются к моменту, когда на стенках формы уже образовалась достаточно прочная корочка твердого металла (рис. 205, в). Мел при нагревании разлагается, образуя газ, который и создает внутри прибыли избыточное давление. Давление улучшает условия заполнения усадочных пустот жидким металлом.

Для отделения прибылей от отливки применяют специальные тонкие керамические пластинки 2, которые, быстро прогреваясь, не охлаждаются перешедя между отливкой и прибылью и не препятствуют перетеканию металла из прибыли в отливку, но создают своеобразный надрез, позволяющий легко отделять прибыль от отливки.

Прибыль должна иметь достаточное сечение, затвердевать позже отливки и иметь минимальный, но достаточный объем, чтобы усадочная раковина не вышла за ее пределы.

На рис. 206 приведены различные способы установки прибылей на отливках зубчатых колес диаметром от 500 до 1200 мм. Наружные холодильники часто применяют для борьбы с трещинами в тех случаях, когда нельзя ввести охлаждающие ребра на отливках. В стальных отливках горячие трещины и надрывы образуются при неправильной конструкции отливки, т.е. когда нет плавных переходов от тонкой части к толстой, а также при неправильном подводе металла к отливке. Надежным средством предупреждения образования горячих трещин в отливках является применение литейных ребер, удаляемых при обрубке. Толщина литейных ребер составляет 10-30 % от толщины стенки отливки.

*Особенности технологии формовки из ковкого чугуна.* Литейные формы для отливок из ковкого чугуна изготавливают главным образом машинной формовкой, и только небольшое количество (для опытных образцов и ремонтных деталей) вручную. В связи с тем, что температура заливки ковкого чугуна (1390-1430 °С) выше по сравнению с серым чугуном, формовочные и стержневые смеси должны обладать большей огнеупорностью, газопроницаемостью и податливостью. Поэтому облицовочные и наполнительные смеси должны содержать большее количество свежих материалов. В наполнительную смесь следует добавлять 10-12 % свежих материалов для сохранения ее физико-механических свойств.

Формы для мелких отливок можно изготавливать из одной наполнительной смеси, а для более крупных отливок, помимо наполнительной смеси, применяется также облицовочная смесь. Чтобы устранить усадочные раковины и рыхлоты, жидкий металл подводят к толстым местам отливки, где устанавливают питающие бобышки, застывающие после затвердевания отливки. Для ускорения процесса охлаждения толстой части отливки применяют холо-

дильники, способствующие также уменьшению вероятности возникновения трещин. С этой же целью в отливках по возможности выравнивают толщину стенок; в сечениях отливки, опасных в отношении возникновения усадочных трещин, делают ложные усадочные ребра «усы», удаляемые при обрубке отливки.

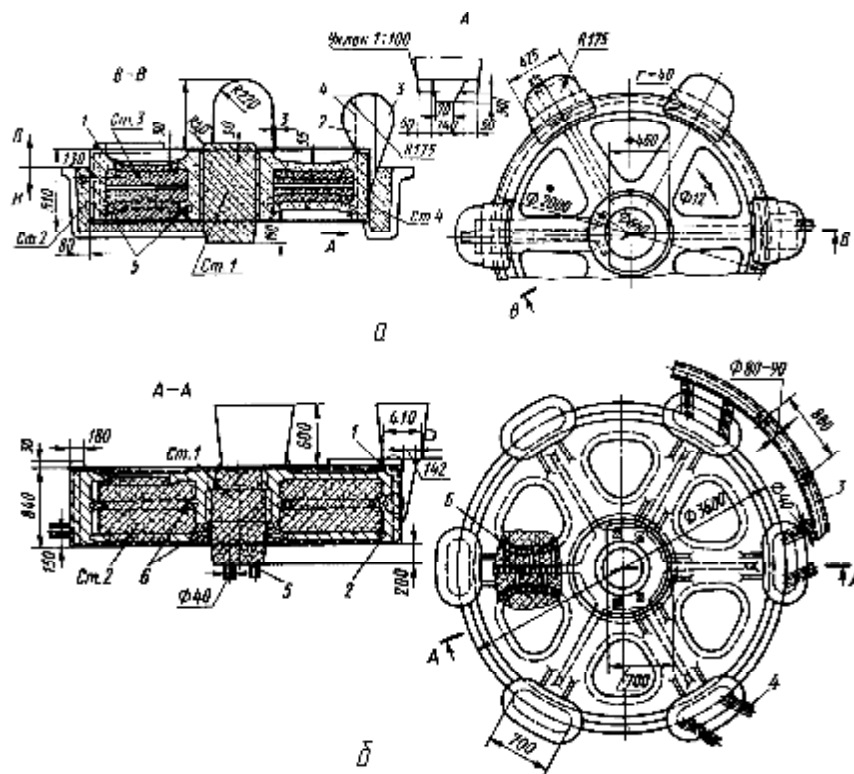


Рис. 206. Способы установки прибылей:  
а – закрытых; б – открытых

Питающая бобышка выполняет роль прибыли. Она имеет цилиндрическую или слегка коническую форму, металл в ней должен охлаждаться медленно. Около 1/3 высоты бобышки находится в нижней опоке.

Питающую бобышку следует устанавливать по возможности ближе к питаемому месту отливки и соединять с ней коротким и достаточно широким каналом-шейкой.

При длинной и узкой шейке металл преждевременно застывает и питание отливки прекращается. Шейка должна иметь пережим для легкого отделения бобышки от отливки. Сечение шейки в пережиме рекомендуется делать около 65-75 % от сечения тела отливки в питаемом месте. Расстояние наиболее узкого сечения шейки в пережиме от тела отливки обычно составляет не более 3 мм.

При расчете литниковой системы для отливок из ковкого чугуна скорость заливки принимается меньшей, чем для серого чугуна, вследствие

меньшей жидкотекучести белого чугуна и увеличенного сечения питателей. Поэтому при расчете литниковой системы для ковкого чугуна коэффициенты  $s$  и  $x$ , входящие в формулу, изменяются. Для ковкого чугуна принимается соотношение  $F_{\text{пит}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,0 : 1,5$ , иное чем для отливок из серого чугуна, т.е. литниковая система является незаполненной и не может служить шлакоуловителем. Шлак при заливке металла в форму задерживается фильтровальными сетками, установкой дроссельной литниковой системы и другими способами.

Для устранения брака по горячим трещинам в отливках стержни изготавливают из более податливой стержневой смеси.

На возникновение напряжений и горячих трещин в отливках влияет температура заливки металла и охлаждение отливки в форме. Отливки, имеющие резкие переходы от тонкой части к толстой, должны охлаждаться в форме до более низких температур. Поэтому для них следует удлинять конвейеры или дополнительно охлаждать формы на рольгангах, или помещать горячие отливки в специальные колодцы, в которых они будут медленно охлаждаться.

*Технология изготовления отливок из белых чугунов.* Белые чугуны имеют большую склонность к образованию усадочных раковин, и поэтому при отливке из этих сплавов следует устанавливать прибыли так, как при отливке из стали. Применяются верхние и боковые прибыли. По возможности металл следует заливать через прибыли, что гарантирует направленное его затвердевание. Учитывая трудность любой обработки белых чугунов, прибыли должны быть легкоотделяемыми, путем «пережима». Для этого тонкий стержень помещают между прибылью и отливкой (рис. 207).

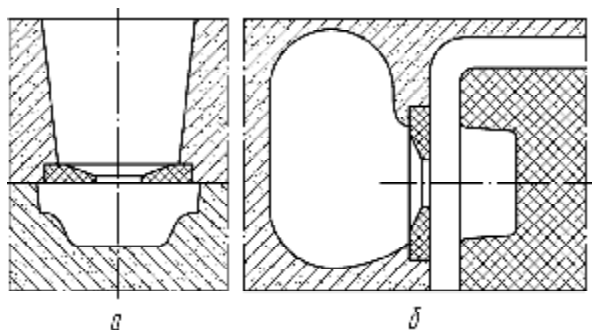


Рис. 207. Легкоотделяемые прибыли:  
а – верхняя; б – боковая

Разделительные стержни изготавливают из стержневой жидкостекольной смеси. Для массивных прибылей применяют разделительные стержни, изготовленные из шамотоглинистых, хромомagneзитоглинистых смесей. Установка нескольких прибылей вместо одной большой позволяет выровнять скорость охлаждения различных частей отливки, что способствует уменьшению

термических напряжений.

Литниковая система отливок из белых чугунов, особенно типа нихард, учитывая их меньшую жидкотекучесть, должна иметь большую (на 20-40 %) площадь сечения, чем у отливок из серого чугуна. Питатели, как и прибыли, должны иметь пережимы в месте их соединения с отливкой, чтобы они легко отбивались. Желательно подводить питатель непосредственно в прибыль.

В работах [2, 3, 13] отмечается, что для получения минимальных термических напряжений необходимо подводить питатели в тонкие части отливки и рассредоточивать подвод металла.

Во избежание затрудненной усадки литниковая система не должна образовывать жесткой связи с отливкой. Этого можно достичь, заливая металл через два стояка.

Технология формы. Поскольку белые чугуны склонны к образованию трещин, то нужно применять технологию, обеспечивающую получение отливок с минимально возможными напряжениями. Снизить напряжения можно путем уменьшения скорости охлаждения отливки в форме, выравнивания температуры различных частей отливки, уменьшения механического торможения усадки.

Применение песчаных форм вместо металлических позволяет получить более медленное и равномерное охлаждение отливки, уменьшает механическое торможение усадки, что обеспечивает получение меньших напряжений. Сухие формы лучше, чем сырые, обеспечивают медленное охлаждение отливки, но в тоже время создают большее механическое сопротивление усадке. Поэтому сухие формы способствуют устранению холодных трещин и увеличивают (по сравнению с сырыми) опасность появления горячих трещин.

Основной мерой для борьбы с горячими трещинами является повышение податливости формовочных смесей и устранение причин, затрудняющих усадку. При производстве отливок из износостойких сплавов рекомендуется для увеличения податливости стержней изготавливать их из смеси, содержащей не менее 20 % опилок и не более 5 % глины. Следует подбирать такие смеси, которые при нагреве быстро теряют свою прочность и оказывают минимальное сопротивление усадке при высоких температурах.

Применение форм, в частности металлических и с холодильниками, ускоряющих кристаллизацию, позволяет получать высокую износостойкость и прочность массивных отливок (рис. 208 и 209).

Установка специальных наружных и внутренних холодильников в массивных частях отливок способствует выравниванию температур по сечению детали и, следовательно, уменьшению напряжений в отливках.

Продолжительность выдержки отливок в форме. Увеличение времени выдержки отливок в форме способствует уменьшению напряжений. Продолжительность выдержки зависит от геометрии и массы отливок. Так, например, сравнительно компактные и равностенные отливки рабочих колес насосов 8ШНВ диаметром 500 мм (масса 130 кг) из чугуна ИЧХ12М выбивали из

формы через 5-6 ч после заливки, и при этом трещины отсутствовали. Тонкостенные отливки рабочих колес насосов 10УВЛХ2М диаметром 650 мм (масса 150 кг) необходимо выдерживать в форме не менее 12 ч; выбивка этих отливок через 6 ч после заливки привела к образованию холодных трещин на дисках колес. Крупные и сложные рабочие колеса насосов 20ГР-8 и 20Р-11 выдерживают в форме около 72 ч. Отливки типа бронеплит мельниц следует выдерживать в форме 8-24 ч, в зависимости от толщины и массы отливки.

