

Федеральное агентство по образованию  
Ульяновский государственный технический университет

*Ю. А. Курганова, С.В. Курганов*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ**

### **Учебное пособие**

для студентов, обучающихся по специальности 150201  
«Машины и технология обработки металлов давлением»

Ульяновск 2006

УДК 621.744 (075)

ББК 34.61 я 7

К 93

Рецензенты: профессор, д-р техн. наук Филимонов В. И., технический директор  
ООО «Пластметпроект» Куркалов С. М.

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве учебного  
пособия

**Курганова, Ю. А.**

- К 93 Проектирование литейных форм: учебное пособие для студентов,  
обучающихся по специальности 150201 «Машины и технология  
обработки металлов давлением» / Ю. А. Курганова, С. В. Курганов. –  
Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 54 с.  
ISBN 5 – 89146 – 888 – 3

Предназначено для студентов машиностроительных факультетов,  
специализирующихся в области обработки металлов давлением. В пособии  
рассмотрены теоретические основы и предложены практические методы и  
примеры проектирования литейных форм.

Работа подготовлена на кафедре «Материаловедение и ОМД».

**УДК 621.744 (075)**

**ББК 34.61 я 7**

© Ю. А. Курганова, С. В. Курганов, 2006

© Оформление. УлГТУ, 2006

ISBN 5 – 89146 – 888 – 3

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Технологичность отливки</b> .....	5
<b>2. Чертеж отливки</b> .....	17
<b>3. Чертеж собранной формы</b> .....	19
<b>4. Систематизация конструктивных элементов оснастки</b> .....	22
<b>5. Выбор способа изготовления отливки</b> .....	24
<b>6. Формы для гравитационного заполнения</b> .....	26
6.1. Одноразовые формы из песчано – глинистых смесей.....	26
6.2. Одноразовые оболочковые формы.....	32
6.3. Многоразовые формы (кокили).....	33
<b>7. Формы для специальных видов литья</b> .....	40
7.1. Формы для литья под низким давлением.....	40
7.2. Кокиль для литья методом направленной кристаллизации.....	42
7.3. Формы для литья выжиманием.....	43
7.4. Пресс-формы для литья под давлением.....	45
<b>8. Технический контроль в литейном производстве</b> .....	48
8.1. Дефекты отливок и причины их возникновения.....	48
8.2. Методы дефектоскопии отливок.....	51
8.3. Методы исправления дефектов в отливках.....	51
<b>Заключение</b> .....	52
<b>Контрольные вопросы</b> .....	53
<b>Библиографический список</b> .....	53

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время объем литых деталей, применяемых в промышленности, непрерывно возрастает. Литые детали находят применение в таких отраслях, как авиация, судостроение, радиотехника, электроника и др. В условиях современности к отливкам предъявляются все более высокие требования по конструкционным показателям, устойчивости к агрессивным средам, жаропрочности и другие, ранее считавшиеся необычными требованиями.

Стремление разработчиков шире применять в конструкциях литые детали, обусловлено большими возможностями литья, как метода получения рациональной заготовки, и объясняется тем, что свойства литой заготовки максимально приближены к свойствам готовой детали. Наряду с этим наблюдается тенденция уменьшения массы изделий, что приводит к противоречию между требованиями высокой надежности и стремлением к уменьшению массы конструкции. Кроме того, при конструировании изделия необходимо учитывать соответствующие производственные условия.

Работа конструктора по оснастке должна быть тесно связана с работой конструктора изделия. Для этого в каждой отрасли промышленности существуют соглашения, в которых оговорены технические условия на поставку литья.

Конструктор изделия должен знать технические приемы, применяемые при изготовлении оснастки и литейной формы. Конструкцию оснастки необходимо выполнять с той же точностью, что и конструкцию изделия, а чертежи оснастки должны быть одинаково понятны и инженеру – изготовителю оснастки, и контролеру модельного или инструментального цеха, проверяющего точность изготовления. Только тогда полученные отливки будут в точности соответствовать конструкции, а снижение степени надежности, которое может быть при неточности изготовления детали, будет сведено до минимума.

Таким образом, существуют две стороны деятельности конструктора оснастки – выполнение проекта оснастки в соответствии с замыслом конструктора изделия и выполнение проекта в соответствии с возможностями производства. Существует еще один достаточно важный момент – технология литья детали, которую следует рассмотреть подробнее.

Основным исходным документом для проектирования литейной формы или модельного комплекта оснастки является **техническое задание на проект**. В зависимости от сложности и новизны поставленной задачи созданию технического задания предшествует решение того или иного круга технологических вопросов.

Практика показывает, что рациональность конструкции и высокая точность отливок достигается при совместной проработке технологичности литой детали конструктором основного изделия, конструктором литейной оснастки, технологом-литейщиком и технологом механической обработки. При конструировании необходимо анализировать техническую и экономическую целесообразность предполагаемого способа изготовления отливки с учетом всех технических особенностей (положение отливки в форме, плоскость разъема, число и рациональность сборки стержней, конструкция литниковопитающей системы).

## 1. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ОТЛИВКИ

Литая деталь при минимальной массе должна иметь необходимую прочность, которая зависит от механических свойств сплава и конструкции самой детали. С учетом этого определяют возможность получения необходимых механических свойств у сплава, выбранного для деталей данной конструкции, и, если это возможно, определяют наиболее оптимальный способ литья. При любом способе литья желательно соблюдать равномерность толщин стенок. Известны способы, которые позволяют избежать больших массивов при сопряжении стенок. Например, при сопряжении стенки 2 под углом  $90^\circ$  и цилиндрической поверхности (рис. 1, б) массив сопряжения меньше, чем при сопряжении по касательной (рис. 1, а). Кроме того, благодаря окнам 4 в ребре 3 удается избежать сочленения четырех стенок в опасном месте. Применение данного способа позволит избежать появления усадочных дефектов или уменьшить их вредное действие.

В случае значительной разницы толщин сопрягающихся стенок переход от толстой стенки к тонкой должен осуществляться плавно. Выполнение в месте сопряжения только галтели (рис. 2, а) может привести к образованию усадочной трещины, поэтому в месте сопряжения должны выполняться усадочные ребра (рис. 2, б и в).