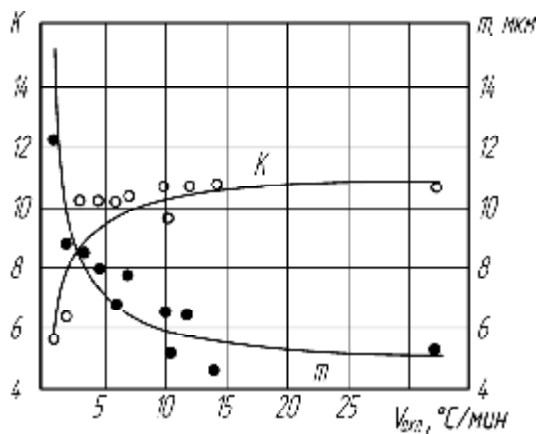


Рис. 208. Износостойкость  $K$  и величина карбидов  $m$  чугуна ИЧХ12М в зависимости от скорости охлаждения при кристаллизации

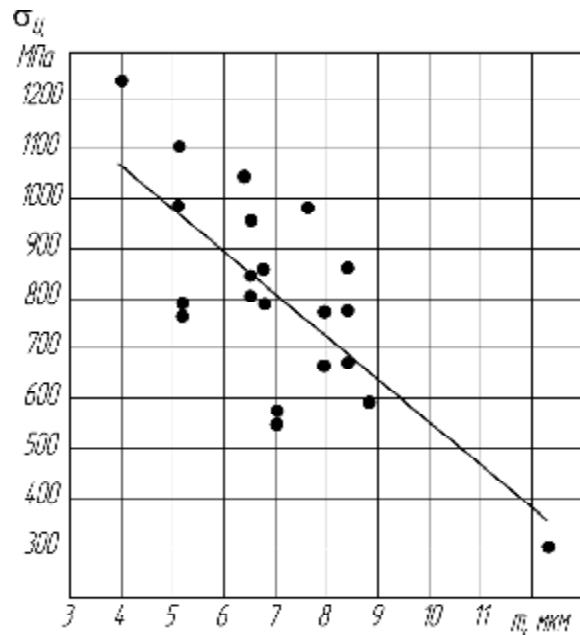


Рис. 209. Влияние величины карбидов  $m$  на прочность чугуна ИЧХ12М

*Особенности литья деталей из высокопрочного чугуна в песчаные формы.* Основными вопросами, которые приходится решать при литье деталей в песчаные формы являются: выбор и приготовление исходных формовочных материалов, приготовление формовочных и стержневых смесей, изготовление форм и стержней, заливка форм, остывание отливок в формах и удаление прибылей литников от отливок.

При литье деталей из высокопрочного чугуна применяются те же исходные формовочные материалы, а также формовочные и стержневые смеси, что и при литье из серого чугуна. Процесс изготовления форм и стержней, предназначенных для чугуна с шаровидным графитом, также не отличается от процесса изготовления форм и стержней для отливок из чугуна с пластинчатым графитом.

Исключительно большое значение при производстве отливок из чугуна с шаровидным графитом имеют вопросы разливки металла в формы после

обработки чугуна магнием. Дело в том, что при выдержке чугуна после обработки его магнием в жидком состоянии происходит непрерывное испарение магния и чем длительнее выдержка, тем больше теряется магния непроизводительно. При очень длительной выдержке чугуна в ковше остаточное содержание магния, может уменьшиться настолько, что вместо шаровидного графита образуется графит пластинчатой формы, и чугун в этом случае будет иметь низкие механические свойства. Длительная выдержка чугуна после обработки его магнием приводит к понижению температуры чугуна, что связано с понижением жидкотекучести чугуна и с образованием значительного количества усадочных раковин, спаев и других литейных дефектов.

Исходя из этого, необходимо по возможности сокращать время выдержки чугуна в ковше после ввода магния. Точно так же должно быть минимальным время заливки литейной формы, во избежание повышенного окисления металла, что связано с возможностью попадания окисных плен в отливку.

Процесс разлива чугуна зависит от способа обработки чугуна магнием. При обработке чугуна магнием в открытых ковшах разлива чугуна производится из тех же ковшей, в которых производилась обработка его магнием. При обработке чугуна магнием в копияльниках вагранок разлива чугуна производится либо мелкими ковшами, наполняемыми из вагранки, либо из ковшей большой емкости, равной емкости копияльника. Разливка чугуна после обработки его магнием в герметизированных ковшах или автоклавах может производиться непосредственно из тех же ковшей, в которых производилась обработка чугуна магнием. При необходимости доливки чугуна с целью его разбавления чугун переливается в ковш большей емкости, в него добавляется чугун из вагранки и после этого производится заливка форм.

Практика работы с герметизированными ковшами показала, что при вводе 0,7 % магния в чугун последний можно вдвое разбавить и при этом остаточное содержание магния в отливках составляет 0,04-0,05 %.

При отливке крупных деталей с большими прибылями после заливки форм рекомендуется производить доливку прибылей горячим металлом. При невозможности доливки металла в прибыли открытые поверхности последних присыпаются сухим песком или экзотермической смесью.

Охлаждение отливок в формах, залитых чугуном, обработанным магнием, должно производиться медленно. Температура по всему сечению отливки выравняется и не будет возникать остаточных литейных напряжений. Преждевременная выбивка отливок может привести к короблению их, а при неблагоприятных условиях даже к полному разрушению.

При выбивке отливок из форм следует учитывать, что в отливках из чугуна с шаровидным графитом возникают повышенные напряжения, и при неосторожной выбивке тонкостенных отливок могут образоваться в отливках трещины. Вследствие того, что чугун с шаровидным графитом имеет большую прочность и значительное удлинение в литом состоянии, не рекоменду-

ется отбивать прибыли и литниковую систему молотком, так как даже при достаточно тонких сечениях литников они отламываются вместе с частью отливки. Поэтому, прежде чем удалять прибыли и литниковую систему, необходимо сделать надрез на них зубилом или фасонным отрезным кругом. В крупных отливках прибыли лучше всего отрезать автогеном, как это делается на стальных отливках.

В большинстве случаев прибыли удаляются до термической обработки отливок огневой резкой, которую производят в несколько приемов с перерывами, чтобы не допускать перегрева металла и возникновения напряжений. Исключение составляют некоторые детали сложной конфигурации, склонные к образованию трещин при огневой резке. Такие детали подвергаются термической обработке вместе с прибылями.

Благодаря предварительной обрезке литников и прибылей детали можно укладывать в печь плотно, без больших зазоров, а, следовательно, можно в значительной степени предотвратить коробление отливок в процессе термической обработки.

При обрезке прибылей оставляют припуски на механическую обработку до 12 мм, которые удаляют после термической обработки механическим путем.

Обрезку прибылей у крупных отливок, не подвергающихся термической обработке, а также заварку литейных дефектов производят после предварительного отпуска по следующему режиму: загрузка деталей в печь, предварительно нагретую до 350 °С; нагрев до 550 °С со скоростью 50 °С в час; выдержка при этой температуре в течение 8-10 ч, охлаждение до 350 °С со скоростью 50 °С в час с дальнейшим охлаждением на воздухе.

Вследствие того что в отливках из чугуна с шаровидным графитом возникают повышенные напряжения, все отливки, за исключением отливок с равномерными толщинами стенок и простой конфигурацией, подвергаются термической обработке для снятия напряжений.

*Особенности литейной формы для алюминиевых сплавов.* Алюминиевые сплавы можно заливать в сырые, сухие и металлические формы.

Многие алюминиевые сплавы обладают склонностью к образованию газовой и усадочной пористости в отливках. Поэтому при выборе состава формовочных и стержневых смесей следует обращать особое внимание на их газотворную способность.

Для отливок из алюминиевых сплавов применяют мелкозернистые пески с добавкой глинистых песков вместо глины. Стержневые смеси должны обладать большой податливостью, а крепители выгорать при сравнительно низкой температуре. При изготовлении отливок в песчаных формах для увеличения скорости охлаждения сплава и получения отливки с меньшей пористостью в большинстве случаев применяется формовка по сырому.

При заливке в форму алюминиевые сплавы окисляются, и окисные пленки могут захватываться струей жидкого металла и попадать в отливку.

Поэтому литниковые системы для алюминиевых сплавов должны конструироваться так, чтобы движение расплава при заливке в форму было по возможности плавным, без завихрений. Это достигается уменьшением скорости движения металла от чаши к полости формы. Для этого делают незаполненные ситниковые системы с сечениями элементов, постепенно расширяющимися от стояка к питателю:  $F_{\text{пит}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 2 : 4$ .

Для обеспечения плавного поступления расплава в форму и исключения попадания окислов и шлака в отливку устанавливают металлические фильтровальные сетки. Чаще всего применяют обычный цилиндрический или призматический стояк, а при большой высоте для ослабления ударного действия струи металла делают ступенчатую литниковую систему и зигзагообразные (змеевидные) стояки (рис. 210).

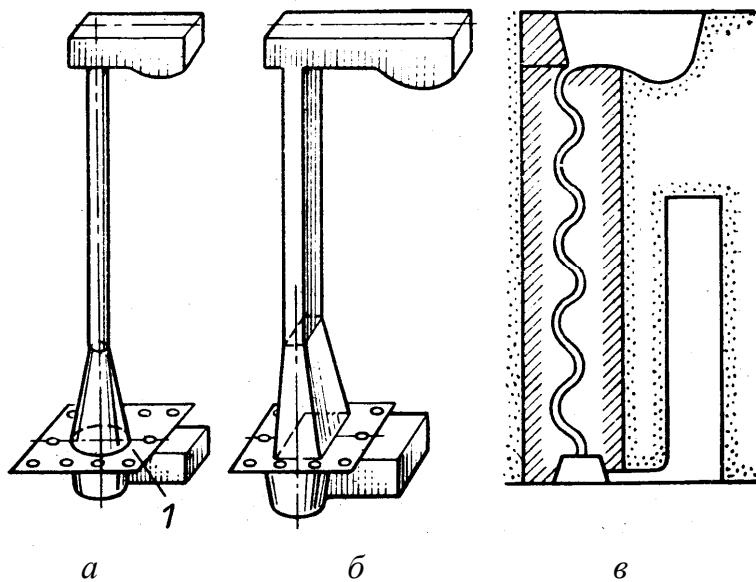


Рис. 210. Типы стояков:  
*а* – цилиндрический; *б* – призматический,  
*в* – зигзагообразный; *1* – сетка; *2* – металлоприемник

#### Контрольные вопросы.

1. Каким требованиям должны отвечать формы для стальных отливок?
2. Укажите предел влажности при формовке по-сырому, установленного для стального литья?
3. Для чего в стальных отливках в подприбыльной части устанавливают холодильники?
4. Почему для отливок из ковкого чугуна при расчете литниковой системы скорость заливки принимается меньшей, чем для серого чугуна?
5. Для чего в отливках из ковкого чугуна стержни изготавливаются из



- более податливой смеси?
6. Какие особенности алюминиевых сплавов учитывают при конструировании литниковых систем?
  7. Для каких целей при заливке алюминиевых сплавов применяют фильтровальные сетки?
  8. Для чего литниковая система для отливок из алюминиевых сплавов принимается с соотношением  $F_{\text{лит}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 2 : 4$ ?
  9. Что надо иметь в виду при выбивке отливок из высокопрочного чугуна?
  10. Чем объяснить склонность белых чугунов к образованию холодных трещин?