Для создания рациональных условий питания отливки во время кристаллизации необходимо при проектировании литой детали применять принцип вписанной окружности (рис. 3), по которому диаметр вписанной окружности (с учетом припусков на механическую обработку) должен увеличиваться в направлении питающей прибыли (рис. 3, б). Несоблюдение этого (рис. 3, а) приводит к образованию усадочных дефектов даже при установке холодильников, так как в данном случае холодильники лишь перемещают раковину, не меняя условий питания.

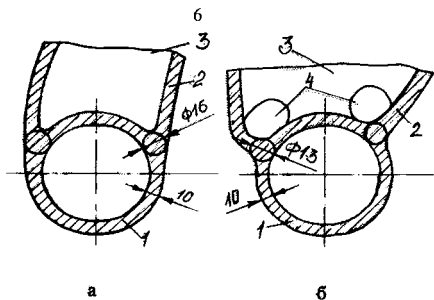


Рис. 1. Сопряжение стенок: а – нежелательное, б – правильное

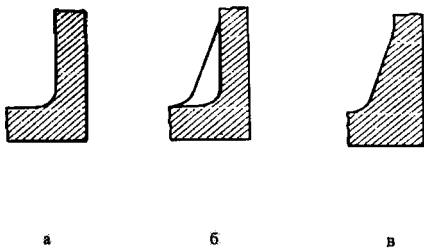


Рис. 2. Сопряжение стенок: а – галтели (в этом случае остается возможность появления усадочных трещин), б, в – оребренные, обеспечивающие плавные сопряжения

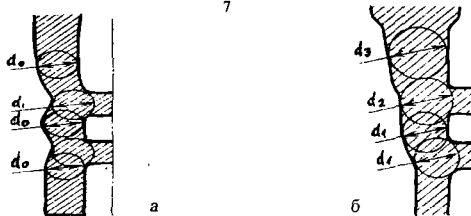


Рис. 3. Принцип вписанной окружности: а – неправильная конструкция; б – правильная

На рис. 4 показана неправильно и правильно спроектированная отливка. Имея одну и ту же функциональную конструкцию, вторая (рис. 4, б) позволяет избежать усадочных раковин и трещин благодаря рациональному распределению толщины стенок, величины припусков на механическую обработку и правильному расположению противоусадочных ребер. Однако не всегда возможно увеличение толщины стенки, в этом случае приходится увеличивать припуски на механическую обработку также по принципу вписанной окружности.

При литье под низким давлением диаметр вписанной окружности должен увеличиваться в направлении устья металлопровода для эффективного пропитывания нижней группы тепловых узлов, так как в устье металлопровода действуют не гравитационные силы, а давление газа на зеркало расплава в раздаточной емкости, которое передается через расплав и намного превышает металлостатическое давление (рис. 5).

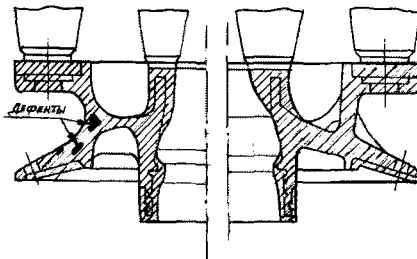


Рис. 4. Реализация принципа вписанной окружности для литья под низким давлением

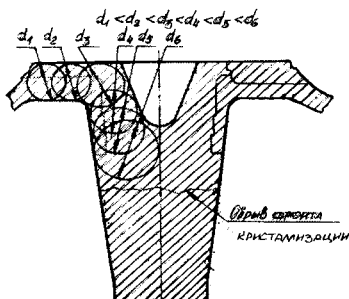


Рис. 5. Стенки, припуски и ребра в конструкциях отливок

Вписанная окружность с наибольшим диаметром будет в самом устье металлопровода, где по окончании кристаллизации отливки необходимо оборвать фронт кристаллизации. Ниже устья находится коническое сужение металлопровода, которое позволяет вынимать отливку из формы. Эту зону подогревают для обеспечения пропитывания отливки во время действия давления и для слива излишков расплава при прекращении действия давления в конце формирования отливки.

В случае, когда имеется верхняя группа тепловых узлов, пропитываемых обычными гравитационными прибылями, сохраняется принцип вписанной окружности с увеличением диаметра к верху прибыли. Приведенные выше примеры доказывают необходимость особого подхода к технологичности отливок, получаемых негравитационными методами литья.

Питание нижних тепловых узлов (нижний фланец) нельзя осуществить за счет работы верхних прибылей, поэтому необходимо применять холодильники в сочетании с нижним питающим коллектором (рис. 6).



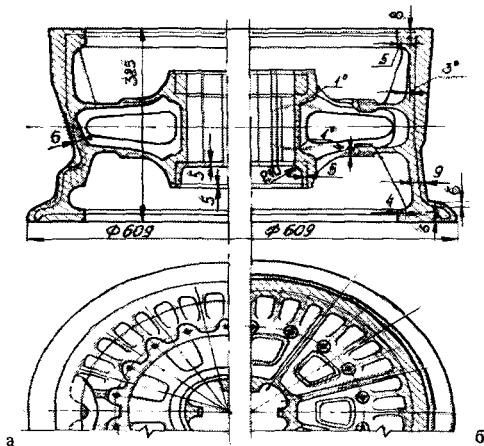


Рис. 6. Припуски на механическую обработку в отливке барабана колеса: а – возможные, б – желательные

Литая деталь должна иметь минимальное число горизонтальных элементов, особенно с большой поверхностью. В горизонтальных элементах возможно образование незаливов, неспаев, нередко образуются газовые раковины и скапливаются неметаллические включения. Желательно горизонтально расположенные поверхности большой площадью (рис. 7, а) заменять наклонными (рис. 7, б).

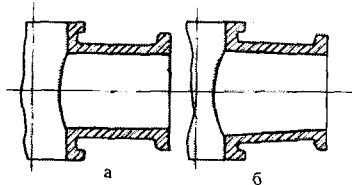


Рис. 7. Формы отливок с горизонтальными элементами:

а – нежелательная конструкция; б – предпочтительная

Особенно опасны горизонтальные стенки при заполнении расплавом с двух сторон (рис. 8, а), так как при встрече двух горизонтальных потоков особенно резко могут проявиться дефекты из-за неполной эвакуации газов. Избежать этого можно, изменив конструкцию (рис. 8, б) и способ заливки (рис. 8, в).

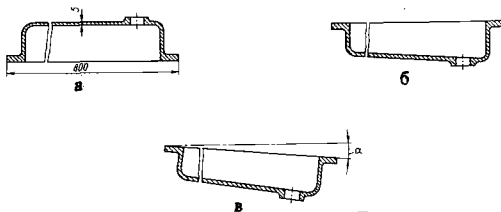


Рис. 8. Конструкция отливок с развитой горизонтальной стенкой:  
а – нежелательная; б – предпочтительная; в – желательная

Правильной конструкцией литой детали будет конструкция с наименьшим числом плоскостей разреза формы (рис. 9). Лучше, если отливка располагается в одной части формы (рис. 9, б), при этом максимально упрощается конструкция формы и обеспечивается большая точность отливки. Нежелательное расположение отливки в полуформах показано на рис. 9, а.

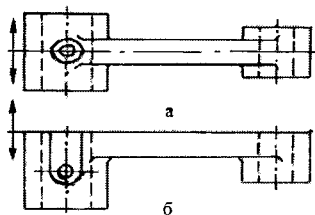


Рис. 9. Расположение модели в полуформах:  
а – в двух (нежелательно); б – в одной (предпочтительно)

В случае расположения отливки в разных частях формы необходимо стремиться к тому, чтобы вся поверхность разъема формы располагалась в одной плоскости (рис. 10, а). При невозможности выполнения этого условия (рис. 10, б) разъем может находиться в разных плоскостях, ориентированных относительно друг друга под одинаковыми углами. Угол наклона промежуточной плоскости разъема не должен быть больше  $5 \dots 10^\circ$ , чтобы заусенец на отливке в месте стыка был минимальным.

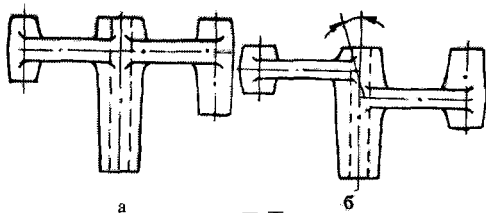


Рис. 10. Плоскости разъема формы: а – предпочтительная; б – нежелательная

Следует избегать консольной установки стержней (рис. 11, а), а смежные внутренние полости детали целесообразнее соединять в одну или выполнять в промежуточных стенках отверстия для соединения группы стержней (рис. 11, б).

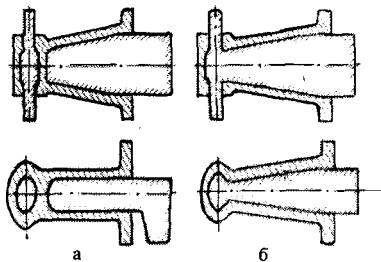


Рис. 11. Плоскости разъема формы:  
а – предпочтительная; б – нежелательная

В стенках детали, образуемых с помощью стержней, следует выполнять окна для выхода стержневых знаков. Окна должны быть таких размеров и формы, которые позволили бы выпустить знак, надежно фиксирующий стержень в форме. Через эти же окна выводятся газы, образующиеся в стержне при заливке формы сплавом, и удаляют стержень из отливки, очищают поверхности полости и производят контроль отливки.

При анализе чертежа детали следует особенно внимательно прорабатывать форму полостей отливки с тем, чтобы за счет некоторых конструктивных изменений снизить трудоемкость и стоимость изготовления отливки. Там, где это возможно, полости отливок желательно делать открытыми (формующимися) (рис. 12). Это позволяет не применять песчаных стержней и, следовательно, удешевляет изготовление, уменьшаются припуски на механическую обработку, обеспечивается точность отливки.

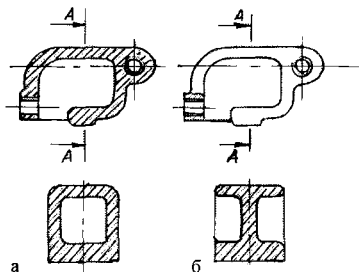


Рис. 12. Конструкция отливки с полостями

Для получения наружных углублений в детали применяют стержни или вкладыши в модели. Изменяя конструкцию литой детали, можно убрать выемки и углубления, выполняя фланец внутрь (рис. 13), что упрощает конструкцию оснастки, не ухудшая конструкцию детали.

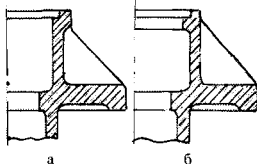


Рис. 13. Конструкция литой детали с фланцем: а — наружным; б — внутренним

Деталям, изготавливаемым из сплавов с большим процентом литейной усадки и имеющим значительной величины плоские поверхности (рис. 14, а), следует придавать изогнутую форму или предусматривать в них ребра жесткости (рис. 14, б). Это предотвращает коробление отливки, позволяет уменьшить сечение отдельных частей.

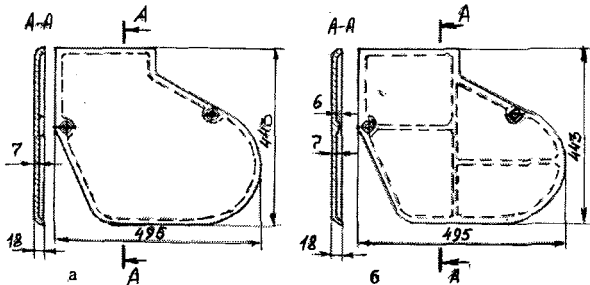


Рис. 14. Отливки, склонные к короблению: а — плоские протяженные; б — оребренные

Однако следует помнить, что большое число ребер жесткости затрудняет усадку, удаление отливки из кокиля и может быть причиной образования трещин. Для внутренних напряжений в местах сопряжений стенок различного сечения и для уменьшения коробления отливок следует правильно сочетать наружное и внутреннее оребрение отливки.

На рис. 15 приведен пример корректировки конструкции детали с учетом направленности оребрения.

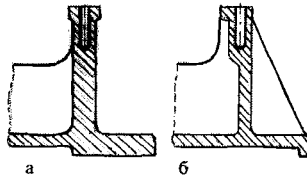


Рис. 15. Рациональное оребрение отливки:

а - нежелательная конструкция; б - предпочтительная конструкция

Правильным соотношением толщины стенки, наружного ребра и внутренней ребра является  $1 : 0,8 : 0,7$ . Толщина внутренних стенок детали, получаемых в стержнях, должна быть примерно на 15 ... 20 % меньше толщины наружных стенок для одновременного остывания элементов отливки.