### **ЛЕКЦИЯ 33.**

#### **ТЕМА: ТЕХНОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ**

План лекции

1. Сущность способов литья и области их применения.
2. Литье в постоянные формы: кокиль, под давлением, центробежное.
3. Литье в разовые формы: оболочковые, по выплавляемым моделям.

Повышенные требования к качеству выпускаемых машин, стремление к облегчению конструкций с целью экономии металла за последние годы заметно изменили вид отливок: вместо простых по конфигурации, толстостенных заготовок производят сложные тонкостенные, более легкие отливки, прочность которых обеспечивает коробчатое сечение, ребра жесткости и другие конструктивные элементы. Изготовление отливок в разовых песчано-глинистых формах при машинной и особенно при ручной формовке имеет ряд существенных недостатков: невысокая точность и недостаточная чистота поверхности отливок; необходимость оставлять значительные припуски на механическую обработку; образование крупнозернистой литой структуры и др. Повышение точности и чистоты поверхности отливок достигают, используя специальные методы литья, к которым относят: кокильное, под давлением, под низким давлением, по выплавляемым (выжигаемым) моделям, в оболочковые формы, центробежное, электрошлаковое и некоторые другие, здесь не рассматриваемые методы получения отливок (вакуумным всасыванием, выжиманием, жидкой штамповкой).

*Изготовление отливок в металлических формах.*

*Сущность метода и область применения.* Сущность заключается в том, что вместо разовой песчано-глинистой используют металлическую форму, называемую кокилем (рис. 211). Обладая по сравнению с песчано-

глинистыми формами приблизительно в 60 раз более высокой теплопроводностью, кокили обеспечивают мелкозернистую структуру отливок, что повышает их прочность. При кокильном литье отпадает необходимость в модельно-опочной оснастке, в формовочных и стержневых смесях, что не только дает большую экономию, но и снижает количество пыли и улучшает санитарные условия труда; повышается точность и чистота поверхности отливки; обслуживание кокилей не требует рабочих высокой квалификации; значительно повышается производительность и уменьшаются необходимые производственные площади. Технологический процесс кокильного литья можно легко механизировать. Механизированные кокили имеют устройство, позволяющее закрывать и раскрывать их от пневматического или гидравлического привода. При массовом производстве несколько кокильных машин устанавливают на вращающиеся карусели, поворачивающиеся на необходимый угол через определенное время, за которое производится заливка кокиля.

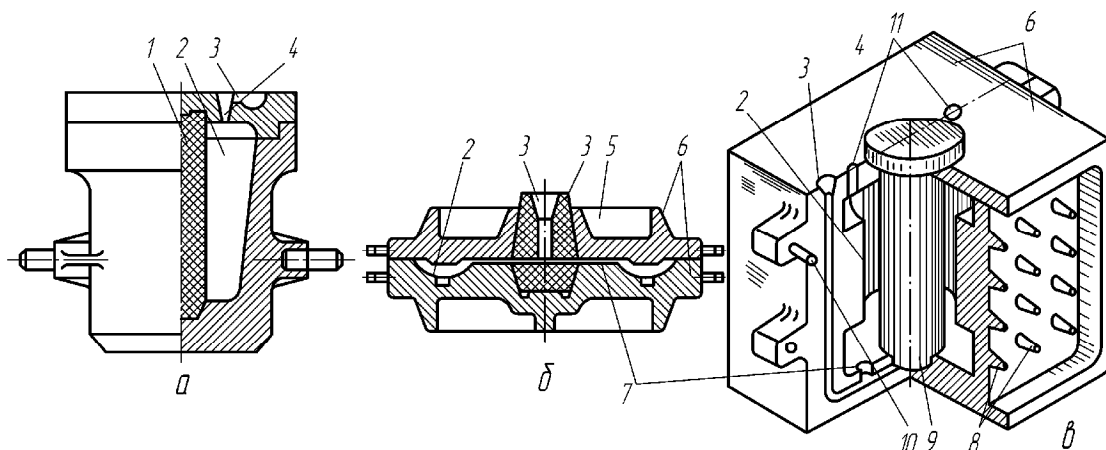


Рис. 211. Металлические формы (кокили)

Наряду с преимуществами у кокильного литья есть и недостатки: высокая стоимость кокилей позволяет использовать их только в серийном и массовом производствах; опасность образования трещин в отливках из-за неподатливости металлического кокиля; чугунные отливки в кокиле получают отбеленными и требуют длительного отжига, что удорожает их производство.

Кокильное литье применяют в условиях крупносерийного и массового производств при изготовлении несложных по конфигурации отливок с толщиной стенок от 3 до 100 мм из чугуна, стали и цветных металлов.

*Конструкция кокиля.* По конструкции кокили различают неразъемные вытряхные (рис. 211, а) и разъемные с горизонтальным (рис. 211, б) и вертикальным (рис. 211, в) разъемами. Разъемные кокили (б, в) состоят из двух половин б, центрирующихся направляющими штырями 10. Чтобы избежать коробления, кокиль снабжают ребрами жесткости б (б) либо делают коробчатой формы (в). На наружной стенке кокиля для его ускоренного охлаждения ино-

гда отливают пальцы 8 (в). Отверстие или внутреннюю полость в отливке образует песчаный стержень 1 (а) либо металлический – 9 (в). Металл заливают в литниковую чашу 3, и по стояку 4 и питателям 7 он заполняет полость формы 2. Так как металлические стержни неподатливы, то во избежание образования в отливке трещин их удаляют из формы до начала усадки металла. Если внутренняя конфигурация отливки очень сложна, то металлические стержни делают из нескольких частей или заменяют песчаными. Литниковая система размещается в плоскости разъема кокиля. Для выхода воздуха из формы во время ее заливки, кроме выпоров 11 (в), в плоскости разъема по всей высоте кокиля прорезают щели глубиной 0,3-0,5 мм (на рисунке не показаны).

Изготавливают кокили из серого чугуна, стали, а также из цветных сплавов литьем с последующей механической обработкой.

*Особенности технологии изготовления отливок в кокилях.* Изготовление отливок в кокиле состоит из таких операций: очистка кокиля от старой облицовки; нанесение огнеупорного защитного покрытия или покраска рабочей поверхности кокиля; сборка формы с установкой стержней; заливка кокиля; выдержка отливки в форме; раскрытие кокиля и удаление из него отливки.

Во избежание отбеливания чугунных отливок подбирают химический состав чугуна, обеспечивающий графитизацию в условиях повышенной скорости охлаждения. С этой же целью перед заливкой чугуна кокиль нагревают до 250-300 °С и время выдержки отливок в кокиле сокращают до минимума.

Если в кокиле получают отливки из силумина (сплав алюминия с кремнием), то отпадает необходимость вводить натрий в сплав перед заливкой формы для измельчения структуры, так как быстрое охлаждение измельчает кремний в образующейся эвтектике.

При получении в кокиле отливок из сплавов на медной основе полость формы покрывают жирными красками. Между расплавом и кокилем образуется газовая прослойка, которая устраняет образование пригара на поверхности отливки.

*Изготовление отливок литьем под давлением.*

*Сущность метода и область применения.* Сущность состоит в том, что жидким металлом принудительно заполняют металлическую пресс-форму под давлением, которое поддерживают до полной кристаллизации отливки. Давление обеспечивает быстрое и хорошее заполнение формы, высокую точность и малую шероховатость поверхности отливки. Принудительное питание отливки жидким металлом исключает, возможность образования усадочных раковин, пористости и не требует установки прибылей. Ускоренная кристаллизация металла в металлической пресс-форме под давлением обуславливает образование мелкозернистой структуры. Благодаря внешнему давлению растворенные в металле газы остаются в твердом растворе, что снижает газовую пористость металла. Отливки, полученные этим методом, как правило, не имеют припусков на механическую обработку и после удаления из

формы являются готовыми деталями. Литьем под давлением можно получать отливки с толщиной стенки до 0,5 мм, сложной конфигурации и с отверстиями диаметром до 1 мм.

Высокая стоимость пресс-форм, имеющих сложную конфигурацию и требующих высокой точности изготовления, обуславливает целесообразность применения литья под давлением только в крупносерийном и массовом производствах тонкостенных отливок достаточно сложной конфигурации из сплавов цветных металлов массой до 50 кг.

*Оборудование и технология литья под давлением.* Литье под давлением осуществляют на компрессорных и поршневых машинах высокой производительности, дающих 200-460 отливок в час. Поршневые машины (рис. 212) выпускают с горячей или холодной камерой сжатия, расположенной горизонтально или вертикально. Машины с горячей камерой сжатия, в которых камера находится непосредственно в расплаве, применяют для получения отливок из сплавов с низкой температурой плавления на основе цинка, олова и свинца. Машины с холодной камерой сжатия, в которых камера вынесена за пределы расплава, используют для получения отливок из более тугоплавких цветных сплавов на основе меди, алюминия и магния.

На машинах с вертикальной холодной камерой сжатия (рис. 212, *a*) расплав 4 заливают в камеру сжатия 5 (положение I). Верхний поршень 1, опускаясь, давит на расплав и на нижний поршень 10, который при движении вниз открывает литниковый канал 3. Металл заполняет полость 2 пресс-формы, состоящей из двух половин 6 и 7 (положение II). Объем жидкого металла должен быть больше объема полости формы, чтобы между верхним и нижним поршнем оставался избыток металла. Давление верхнего поршня поддерживают до полной кристаллизации отливки, после чего пресс-форму раскрывают и отливку 9 вместе с литником 12 выталкивают из формы толкателями 5. Нижний поршень выталкивает наружу избыток металла 11 (положение III) и его отправляют в переплав.

На рис. 212, *б* показана работа машины с горизонтальной холодной камерой сжатия. Все операции на ней выполняются в той же последовательности.

На рис. 212, *в* приведена схема работы поршневой машины с горячей камерой сжатия. Чугунный тигель 13 с жидким металлом все время подогревают снизу газом через форсунку 21. Перед заливкой пресс-форму 19 закрывают, и мундштук 18 соединяется с каналом 17. При верхнем положении поршня 16 через отверстие 14 сплав заполняет камеру сжатия 15 и канал. При движении вниз поршень впрессовывает жидкий металл в полость формы. После затвердевания металла давление снимают, поршень движется вверх, форму раскрывают и отливку выталкивают толкателями 20. Машины с горячей камерой сжатия более производительны и расходуют меньше жидкого металла, однако их нельзя применять для литья сплавов с температурой плавления более 500 °С из-за быстрого изнашивания поршня.

В машинах с холодной камерой сжатия поршень контактирует с расплавом в течение короткого промежутка времени и поэтому мало изнашивается. Здесь можно значительно повысить давление, что гарантирует высокую плотность и прочность отливок. Если в машинах с горячей камерой сжатия давление достигает 20 МПа, то в машинах с холодной камерой сжатия при литье алюминиевых и медных сплавов давление может достигать 100-300 МПа.