Необходимо стремиться упрощать конструкцию детали, но не за счет точности или герметичности, составляя ее из нескольких отдельных, более простых элементов, которые затем соединяются сваркой.

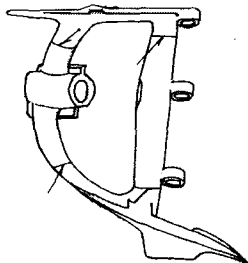


Рис. 16. Литосварная конструкция ахтерштевня

Большое распространение имеют крупногабаритные литосварные конструкции (рис. 16).

Толстостенную деталь типа лопасти получают механической обработкой из заготовки массой 4,69 кг, а при использовании литейных технологий заготовка может иметь 2,1 кг (рис. 17).

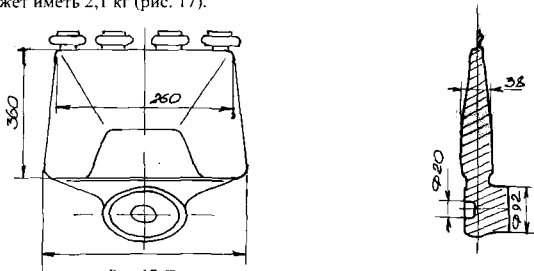


Рис. 17. Толстостенная заготовка типа лопасти

Анализ технологичности литой детали должен учитывать имеющийся опыт предприятия и технические возможности литейного цеха. Для определения недостатков конструкции литой детали, которые могут быть причиной образования дефектов из-за нетехнологичности конструкции, рассматривают общую конфигурацию детали, основные размеры, толщины стенок, ребер, соотношение толстых и тонких участков детали, технические требования к ней.

Зачастую конструктор литой детали, то есть конструктор основного изделия, разрабатывает деталь на основе сложившихся традиции проектирования подобных изделий, учитывающих другие технологические процессы, например, клепку из прокатных заготовок.

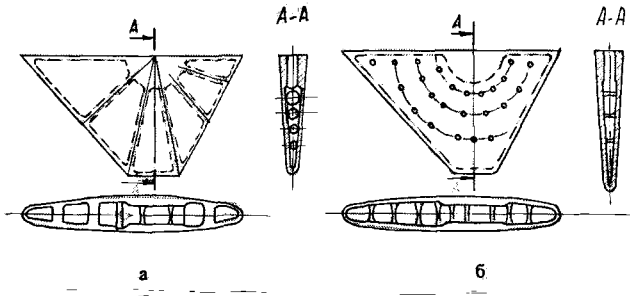


Рис. 18. Конструкция цельнолитого клия:

а — с внутренним оребрением; б — с соединительными тонкими бобышками

Рассмотрим чертеж литой детали (рис. 18, а), которая создавалась на базе сборной конструкции, состоящей из листовой обшивки, образующей боковые поверхности, и профильных ребер, направленных от основания крепления к периферии детали. Такая конструкция оправдана при изготовлении клепкой. Однако в литом варианте возникают следующие трудности: сложность в точной стыковке пластин стержневого ящика, образующих ребра, в достижении высокой плотности стержневой смеси при формовке стержня и выбивке стержневой смеси из отливки и контроля из-за многочисленных глухих полостей. В местах сопряжения ребер с боковой поверхностью отливки

возможно образование усадочных дефектов. Проработка конструкции литой детали позволила отойти от традиционных форм и найти принципиально новое решение, отвечающее литейной технологии (рис. 18, б). В данном случае боковые поверхности детали соединяются множеством тонких бобышек, расположенных таким образом, чтобы не препятствовать набивке и выбивке стержневой смеси и осуществлять контроль готовой отливки.

Аналогичная ошибка разработчика наблюдается и в конструкции такой распространенной детали, как пилон для навески дополнительных топливных баков на самолет (рис. 19). Эта деталь представляет собой коробчатую плоскую конструкцию, состоящую из двух стенок, соединенных между собой по-разному ориентированными ребрами, стенками, перегородками с отверстиями, бобышками, втулками и бонками.

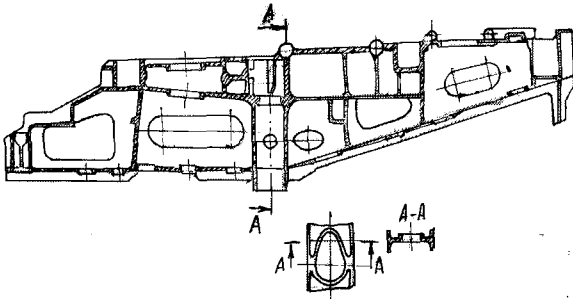


Рис. 19. Конструкция литого каркаса пилона

Особую трудность при изготовлении отливки вызывает выполнение внутренних глухих полостей отливки, что осложняется имеющимися по краям отверстий отбортовок (рис. 19), которые препятствуют прямой формовке стенок и требуют применения стержней. Поэтому в данной конструкции применяли стержни, которые формировали полость отливки. Естественно, что большое число стержней усложняет технологию сборки формы и снижает точность отливки.

Применение отбортовок в конструкции детали объясняется так же, как и в предыдущем случае, изготовлением ранее подобной конструкции клепкой из листовых заготовок. Отверстия в листовых перегородках



отбортовывались для создания нагартовки и утолщений, препятствующих образованию трещин по периметру отверстия при нагрузках, возникающих во время работы. Это широко применяется в листовых конструкциях. При переходе на изготовление подобной детали литьем конструктор основного изделия автоматически использовал эту конструкцию стенки. Замена отборонок формуемым утолщениями (рис. 19) позволила изготавливать два монолитных полустержня, формирующих всю внутреннюю полость детали, что сделало технологический процесс простым и способствовало повышению точности изготовления.

При всей условности оценки технологичности в отливке можно найти слабые места конструкции и целенаправленно провести доработку. Однако число критериев технологичности и их составляющих должно быть на порядок больше. Определить их можно, только проработав большой фактический материал, учитывая положительный опыт и ошибки. Большую помощь в этом может оказать создание классификаторов отливок и технологических процессов, данные которых можно обрабатывать на ЭВМ.

## 2. ЧЕРТЕЖ ОТЛИВКИ

На основании чертежа литой детали и чертежа модельно-литейных указаний, разрабатываемого технологической службой литейного цеха, выполняется чертеж отливки (рис. 20). Чертеж отливки должен содержать технические требования и все данные, необходимые для разработки чертежа собранной формы, контроля и приемки отливки. Чертеж отливки разрабатывается конструкторским подразделением модельного цеха или службой главного металлурга.