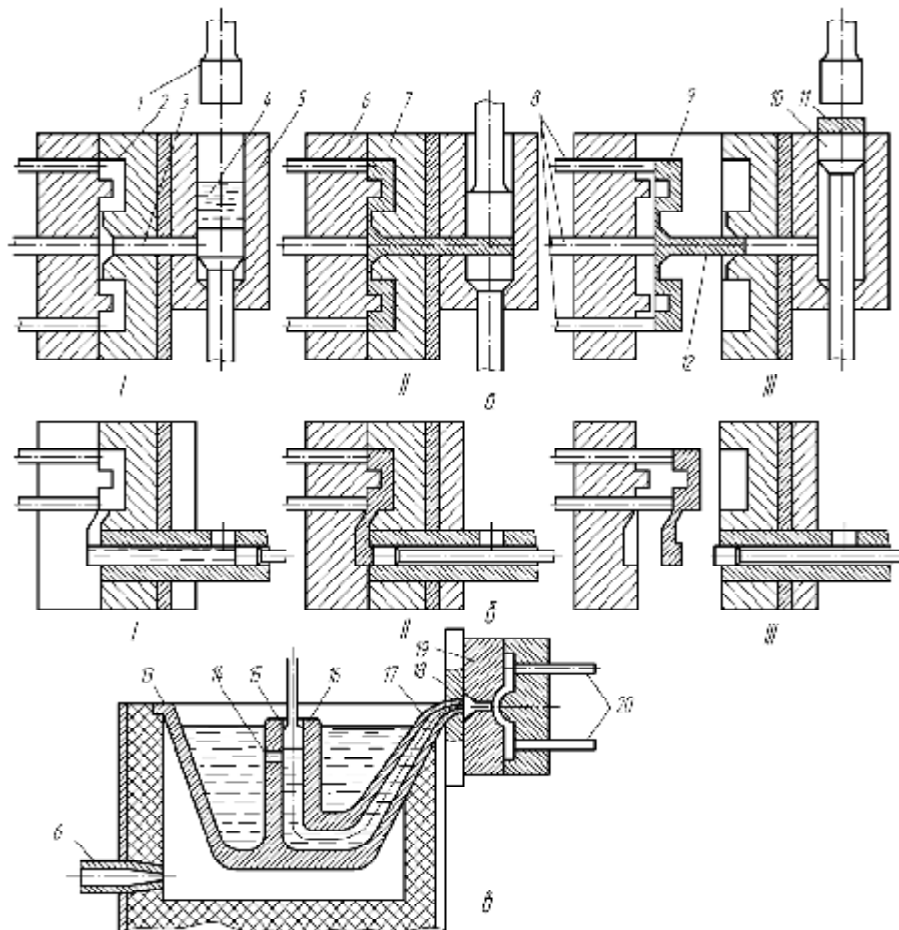


Рис. 212. Схема поршневых машин для литья под давлением

Компрессорные машины, работающие на сжатом воздухе, применяются редко и поэтому здесь не рассматриваются.

*Изготовление отливок литьем по выплавляемым моделям.*

*Сущность метода и область применения.* Сущность состоит в том, что по неразъемной легкоплавкой модели изготавливают неразъемную разовую форму. Модели из этой формы выплавляют, а образовавшуюся полость заливают жидким металлом. При этом способе получаемые отливки настолько точны, что объем механической обработки уменьшается на 80-100 % и в 1,5-2,0 раза сокращается расход жидкого металла. Высокая точность и чистота

поверхности отливки обеспечиваются: применением неразъемных моделей (модели выплавляют и не требуется их расталкивать); отсутствием формовочных уклонов; изготовлением стержней в процессе формовки, а не отдельно в стержневых разъемных ящиках; использованием маршалита (кварцевая мука) в качестве наполнителя в формовочной смеси, что обеспечивает получение гладкой поверхности отливки.

Литье по выплавляемым моделям (рис. 213) применяют при производстве отливок очень сложной конфигурации из любых литейных сплавов, в том числе из высоколегированных сталей, имеющих высокую температуру плавления и трудно поддающихся механической обработке и ковке. Этим способом можно получать отливки массой от 0,02 до 100 кг, с толщиной стенок до 0,5 мм и отверстиями диаметром до 2 мм.

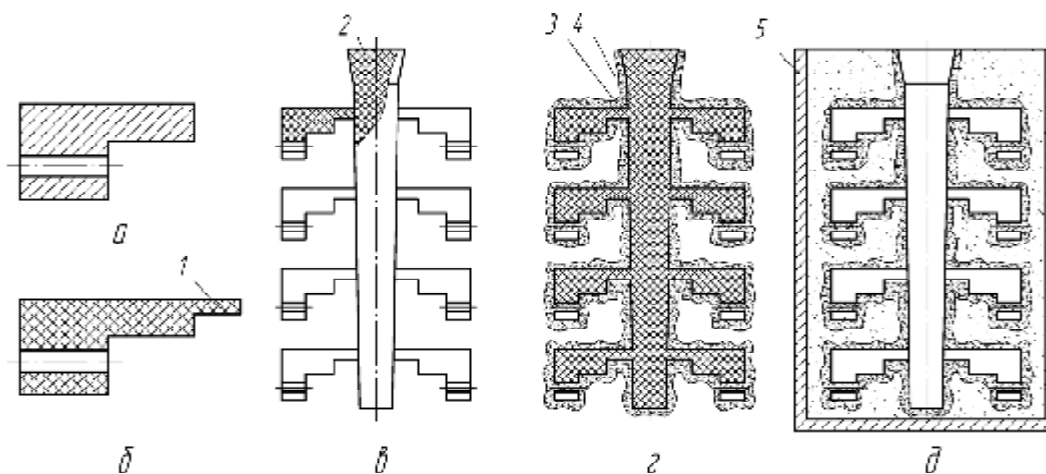


Рис. 213. Литье по выплавляемым моделям

Технология получения отливок литьем по выплавляемым моделям включает следующие этапы: изготовление разъемных пресс-форм; получение неразъемных легкоплавких моделей в пресс-формах; изготовление неразъемной разовой формы по легкоплавким моделям; выплавление моделей из формы; обжиг формы; заливка формы металлом и выбивка готовых отливок.

Разъемные пресс-формы изготовляют из стали или алюминиевых сплавов. Полость пресс-формы точно повторяет конфигурацию и размеры будущей детали с учетом усадки модельного состава.

Неразъемные легкоплавкие модели получают запрессовкой в пресс-форму модельного состава, нагретого до тестообразного состояния. Для его изготовления широко используют легкоплавкие материалы: парафин, стеарин, воск, церезин, канифоль и др. Легкоплавкая модель в отличие от обычной является точной копией изготавливаемой детали: она неразъемна, имеет все внутренние полости, отверстия, резьбу и не имеет стержневых знаков.

На рис. 213 приведен чертеж отливаемой детали (а) и неразъемной модели (б), отличающейся от нее наличием питателя. Модели питателями «при-

паивают» к общему легкоплавкому стояку 2 и в результате получают блок моделей (рис. 213, в). Чтобы изготовить литейную форму, готовый блок моделей; окунают в огнеупорную смесь, представляющую собой суспензию маршалита (60-70 %) в гидролизованном этилсиликате (30-40 %). После окунаний на моделях, питателях и стояке остается тонкая огнеупорная пленка смеси 3 (рис. 213, з). Эта же смесь заполняет все полости и отверстия в моделях, образуя стержни. Для упрочнения огнеупорной пленки блок моделей посыпают мелким сухим кварцевым песком 4. Прилипая к сырой пленке, песок образует огнеупорный слой, который сушат либо на воздухе, либо помещая блок моделей в аммиачную камеру для ускоренной химической сушки. Когда слой высыхает, операции окунания, посыпания песком и сушки повторяют от 3 до 5 раз. После сушки последнего огнеупорного слоя получают форму в виде многослойной оболочки с заформованными легкоплавкими моделями. Форму помещают в сушильный шкаф и выдерживают при температуре более 100 °С или погружают в горячую воду. Модели и элементы литниковой системы (стояк и питатели) плавятся и вытекают из формы. Для выжигания остатков модельного состава из полости, а также для упрочнения оболочки полученную литейную форму в металлическом ящике 5 (рис. 213, д) засыпают металлической дробью и помещают в термическую печь, где обжигают при температуре 800-900 °С. Заливку металла производят в горячую форму, что дает возможность получать тонкостенные сложной конфигурации отливки. Выбивку отливок и отделение литников осуществляют на виброустановках.

Кроме выплавляемых моделей в литейном производстве используют выжигаемые модели при изготовлении ответственных отливок массой до 3,5 т из чугуна, стали и цветных сплавов в индивидуальном производстве. Для изготовления выжигаемых моделей используют пенополистирол, который в 50-100 раз легче древесины, легко режется горячей проволокой и легко склеивается. Склеиванием можно получить полистироловые выжигаемые модели самой сложной конфигурации. Этот метод отличается большой точностью и экономией металла из-за отсутствия формовочных уклонов.

На рис. 214 приведен чертеж отливки (а) и выжигаемой пенополистироловой модели 2 с приклеенными к ней пенополистироловыми элементами литниковой системы 1 (б). Модель с литниковой системой заформовывают песчано-глинистой смесью 3 в металлическом ящике 5 (в). Во время заливки модель с литниковой системой остается в форме и жидкий металл 4 выжигает их и одновременно заполняет полость формы.

*Изготовление отливок литьем в оболочковые формы.*

*Сущность метода и область применения.* Сущность заключается в том, что разовую литейную форму изготавливают в виде оболочки, используя для формовочной смеси в качестве связующего материала фенольные терморезактивные смолы, прочно цементирующие мелкий кварцевый песок, являющийся наполнителем. Изготовление оболочковой формы исключает потребность в опоках, резко снижает расход формовочной смеси, легко механизуется и

автоматизируется. Использование формовочной смеси, состоящей из 92-95 % мелкого кварцевого, магнезитового или циркониевого песка и 4-6 % терморезистивной фенолформальдегидной. Смола, обеспечивает малую шероховатость поверхности и более высокую точность отливок (5-8 класса), чем изготовленных в песчано-глинистых формах, так как оболочка твердеет на модели и сохраняет ее размеры.

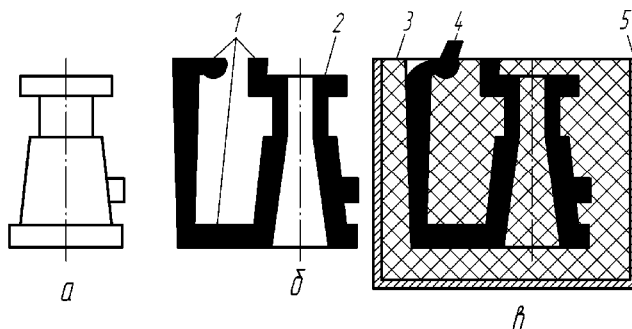


Рис. 214. Литье по выжигаемым моделям

Литье в оболочковые формы применяют в крупносерийном и массовом производствах при получении ответственных фасонных мелких и средних отливок из различных сплавов.

Технология изготовления оболочковой формы (рис. 215) начинается с нанесения пульверизатором на металлическую модельную плиту разделительного состава, облегчающего снятие оболочки. Затем модельную плиту нагревают в электрической печи до температуры 200-220 °С (а), устанавливают над бункером и закрепляют моделью вниз (б). Бункер переворачивают на 180°, и формовочная смесь падает на нагретую модельную плиту (в). При выдержке в течение 20-30 с смола плавится и, обволакивая тонкой пленкой мелкие зерна песка, образует оболочку толщиной 6-8 мм.

Бункер возвращают в исходное положение, и непрореагировавшая формовочная смесь падает на его дно (г). Снятую с бункера модельную плиту с непрочной оболочкой отправляют в электрическую печь с температурой около 350 °С (д). Здесь смола в течение 90-180 с полимеризуется и необратимо твердеет, образуя прочную оболочковую полуформу. По такой же технологии изготавливают другую полуформу.

Для снятия готовой оболочковой полуформы (рис. 216) модельная плита 1 с закрепленной полумоделью 8 снабжена толкателями 4 (а), находящимися на уровне плиты, и толкателями 2, которые выступают из нее и образуют в полуформе углубления. На другой модельной плите (здесь не показано) толкатели расположены на несколько миллиметров ниже плоскости разъема, чтобы образовать выступы на второй полуформе против углублений на первой. С помощью этих выступов и углублений фиксируют положение полуформ при сборке оболочковой формы. При нажатии на плиту б толкатели



снимают полуформу 5 с модельной плиты (б). В одной из полуформ на стержневые знаки устанавливают стержень, закрывают другой полуформой, скрепляют их скобами, струбцинами или склеивают по плоскости разъема. Собранный оболочковую форму 9 помещают в металлический ящик 8, засыпают крупным песком или чугуной дробью 7 и заливают металлом (б). К моменту полной кристаллизации металла отливки смола из смеси выгорает, форма и стержни разупрочняются и легко разрушаются, освобождая отливку при выбивке.

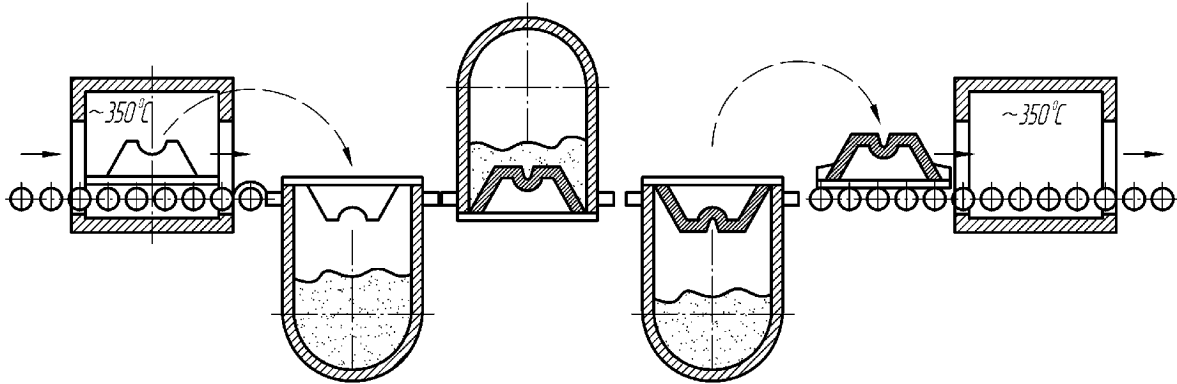


Рис. 215. Схема изготовления оболочковых форм

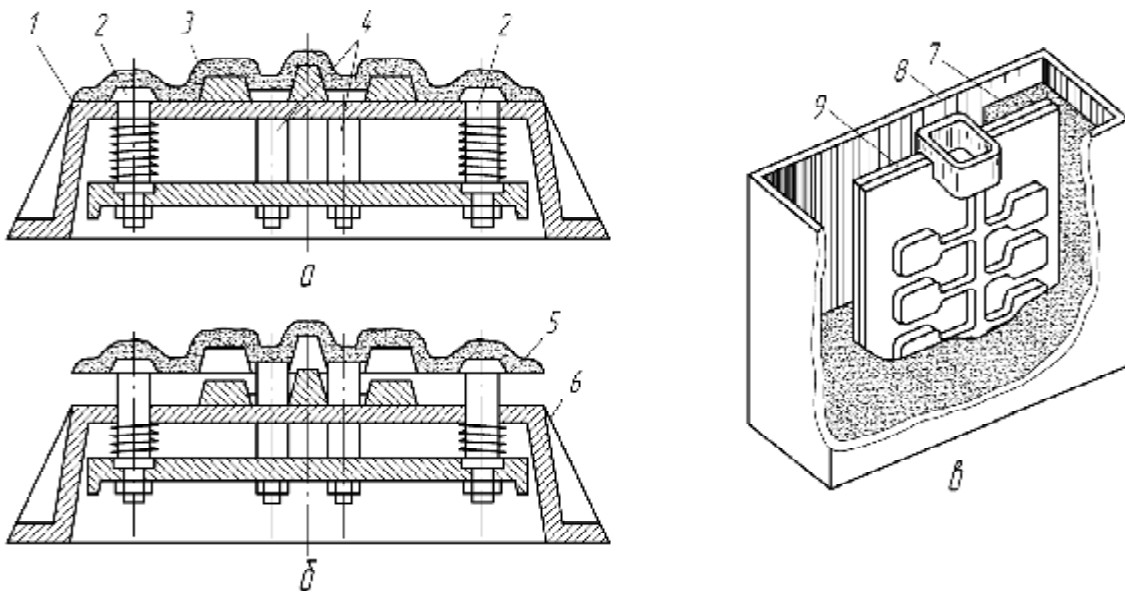


Рис. 216. Модельная плита с оболочковой полуформой и собранная форма

*Изготовление отливок центробежным литьем.*

*Сущность метода и область применения.* Сущность состоит в том, что жидкий металл заливают во вращающуюся с определенной скоростью литейную форму. Она вращается в течение всего времени кристаллизации металла

отливки. При этом металл центробежной силой прижимается к стенкам формы, что обеспечивает получение плотных, с повышенной прочностью отливок, так как газы и шлак, обладающие меньшей плотностью в результате сепарации, вытесняются во внутренние полости отливки и затем их удаляют механической обработкой.

Ось вращения формы может быть горизонтальной, вертикальной и наклонной. Если диаметр отливки значительно меньше ее длины (трубы, гильзы, втулки), то ось вращения формы размещают горизонтально (рис. 217, *а*). Если же диаметр отливки больше, чем ее высота (колеса, шкивы, шестерни), то ось вращения располагают вертикально (рис. 217, *б*). В обоих случаях ось отливки совпадает с осью вращения формы, и внутренняя полость получается без стержней, а толщина стенки отливки определяется количеством заливаемого металла. Этот способ используют при изготовлении отливок, имеющих форму тела вращения. При изготовлении мелких фасонных отливок ось вращения формы может не совпадать с осью отливки. В этом случае внутренние полости образуют с помощью стержней, а металл заливают в центральный общий литник, из которого по радиально расположенным питателям он попадает в полость формы (рис. 217, *в*). Такой способ называется центрифугированием. Использование высокопроизводительных центробежных установок, отсутствие стержней и работ, связанных с их производством, намного повышает производительность труда, а отсутствие литниковой системы и прибылей значительно экономит металл.

Центробежное литье применяют в массовом, серийном и индивидуальном производстве отливок из различных сплавов в металлических и песчаных формах. Этим способом отливают трубы, цилиндрические втулки, гильзы автотракторных двигателей, заготовки для поршневых колес, шестерни, шкивы, орудийные стволы, а также получают двухслойные (биметаллические отливки), поочередно заливая форму различными сплавами.

Центробежный способ получения литых чугунных труб является самым распространенным. На рис. 217, *г* приведена схема центробежной машины. Металлическая форма 3 вращается электродвигателем 1 и охлаждается водой. Форма устанавливается на рельсовой тележке с уклоном 2 - 5. Жидкий чугун из ковша 5 по неподвижному желобку 4 попадает в форму. Форма, помимо вращения, по мере заполнения металлом перемещается влево. В крайнем левом положении форма продолжает вращаться до полной кристаллизации металла. Затем форма возвращается в исходное положение вправо, а труба вместе со стержнем 2 (образующим раструб трубы) удаляется из формы клещами влево.

В труболитейных цехах успешно эксплуатируют линии центробежного литья чугунных труб диаметром 80-125, 100-150 и 200-300 мм с автоматическими установками для изготовления стержней раструба. Поверхность труб при этом получается отбеленной, и возникают значительные внутренние напряжения. Поэтому после удаления из формы трубы отжигают при темпера-

туре 850-920 °С.

*Изготовление отливок электрошлаковым литьем.*

*Сущность электрошлакового литья (ЭШЛ) и область применения.* Сущность заключается в использовании технологии электрошлакового переплава, при котором получают металл самого высокого качества. При ЭШЛ расплавление металла, заполнение им литейной формы и затвердевание отливки происходит непрерывно и одновременно. В обычной литейной технологии эти операции разобщены, что ухудшает качество металла отливки: плавление и заливка загрязняют металл газами, огнеупорами ковша и формовочной смесью, а при кристаллизации больших масс металла развивается ликвация, образуются усадочные и газовые раковины. Если в мелких и средних отливках эти дефекты себя сильно не проявляют, то в крупных отливках, весом в несколько десятков тонн, чтобы их избежать, приходится создавать громоздкие литниковые системы, ставить прибыли, которые увеличивают расход металла и усложняют технологию. Иногда для получения качественной крупной детали взамен дешевой литой применяют дорогую ковванную. ЭШЛ помогает заменить поковки более экономичными литыми, без ухудшения качества.

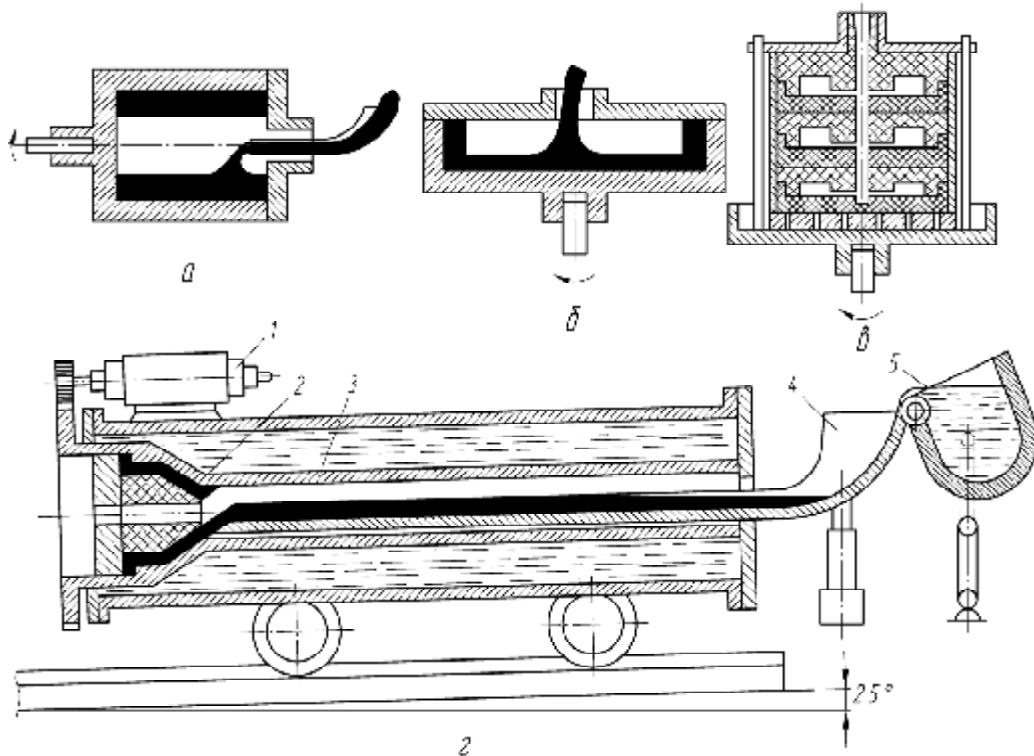


Рис. 217. Схемы центробежного литья

При ЭШЛ литейная форма выполняет две функции: служит плавильным агрегатом и формирует отливку. Процесс происходит под слоем жидкого шлака, который служит источником тепла, очищает металл от серы и фосфо-

ра, защищает его от кислорода и азота воздуха, является тепловой надставкой кристаллизующему металлу, что устраняет усадочные раковины и необходимость в прибылях и образует на поверхности отливки пленку, обеспечивающую чистую поверхность. Кристаллизация отливки снизу вверх с участием малых объемов жидкого металла, что исключает ликвацию и осевую рыхлоту в отливке.