Чертеж отливки имеет следующие отличительные особенности:

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, обнзюков 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

Рис. 20

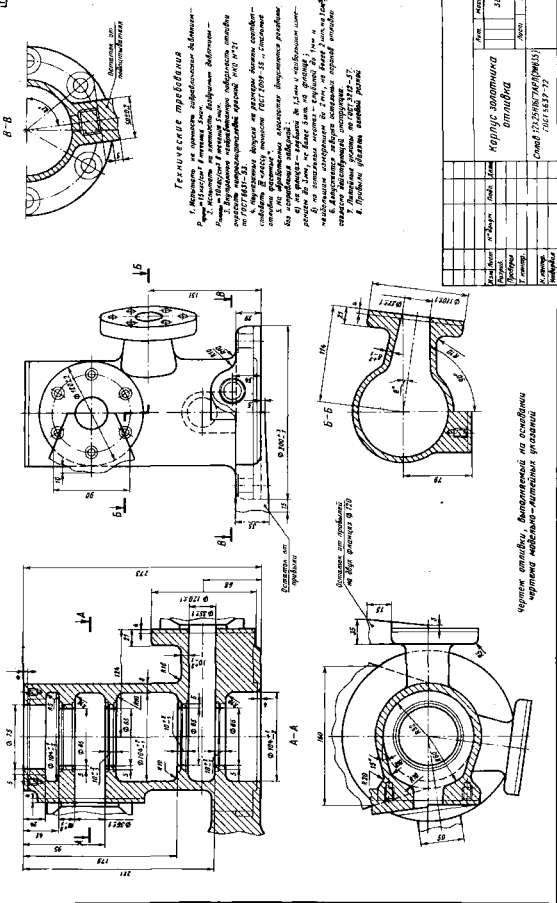


Рис. 20 Чертеж отливки

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 2.423 – 73 «Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки».

При разработке чертежа собранной формы и проектирования комплекта оснастки для изготовления данной формы может возникнуть необходимость корректировки чертежа отливки. Данные изменения должны согласовываться с разработчиками литой детали.

В некоторых случаях, например, когда выполняют опытные образцы, целесообразно составлять схему литниково – питающей системы и выполнять каждый ее элемент на отдельном чертеже. Это удобно тем, что все изменения элементов литниково – питающей системы, проводимые технологом в опытных образцах, фиксируются на чертеже и используются в дальнейшем для корректировки чертежей оснастки. На рис. 21 приведен пример такой схемы и чертежи питаемых узлов с питающими их прибылями.

### 3. ЧЕРТЕЖ СОБРАННОЙ ФОРМЫ

Чертеж собранной формы является основным технологическим 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. Например, чертеж собранного кокиля, в котором не применяются песчаные стержни, имеет информацию о кинематике подвижных частей, зазорах между ними, данные о разъемных устройствах, вентиляции, нагреве и охлаждении, размерах литниковой системы, габаритных размерах и т. д. На чертеже кокиля, в котором имеются песчаные стержни, необходимо дать также все сведения об установочных размерах знаковых частей

Рис. 21

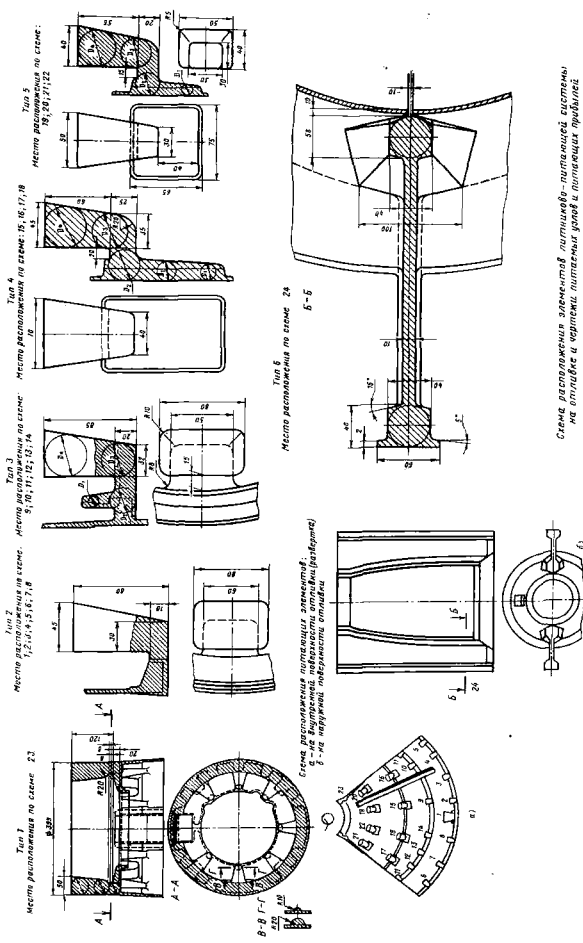


Рис. 21. Схема расположения элементов литниково-питающей системы

стержней, разьеме стержней, способе их изготовления и сборке между собой. Чертежи форм, предназначенных для работы на станках или литейных машинах (кокили, пресс-формы для литья под давлением и т. д.), должны содержать стыковочные характеристики для привязки к соответствующему оборудованию.

Более полная информация содержит следующее:

1) габаритные размеры формы с размерами опок в «свету» и по высоте, размеры сетки ребер;

2) 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;

3) разъем формы и разъемы всех стержней со всеми необходимыми размерами (номера стержням присваивают в порядке их простановки в форму);

4) 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;

5) обозначения всех плоскостей зачистки, склейки или спайки стержней с указанием величины припуска на зачистку, толщины слоя клея и материала спайки;

6) конструкции и компоновки всех элементов формы, предотвращающих заливы, перекосы или всплывание стержней;

7) вентиляционную систему формы;

8) конструкцию и параметры литниково-питающей системы;

9) холодильники, каркасы и жеребейки (при необходимости выполняют схему простановки холодильников);

10) размеры установленных припусков на механическую обработку, специальные гарантированные припуски на ответственных узлах отливки;

11) марку сплава данной отливки, величину литейной усадки, температуру заливаемого сплава, марку 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.