Преимущества ЭШЛ: высокое качество крупной отливки; не требуются плавильные агрегаты, разливочные ковши, формовочные смеси, литниковые системы и прибыли; экономится металл (на каждой тонне готовых изделий экономия металла составляет 2,3 т).

ЭШЛ находит применение в энергетическом машиностроении (задвижки паропроводов сверхвысоких давлений, парогенераторы, корпуса атомных реакторов, литые трубы из труднообрабатываемой аустенитной стали в атомной энергетике); в судостроении (коленчатые валы мощных дизелей); в металлургии (прокатные валки, калибры трубопрокатных станков, кузнечные штампы, кокили для литья труб центробежным способом и др.).

На рис. 218 дана схема получения литого прокатного валка методом электрошлакового литья. Тележки 1, 2, 3 и 4 осуществляют встречное движение электрода 5 и поочередно кристаллизаторов 6, 7 и 8. В нижнем кристаллизаторе 6 формируется левая шейка валка 9 (а, б); в среднем кристаллизаторе 7 формируется бочка валка 10, а в верхнем 8 – правая шейка 11 (в). Кристаллизация идет под слоем жидкого шлака 12.

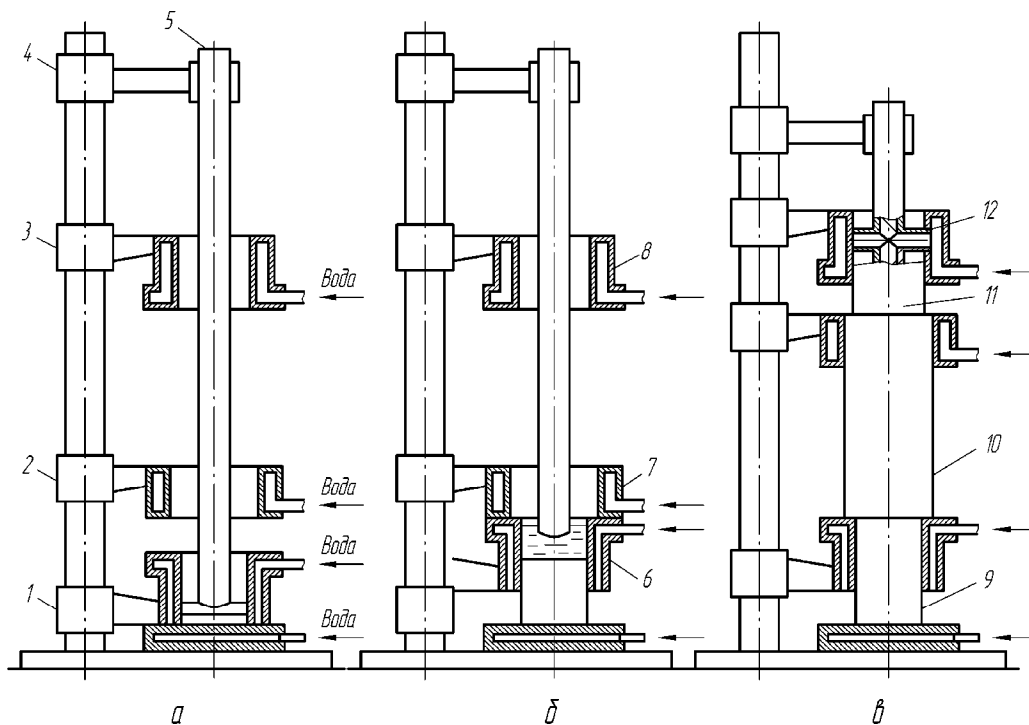


Рис. 218. Схема изготовления прокатного вала электрошлаковым литьем

## Контрольные вопросы.

1. Какие типы машин для литья под давлением применяются для отливок из легких и тяжелых цветных металлов?
2. Из каких частей состоят пресс-формы, и при помощи каких приспособлений производится удаление из них отливок и стержней из отливок?
3. Какие типы и конструкции машин для центробежного литья применяются в промышленности? Дайте их характеристику.
4. Какие установки служат для приготовления состава для выплавляемых моделей?
5. Какие камеры применяются для сушки огнеупорного покрытия?
6. Какое развитие получило литье в кокиль в настоящее время, и какие преимущества оно имеет по сравнению с литьем в песчаные формы?
7. Какое значение имеет толщина стенок кокилей в технологии производства и в обеспечении качества отливок? Чем руководствуются на практике при выборе толщины стенок различных частей кокилей?
8. В каких случаях применяются при кокильной отливке металлические и песчаные стержни и как в зависимости от этого меняются способы крепления их в кокилях?
9. Как вентилируются кокили?
10. Какими приемами обеспечивается нормальная эксплуатация кокилей и предупреждается их преждевременный износ и выход из строя? Какое значение имеет ритм использования кокилей?
11. В чем состоит сущность центробежного литья?
12. Какие существуют способы литья в зависимости от положения оси вращения формы? Какая разница в применении каждого способа?
13. Как устраиваются формы для центробежного литья? Какие применяются материалы для форм и для их футеровки? Какими способами производится нанесение футеровки?
14. В чем заключается сущность процесса литья под давлением, каковы его достоинства, недостатки и области применения?
15. В чем заключается сущность процесса литья по выплавляемым моделям?
16. Чем отличаются от выплавляемых моделей выжигаемые, растворяемые и замораживаемые модели?
17. Чем отличается литье по выплавляемым моделям от обычных отливок в песчаные формы по качеству металла, точности размеров и чистоте поверхности?
18. В чем заключается сущность процесса литья в оболочковые формы?
19. Какие материалы применяются для изготовления формовочных смесей, и какие особые требования предъявляются к связующим материалам?

20. Каков процесс изготовления оболочковых форм, из каких операций он складывается и как проводится вплоть до съема оболочки с модели?
21. Как производится сборка и заливка оболочковых форм?

### **ЛЕКЦИЯ 34.**

#### **ТЕМА: САПР В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

##### План лекции

1. Задачи автоматизированного проектирования литейной технологии.
2. Требования к автоматизированной системе проектирования технологии для данного группового потока.
3. Системы автоматизированного моделирования литейных процессов – состояние, перспективы.

##### *Задачи автоматизированного проектирования литейной технологии.*

Под автоматизированными системами (АС) проектирования технологических процессов в машиностроении понимают совокупность методов, алгоритмов, программ математического обеспечения, технических средств для автоматизированной разработки и оформления документации технологических процессов производства.

В отличие от автоматических систем, действующих без участия человека по установленной для них программе, системы технологического проектирования являются автоматизированными системами, т.е. такими, в которых ряд операций и действий передан для исполнения на ЭВМ, а остальные, наиболее главные и принципиальные, оставлены за человеком.

Использование ЭВМ при проектировании технологических процессов представляет собой одно из основных направлений повышения качества и сокращения сроков технологической подготовки производства.

При решении этой задачи возможны следующие направления: оптимизация процессов изготовления отливок; конструирование оснастки; расчет рациональной трудоемкости проектных и производственных работ; составление сводных ведомостей; формирование требуемой выходной проектной документации.

Основными целями автоматизированного проектирования технологических процессов литейного производства являются: сокращение сроков освоения технологии до ее внедрения; повышение качества технологических решений путем оптимизации процессов, происходящих в литейной форме, использования типовых и унифицированных решений; снижение трудоемкости проектных и конструкторских разработок; разработка технологических конструкций.

Главную задачу автоматизированного проектирования составляет обес-

печение надежности изготовления отливок требуемого качества при заданной производительности и с минимальной стоимостью.

Процесс создания АС проектирования технологии характеризуется большим разнообразием направлений решения данной проблемы. Основной причиной такого разнообразия, по-видимому, является различный характер производств, для которых эти системы разрабатываются. В настоящее время сформировались три основных подхода к проектированию рабочего технологического процесса.

Для мелкосерийного производства мелкого чугунного литья главным фактором экономии затрат в производстве является максимальное использование унифицированной оснастки и оборудования, т.е. рациональное распределение групповых технологических потоков изготовления отливок.

Для производства серий отливок постоянной номенклатуры определенного ряда типоразмеров главным является быстрота оформления технологической документации. Совершенствование технологии этих отливок может происходить независимо, и наилучший отработанный в производстве вариант становится образцом типовой технологии.

При производстве мелкосерийного и индивидуального крупного литья наибольший эффект достигается при уменьшении затрат на исправление дефектов, сокращении или ликвидации периода отладки технологии в производстве, сокращении расхода жидкого металла в связи с увеличением выхода годного и возрастанием коэффициента использования металла.

В соответствии с указанными особенностями производства системы проектирования технологии должны выполнять свои главные производственные задачи.

*Расширение возможностей САПР и особенности применения в производственных условиях.* Для эффективного решения задач создания новых и совершенствования существующих литейных технологических комплексов, развития передовых литейных технологий, автоматизации процессов их проектирования необходимо создать комплекс технических средств и программ для автоматизации процесса проектирования литейной технологии, моделирования процессов заполнения и кристаллизации отливок, создания модельно-стержневой оснастки, формирования необходимой технологической документации.

Примером компьютерного «3D» моделирования литейных процессов методом конечных элементов может служить система ProCast 2005. Система позволяет моделировать практически все варианты литейных технологий с геометрией отливок самой высокой сложности. Включая свободное литье в формы, литье под давлением высоким и низким, литье по выплавляемым моделям и т.д.

Построение системы оригинально в том плане, что составляющие ее модули соответствуют не конкретным литейным технологиям, а физическим задачам, которые позволяют эти технологии смоделировать: расчет течения

потока расплава, напряжений и деформаций, излучения в процессе кристаллизации расплава, фазовых состояний микроструктуры для расплавов и др.

Все модули моделируют реальную физику соответствующих процессов (теплопроводность, потоки, напряжения и т.д.) и таким образом, могут применяться к любому типу технологических процессов литья. Где эти физические явления должны учитываться.

В системе нет также модульного деления в зависимости от применяемых материалов, т.е. один и тот же модуль течения Fluids Module может успешно применяться как для чугуна, так и для стали, алюминия и т.д. Система в этом случае сама учитывает специфику расчета применительно к данному материалу.