В дальнейшем будут рассмотрены чертежи собранных форм для различных способов литья, однако конструктивные решения тех или иных узлов и групп узлов оснастки для определенного способа литья могут применяться шире. Например, принцип пакетирования стержней, подробно рассматриваемый для форм литья выжиманием и частично для кокилей

литься под низким давлением, может быть использован в формах и кокилях гравитационного литья. Некоторые конструктивные решения кокилей для литья легких сплавов могут быть успешно применимы при литье тугоплавких материалов.

В настоящее время в литературе по литейной оснастке и в стандартах нет конкретных указаний о том, какая служба разрабатывает чертеж собранной формы – технологическая или конструкторская, что может отрицательно сказываться на качестве разработки. Опыт показывает, что тщательно и всесторонне разработанный технологом чертеж модельно-литейных указаний является достаточным для выполнения конструктором чертежа отливки и чертежа формы в сборе. Отсутствие у технолога необходимых конструкторских навыков, с одной стороны, и знание конструктором литейной оснастки технологического процесса, хотя бы в общих чертах, с другой стороны, делает такой порядок разработки целесообразным, но, безусловно, необходимы консультации технолога.

#### **4. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОСНАСТКИ**

Создание конструкторской документации на современном уровне включает в себе инженерное творчество, производственный опыт и рутинную работу по поиску исходных данных и графическому исполнению разработки.

Поиск данных и графическое исполнение при этом занимает до 90 % всего времени разработки. Трудоемкая работа отвлекает разработчика от главной его цели.

В дальнейшем ситуация будет усложняться, так как применяемость литых заготовок непрерывно расширяется, растет число способов литья, увеличивается разнообразие литых заготовок и литейных сплавов.

Таким образом, необходимо создание систем накопления, классификации и поиска информации. В данной ситуации мы должны, с одной стороны, создавать информационную базу для пополнения информационно-поисковых систем (ИПС), с другой – накапливать справочно – методический материал для повседневного пользования разработчиками конструкторско-технологической документации. Это позволит постоянно дополнять ИПС материалом и совершенствовать его в процессе работы.

Например, для кокильной оснастки задачей разработки является насыщение ИПС количественными и качественными показателями, где количественные показатели отражают типы отливок и число отливок каждого типа, которые заложены в ИПС в виде чертежей литых заготовок, а также

число кокилей и их элементов, нужных для изготовления необходимого числа отливок.

Количественные показатели накапливаются по мере усложнения конструкции. Например, число типов отливок на начальном этапе равно трем – «корпус», «цилиндр», «балка». В дальнейшем, по мере усложнения каждого типа, номенклатура отливок расширяется. Соответственно будет увеличиваться число кокилей для отливок и элементов кокилей, а также число типов кокильных станков для эксплуатации кокилей.

Качественные показатели отражают степень проработки конструкции и накапливаются по мере усложнения изделия, полноты проработки документации.

Техническое предложение позволяет судить о пригодности данной конструкции; эскизная проработка определяет средства для решения задачи; чертеж – о материалах и средствах механической, термической и других обработок; оснастка – о правильности исполнительных чертежей, определяется объем необходимых доработок; на этапе изготовления опытных образцов определяются объемы доработок, после которых выходят на серийное производство. Завершением разработки конструкции кокиля является документация, в которую внесены дополнения и изменения по результатам серийной эксплуатации кокиля в производстве.

Примером завершающего момента в проработке конструкции кокиля может быть выполнение выборки «грязевичка» на стыке двух полуформ, перемещающихся по поддону (рис. 22). Полностью проработанная конструкция полуформ может правильно функционировать на начальном этапе эксплуатации (рис. 22, а), однако в производственных условиях накапливающаяся на поддоне грязь (пыль, краска, осыпающаяся стержневая смесь) приведет к несмыканию полуформ (рис. 22, б), а выполнение «грязевичка» на нижнем краю стыка устранит этот недостаток (рис. 22, в).

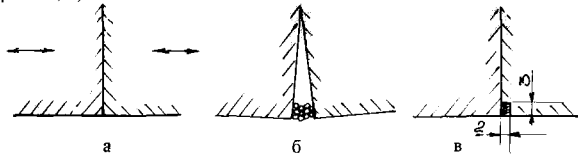


Рис. 22. Пример завершенности проработки конструкции кокиля:

а – правильное смыкание полуформ на начальном этапе эксплуатации; б – искаженное смыкание полуформ от накапливающейся на поддоне производственной грязи (пыль, краска, осыпающаяся стержневая смесь); в – правильное смыкание полуформ при наличии «грязевичка» на нижнем краю стыка полуформ

Другим примером окончательной проработки конструкции может быть указание о противопожарных мероприятиях на резьбовых соединениях, работающих в зонах высоких температур: «перед завертыванием болта смазать резьбовые поверхности графитом чешуйчатым».

Подобные примеры не отражены в государственных стандартах по кокилям и введение их в системы накопления информации – задача классификаторов, имеющих производственный опыт.

## 5. ВЫБОР СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

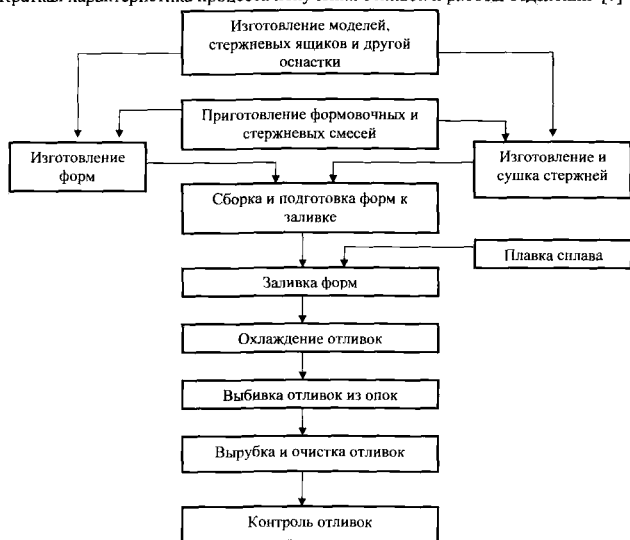
Многообразие технологических процессов изготовления отливок создает определенные трудности при выборе способа, который зависит от технологических свойств сплава отливки, конструкции, массы, размеров и назначения отливки. Назначение отливки определяет требования к механическим свойствам сплава, точности размеров, чистоте поверхности, герметичности. На выбор того или иного способа изготовления отливки влияет количество выпускаемых отливок и оборудование литейного цеха.

При серийном или массовом производстве отливок возможны два способа изготовления – в постоянные и разовые формы. К постоянным относятся металлические формы: кокили, пресс-формы для литья под давлением, облицованные кокили, формы для центробежного литья. Разовые формы отличаются друг от друга материалами, методами изготовления и физическим состоянием в момент заполнения. Каждый вид разовых форм имеет свои специфические требования к оснастке, которые должны быть учтены в техническом задании на проектирование.

Появление новых технологических процессов, связано со стремлением получать отливки с принципиально новыми свойствами. Развитие авиации, ракетостроения, атомной энергетики, радиоэлектроники, химического машиностроения и других отраслей техники выдвигает новые требования, предъявляемые к отливкам. Работа литых деталей в условиях высоких температур и давлений, контакт с агрессивными средами требуют применения тугоплавких сплавов. Например, использование ниобия, молибдена или вольфрама позволяет повысить рабочие температуры в агрегатах выше 1200 °С. Стойкость деталей, изготовленных из титановых сплавов, в 10...20 раз выше, чем выполненных из нержавеющей стали. Естественно, что технология получения отливок из таких сплавов выдвигает специфические требования к формам и оснастке. Высокая герметичность сложных корпусных отливок из легких цветных сплавов может обеспечиваться применением литья под низким давлением, а этот способ диктует особые требования, как к кокильной оснастке, так и к песчаным сухим и сырым формам.



Краткая характеристика процесса получения отливок и работы отделений [7]



Повышенные требования к конструктивной сложности и прочности отливок при литье под давлением требуют создания новых пресс – форм.

Сложные формы отливок и повышенные требования к ним приводят к необходимости использования метода литья под давлением взамен обычно принятым методам литья в песчано – глинистые смеси или в кокиль, так как это сокращает объем механической обработки.

Применение литья под давлением для получения крупносерийных или массовых деталей со сравнительно невысокими показателями по механическим свойствам и герметичности экономически не оправдано, так как повышаются возможности метода благодаря появлению новых конструкций пресс – форм.

## 6. ФОРМЫ ДЛЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ

Литейные формы для гравитационного заполнения, то есть заполнения из ковша или из дозатора под действием силы тяжести, являются самыми распространенными. Они могут быть одноразовыми и многоразовыми.

Одноразовые формы из песчано – глинистых смесей – самые распространенные и разнообразные литейные формы. При небольшом объеме выпуска от нескольких штук до нескольких десятков деталей литье в землю экономичнее благодаря более низкой стоимости деревянной и металлической модели по сравнению с металлическими многоразовыми формами: кокилями или пресс – формами для литья под давлением.

При гравитационном литье для получения отливки без дефектов (шлаковые включения, окисные пленки, неслитины, рыхлоты, микрорыхлоты, газовые раковины) большое значение имеет правильно сконструированная литниковая система. Для различного типа отливок из цветных сплавов разработано большое число конструкций литниковых систем, которые можно разделить на четыре вида.

1. Нижняя литниковая система, при которой сплав подводится в наиболее низкорасположенную часть полости.

2. Вертикальная литниковая система с питателями, расположенными в вертикальной плоскости разъема формы (к ним относятся и вертикальнощелевые, отформованные моделями колодцев с вертикальными питателями).

3. Верхняя литниковая система, при которой сплав заливается в прибыль или в верхнюю часть полости, или в горизонтальный разъем закрытой сверху формы.

4. Комбинированная литниковая система, в которой могут сочетаться все виды литниковых систем.

Каждая из литниковых систем состоит из различных элементов, количество которых может сильно меняться в зависимости от технологических задач, поставленных перед разработчиками конструкции формы.

### 6.1. Одноразовые формы из песчано – глинистых смесей

На рис. 23 [5] представлены формы для литья крупносерийной детали долговременного заказа — тигля для плавки и доработки магниевых сплавов.

Литейная форма (поз. 1 и 5) получается в двух опоках со стержнем 4, прибыль 8 отформовывается в третьей опоке. Также отдельным элементом выполнена надставка под заливочную воронку 6.

Такая компоновка формы позволяет избежать применения очень высокой опоки и соответственно лишнего расхода формовочной смеси.



Чтобы исключить размыв формы при заливке, на наиболее динамичных участках литниковой системы применены керамические трубки 3 и закладные элементы 2. Данная форма дорабатывалась в процессе серийного производства.

Наиболее интересным является тигель для дозированной заливки в формы на основе электромагнитного дозатора ДМ-1, отличительной особенностью которого является наличие наклонного желоба с углом наклона днища 40 ... 50°.

На рис. 24 [5] представлена форма, относящаяся к сложным комбинированным формам и предназначенная для получения крупногабаритной тонкостенной магниевой отливки коробчатого типа. Ранее подобную деталь выполняли клепкой и боковыми соединениями из 72 элементов, изготовленных из проката и поковок.

Форма состоит из блока стержней, установленных в специальный жакет 1, и полуформы из песчано-глинистой смеси, получаемой в опоке 3. Стержни блока изготовлены из пластичной жидкостекольной смеси, затвердевающей в опоке при обработке ее углекислым газом. Применение этой смеси вместо обычной песчано-глинистой для изготовления стержней больших размеров обусловлено следующим:

высокой размерной точностью стержней и отливок;

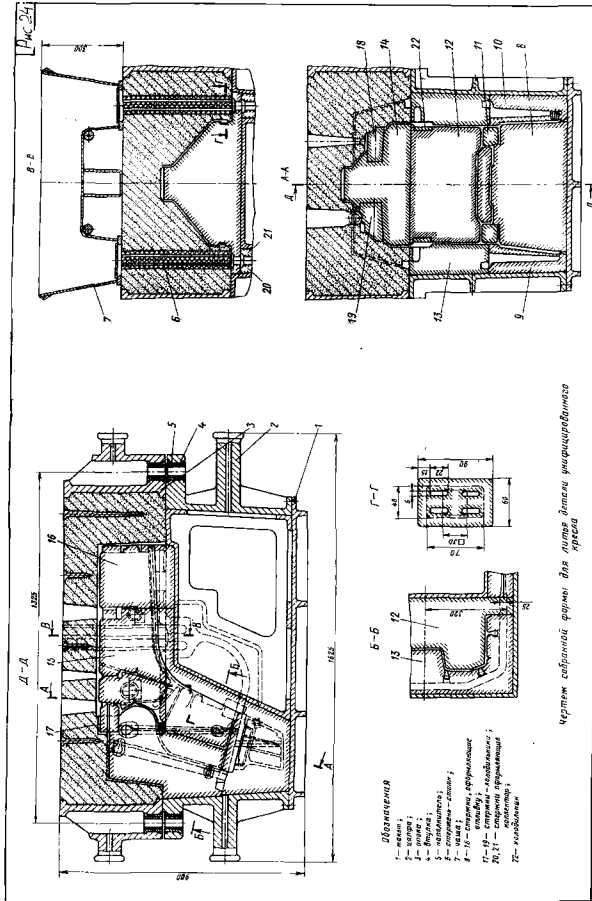
чистой поверхностью стержней и отливок;