В системе реализована база данных материалов и граничных условий процессов, в рамках которой стандартно поставляются 50 наименований материалов форм и сплавов, а также средства ведения собственной базы данных.

Основу системы составляют следующие модули:

- Mesh Cast – модуль генерации «3D» конечно-элементной сетки по геометрии полученной из CAD-системы, может быть дополнительно оснащен возможностью прямого импорта геометрии в формате Parasolid;

- PreCast – модуль ввода и подготовки исходных данных, включая импорт из CAD-системы геометрии системы «отливка-форма», а также все средства определения свойств материалов и параметров расчетного процесса;

- ViewCast – модуль ввода и анализа результатов расчета;

- Pro Cast Thermal Solver – расчетный модуль моделирования теплового процесса, учитывающий процессы затвердевания и формирования усадочных дефектов;

- ProCast Flow Solver – модуль расчета течения потока расплава, анализа заполнения формы;

- ProCast Stress Solver- модуль расчета напряжений и деформаций (термические напряжения) по упруго-пластичным и упруго-вязкопластичным моделям;

- Radiation Option – модуль расчета теплоизлучения в процессе кристаллизации отливки;

- Grain Structure Module – модуль статистического прогнозирования качества процесса кристаллизации отливки, моделирования эволюции зерен от их формирования и роста в структуре расплава при затвердевании;

- Microstructure Module – расчет фазовых состояний микроструктуры для сплавов;

- Inverse Module – модуль обратного моделирования для уточнения граничных условий процесса по полученным экспериментальным замерам.

Расчет в системе реализуется по следующей схеме (рис. 219).



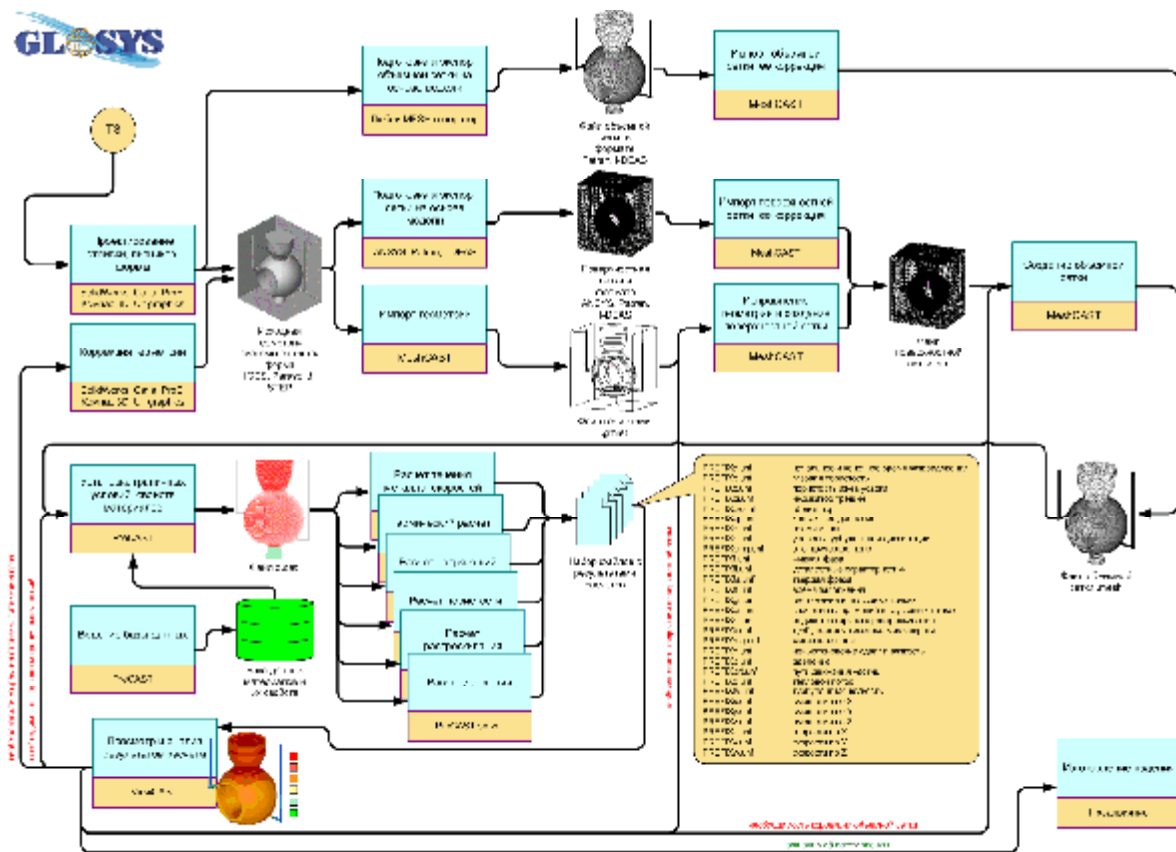


Рис. 219

Применительно к получению отливок в разовые ПГ-формы система Pro Cast позволяет прогнозировать образование усадочных дефектов.

Благодаря модулю Pro Sity рассчитываются области появления макро- и микропористости.

Модель расчета тесно связана с прогнозированием «горячего растрескивания», к которому пористость может привести к появлению деформаций и внутренних напряжений. Система находит и отмечает зоны наиболее вероятного появления таких дефектов (рис. 220).

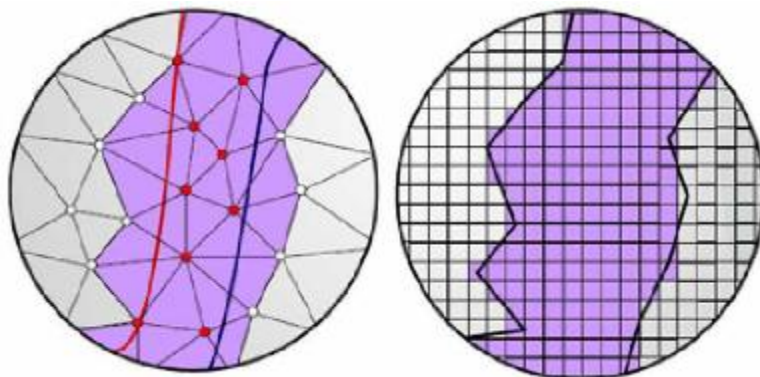


Рис. 220.

При выполнении термических расчетов и анализа течения расплава система вычисляет изменения плотности отливки и при расчете усадки пользователь получает конечную геометрию отливки и данные по усадке (рис. 221).

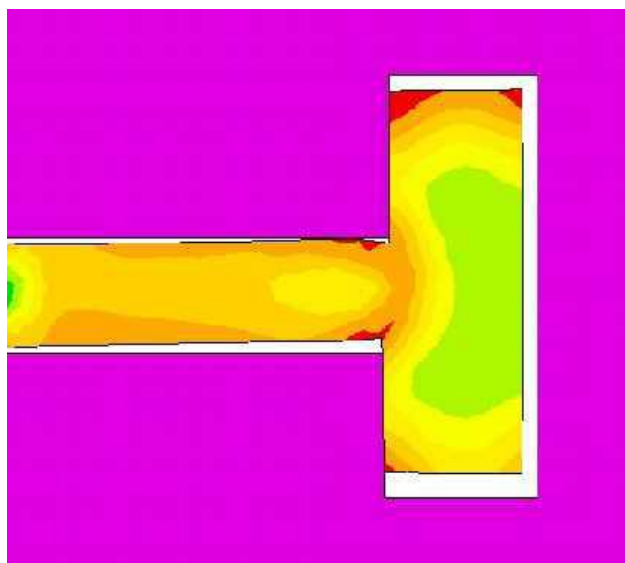


Рис. 221.

Для реализации задач по разработке и созданию конструкции отливки, формы в сборе, расчету литниковой и питающей систем, формированию ТЗ на модельную и стержневую оснастку ЗАО «Литаформ» предлагает использовать специализированную САПР «Отливка».

Активный интерес к САПР «Отливка», определению эффективности ее применения для различных способов получения отливок настоятельно потребовал от разработчиков расширения возможностей системы.

Разработана управляющая программа, позволяющая выбрать тот или иной способ получения отливок.

Для поддержки и осуществления логически правильной работы спроектированных частей САПР разработан монитор, осуществляющий прямые и обратные связи между всеми компонентами САПР (САПР чертежа отливки; САПР технологии литейной формы; САПР ТЗ на создание модельно-стержневой оснастки).

Создана система для проектирования литейной технологии изготовления отливок из черных сплавов, полученных на АФЛ безопочной формовки.

Реализована система ведения проекта с возможностью хранения и вызова при необходимости всех расчетных и технологических параметров, относящихся к данному проекту.

Ниже приведена краткая характеристика программ, входящих в АРМ «Технолог-литейщик», САПР «Отливка».

1. Оценка технологичности. Позволяет проработать чертеж детали с це-

лью определения возможности изготовления отливки выбранным способом. В процессе диалога заполняется и накапливается необходимая технологическая документация.

2. САПР «Чертеж отливки». Предоставляет возможность технологу в диалоговом режиме в зависимости от конструктивных особенностей отливки и технологии изготовления (опочная и безопочная формовка, литье алюминиевых сплавов под давлением) определить: положение отливки в форме и выбрать плоскость разъема; возможность получения отверстий в литье (проливаемость отверстий); количество отливок в форме; возможность формирования полостей «болванами»; границы сложного стержня, параметры знаковых частей для простого стержня по ГОСТ; литые резьбы и минимальные толщины стенок (для литья под давлением); в соответствии с требуемой точностью отливки дифференцировано на каждую поверхность значение припусков на механическую обработку, допуски размеров, масс, формы и расположения поверхностей; формовочные уклоны, литейные радиусы и радиусы сопряжения; место подвода металла с определением дистанции питания при установке прибылей. А также разработать и оформить чертеж отливки в соответствии с требованиями ЕСКД.

3. САПР «Технология литейной формы». Позволяет разработать схему технологии литейной формы с размещением стержней и болванов, разработать или выбрать схему ЛПС и провести расчет для отливок из ВЧ (модифицирование в форме и в ковше), сужающихся и дроссельных систем для отливок из СЧ, КЧ и других чугунов, изготавливаемых на АФЛ опочной и безопочной формовки, с однотипными и разнотипными отливками в форме. Создан набор параметрических фрагментов элементов ЛПС для конструирования литниковых систем.

4. САПР «ТЗ на модельную и стержневую оснастку». Позволяет осуществить: размещение моделей на модельной плите, стержней в стержневом ящике; проверку расстояний между моделями и элементами ЛПС с помощью формуемости полостей.

5. Комплексная система «Точность отливки – ТОТЛ-2» – может работать как в комплексном, так и автономном режимах. Состоит из 8 модулей: программа определения точностных параметров отливки – позволяет осуществить однозначный выбор точностных параметров отливки в зависимости от целого ряда факторов (разработана для всех видов сплавов и всех способов литья); программа назначения баз механической обработки – позволяет технологу-литейщику указать базы механической обработки; программа расчета допусков и припусков на механическую обработку – осуществляет дифференцированное назначение допусков и припусков на поверхности отливки в зависимости от требуемой точности детали и технологических факторов изготовления отливки (разработана для всех видов сплавов и всех способов литья); программа определения и сравнения норм точности отливок – экспериментальные данные, ISO, DIN, ГОСТ 26645-85; программа определения при-

пусков на линейную усадку для отливок из ВЧ, СЧ, КЧ и углеродистой стали, изготавливаемых на АФЛ опочной и безопочной формовки – определение исполнительных размеров дифференцировано по каждой поверхности; программа определения формовочных уклонов – позволяет учитывать конфигурацию и размеры детали, особенности технологического процесса получения отливки, вид формируемой поверхности (разработана для всех видов сплавов и всех способов литья); программа статистической обработки – обработка экспериментальных данных, сравнение средних арифметических значений дисперсий, регрессионный анализ.

В полном объеме САПР «Отливка» разработана для отливок из чугунов, изготавливаемых на АФЛ опочной и безопочной формовки; отливок из стали и алюминия, изготавливаемых на АФЛ опочной формовки; литья алюминиевых сплавов под давлением. Для других способов литья и сплавов требуется частичная доработка и адаптация, при этом, используя опыт Заказчика, может быть создан банк технологий получения отливок конкретного предприятия.

В настоящее время на вооружении литейщиков имеются программы по трехмерному проектированию деталей, специальные программы по определению поведения затвердевающего металла в форме и т.п.

*Компьютерные программы в помощь студентам-литейщикам.* Одним из сложных и трудоемких занятий в практике технолога-литейщика является разработка технологического процесса изготовления отливки.

Для качественного выполнения этой работы требуется: хорошее знание всех переделов производства литья как с теоретической, так и с практической точки зрения; отчетливое представление морфологических, геометрических и пространственных характеристик рассматриваемого дефекта отливки для его классификации; умение анализировать процессы газообразования в форме, объемного и направленного затвердевания стенок отливки, напряженного состояния отливки и другие процессы; способность формирования устойчивых процессов изготовления отливок даже при нарушении ряда параметров (газопроницаемости, газотворности, температуры металла и других).

Совокупность представленных знаний редко встречается на практике в одном человеке. Поэтому разработка автоматизированных систем, содержащих необходимые для литейщика знания при производстве качественного литья, является своевременной и необходимой.

На кафедре имеется программа. Работа с этой программой поможет студенту производить технологические расчеты параметров отливки: расчет литниково-питающих систем; температуры заливки; времени охлаждения; выбора опок; заполнения технологической карты и оформление чертежа модельно-литейных указаний. Все эти параметры являются составляющими полного технологического расчета.

Для ускорения такого расчета и удобства работы разработана программа «Waves», которая работает с динамической базой данных из технологических чертежей отливок и примеров полного технологического расчета, до-

полнительно к этому она осуществляет пошаговый полный технологический расчет для конкретно заданной отливки.

Программа написана на языке программирования Object Pascal в визуальной оболочке Delphi. Полный пошаговый технологический расчет осуществляется с помощью независимых утилит, которые так же реализованные на языке Object Pascal, что позволяет осуществлять пошаговый полный технологический расчет. Так же можно использовать расчет отдельно интересующего нас момента.

Для того чтобы заформовать технологически правильно отливку, студент должен правильно ее представить в трехмерном изображении. Это обеспечивается с помощью заранее спроектированных «3D» моделей занесенных в базу данных. Проектирование «3D» моделей осуществляется с помощью пакета трехмерного твердотельного параметрического моделирования Solid-Works 2006. В качестве примера на рис. 222 приведена «3D» модель отливки «Зуб ковша».

После анализа отливки в трехмерном изображении, студент с помощью утилит и теоретических данных, находящихся в программе, осуществляет выбор положения отливки в форме, расчет литниково-питающей системы, расчет узлов питания (прибыли, бобышки, выпоры и прочее). Каждая утилита имеет возможность выдавать чертежи элементов конкретных позиций.

Программа также содержит разработанный пакет прикладных программ (ППП), который включает в себя программы рассчитывающие классы точности размеров, масс, степеней коробления, ряда припусков на механическую обработку, формовочные уклоны, используемые студентом при проектировании модельно-стержневой оснастки.

Для получения отливок в песчано-глинистые формы предлагается компьютерный метод, позволяющий без проведения дополнительной доводки техпроцесса получить заполненную технологическую карту изготовления отливки и чертеж литейно-модельных указаний в трехмерном изображении.

При разработке техпроцесса получения отливки необходимо предусматривать возможность возникновения в ней тех или иных дефектов.

Зная характер и причины возникновения того или иного дефекта, его появление можно предотвратить. Для этих целей имеется компьютерный альбом наиболее встречающихся дефектов в отливках из черных сплавов. Фрагмент из альбома с дефектом усадочного характера приведен на рис. 223. Изучая этот материал, самостоятельно, студент получает полную информацию о логической последовательности определения дефектов по цвету, виду, расположению, форме и т.д. в виде классификатора, что позволит ему безошибочно его определить. После изучения такого альбома студент разрабатывает технологию с учетом технологических параметров, которые могут привести отливку к браку.



ма позволяет моделировать условия создания устойчивых технологических процессов к колебаниям технологических параметров.

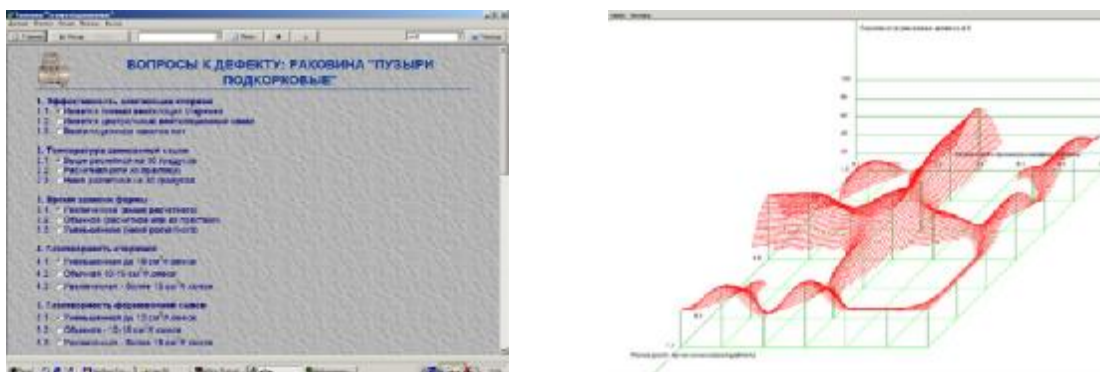


Рис. 224. Окна программы «Экспертная система»

*Пример.* При наличии колебания температуры заливаемого металла и заливке его во влажную форму с большой высотой (имеются три отрицательные причины), часто возникает размыв литниковой системы с образованием в отливке песчаных раковин. Параметром, обеспечивающим устойчивость технологического процесса, в данном случае может быть установка части литниковой системы (глубокий зумпф с дросселем), изготовленной из жидкостекольной смеси с отверждением в сушиле.

Повышение эффективности технологических систем на основе использования вычислительной техники является одним из перспективных направлений технического процесса литейного производства.

Контрольные вопросы.

1. Что такое САПР?
2. Что такое компьютерное моделирование?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Седова, М.В. Музыка затвердевания в металле [Текст] / М.В. Седова, И.М. Пешкова. – : Изд-во ООО «Корпорация Левъ», 2002. – 125 с.
2. Василевский, П.В. Технология стального литья [Текст]: Инженерная монография / П.В. Василевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.
3. Технология литейного производства [Текст] / Б.С. Чуркин [и др.]; УГППУ. – Екатеринбург, 2000. – 199 с.
4. Шуляк, В.С. Производство отливок по газифицируемым моделям [Текст] / В.С. Шуляк, С.А. Рыбаков / под ред. В.С. Шуляка. – М.: МГИУ, 2001. – 330 с.
5. Сафронов, В.Я. Справочник по литейному оборудованию [Текст]/ В.Я. Сафронов. – М.: Машиностроение. – 1985. – 320 с.
6. Болдин, А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия: Справочник [Текст] / А.Н. Болдин, Н.И. Давыдов, С.С. Жуковский и др. – М.: Машиностроение, 2006. – 507.
7. Рекомендации по разработке литейной технологии на отливки из чугуна, стали и цветных сплавов [Текст] / НИИцветмет экономики и информации. – М., 1980. – 140.
8. Зотов, Б.Н. Художественное литье. – М.: Машиностроение, 1982. – 287 с.
9. Гуляев, Б.Б. Формовочные процессы [Текст] / Б.Б. Гуляев, О.А. Корношкин, А.В. Кузин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
10. Технология литейного производства. Формовочные и стержневые смеси [Текст]: учеб. пособие для вузов / под ред. С.С. Жуковского, А.А. Болдина, А.И. Яковлева. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2002. – 470 с.
11. Литье по выплавляемым моделям [Текст] / В.Н. Иванов, С.А. Казеннов, Б.С. Курчман и др.; под общ. ред. Я.И. Шкленника, В.А. Озерова. – 3-изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.
12. Филиппенков, А.А. Стальные отливки [Текст] / А.А. Филиппенков. УрОРАН. – Екатеринбург, 2002. – 275.
13. Воронин, Ю.Ф. Атлас литейных дефектов «Черные сплавы» [Текст] / Ю.Ф. Воронин, В.А. Камаев. – М.: Машиностроение, 2005. – 328 с.
14. [www.glosys.ru](http://www.glosys.ru). ProCast 2005 [Электронный ресурс].
15. Косников, Г.А. Литейное производство. Проектирование технологии получения отливок в разовых формах [Текст]: учеб. пособие / Г.А. Косников, Л.М. Морозова / СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 51 с.
16. Дубровин, В.К. Технология литейного производства [Текст]: учеб. пособие / В.К. Дубровин, А.В. Капринский, Л.Г. Знаменский. – Челябинск: Изд-во: ЮУрГУ, 2006. – 145 с.
17. Анисимов, Н.Ф. Проектирование литейных деталей [Текст] / Н.Ф. Анисимов, Б.Н. Благов. – М.: Машиностроение, 1967. – 277 с.



18. Леушин, И.О. Основы систем автоматизированного проектирования для литейщиков [Текст] / И.О. Леушин [и др.]. / Нижегород. гос. Ун-т. Н. – Новгород, 2002. – 253 с.
19. Герасимов С.П. Технология художественного и прецизионного литья: Лаб. Практикум. – М. МИСиС, 2001. – 119с.
20. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: В 2 т. / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. – М.: машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.
21. Воздвиженский, В.М. Контроль качества отливок [Текст] / В.М. Воздвиженский, А.А. Жуков, В.К. Бастраков. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
22. Руководство технолога-литейщика [Текст] / НТО НИИПТМаш. – Краматорск, 1990. – 116 с.
23. Назаратин, В.В. Технология изготовления стальных отливок отечественного назначения [Текст] / В.В. Назаратин. – М.: Машиностроение, 2006. – 234 с.
24. Курдюмов, А.В. Производство отливок из сплавов цветных металлов [Текст] / А.В. Курдюмов [и др.]. – М.: МИСиС, 1996. – 504 с.
25. Рекомендации по разработке литейной технологии на отливки из чугуна, стали и цветных сплавов [Текст] / НИИцветмет экономики и информации. – М., 1980. – 140 с.
26. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.
27. Филиппов, Г.И. Литые заготовки и способы их получения [Текст]: учеб. пособие / Г.И. Филиппов; /ЛПИ. – Л., 1985. – 88 с.