высокой прочностью поверхности стержней;

отсутствием процесса сушки стержней и соответствующего оборудования.

Отвержденные стержни проходят зачистку, калибровку и контроль по обычной технологии и устанавливаются в жакет 1. Жакет представляет собой коробчатую конструкцию, собранную из шести элементов, каждый из которых получен литьем из алюминиевого сплава, прилитая цапфа 2 одного из элементов армирована стальным стержнем. Элементы жакета скреплены болтовыми соединениями, в верхней части жакета выполнены стальные контрольные втулки 4, залитые алюминиевым расплавом, и таким образом выполнены монолитными с телом самого жакета. В качестве шаблона для установки втулок использовалась модельная плита с установленными в ней контрольными штырями. Аналогично фиксировались и закреплялись втулки опоки. В обоих случаях модельная плита служила шаблоном для установки контрольных втулок, в результате чего образована единая система спарки жакета и опоки.

В нижнюю часть жакета устанавливаются стержни 8, 9, 10, формирующие нижнюю полость формы, и колодцы-питатели литниковой системы. Контроль правильности установки этих стержней осуществляется по выступам жакета. Средняя часть полости формы образуется стержнями 11, 12, 13. Контроль правильности установки осуществляется по плоскости



верхнего фланца жакета. Стержнями 12, 13 формируются полости силовых платиков детали, для питания предусмотрены боковые прибыли в стержнях 13 и холодильники 22 в стержне 12.

Верхняя часть полости формы формируется стержнями 14 –19 и сырой песчаной полуформой. Сборка их осуществляется последовательно от стержня 13 с соответствующим контролем шупами и шаблонами правильности установки. Под полостями, формирующими массивные части отливки, предусмотрена установка специальных теплоаккумулирующих стержней-холодильников 17, 18, 19, при изготовлении которых в формовочную смесь добавляется наполнитель — металлические опилки. Жакет с собранным комплектом стержней накрывается по контрольным штырям верхней полуформой, которая выполнена в специальной опоке.

Литниковая система данной формы — комбинированная и состоит из следующих элементов:

специальной литниковой чаши 7, изготовленной сваркой из листовой стали;

двух стояков из стержневой смеси 6;

двух распределительных коллекторов, формирующихся стержнями 20 и 21 с заформованными в боковой ветви коллектора пластинками из листового магния;

верхнего горизонтального коллектора, формирующегося в полуформе;

нижнего фасонного коллектора, формирующегося в стержнях 13, 20 и 21

системы колодцев-питателей.

Перед заливкой форму продувают углекислым газом через стояк для создания инертной атмосферы в полости. На отверстия чаши устанавливают пластинки из магниевого листового материала и на них насыпают фильтрующий флюс. Затем производят заливку в чашу магниевого расплава, через определенное время пластинки проплавляются и расплав поступает в литниковую систему. В первую очередь заполняется нижний фасонный коллектор (попаданию расплава в горизонтальный коллектор препятствуют заформованные в стержни пластинки), колодцы – питатели и нижние полости формы. Толщина пластинки подобрана таким образом, что в момент подхода уровня расплава в нижней полости формы к горизонтальному коллектору они расплавляются, и дальнейшее заполнение полости формы происходит единым фронтом уже и через горизонтальный коллектор. Верхняя группа тепловых узлов пропитывается обычными гравитационными прибылями. Масса отливки в обрубленном состоянии 14,5 кг.

На рис. 25 [5] приведен пример более сложной формы, которая выполняется также в двух опоках со сложной поверхностью разбега. Основная технологическая задача – обеспечение пропитывания нижних и

Рис. 25

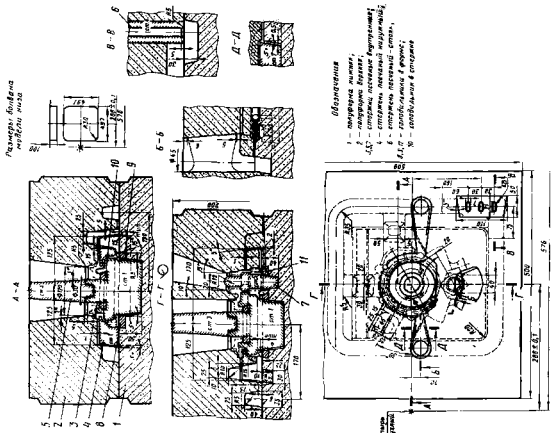


Рис. Чертеж сборной формы для литья крашки из металлической оболочки

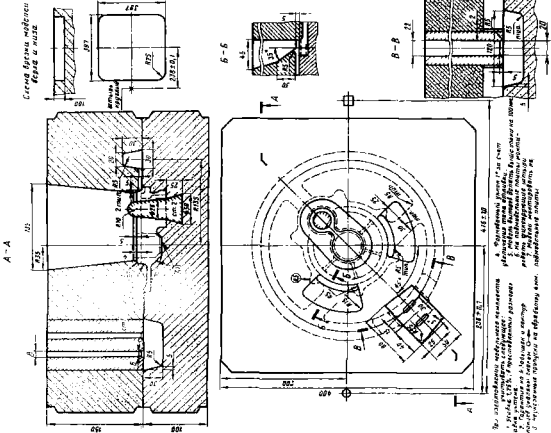


Рис. Чертеж сборной формы для литья крашки из металлической оболочки

Рис. 25. Чертеж формы для литья

верхних тепловых узлов – фланцев детали. Осуществляется эта задача комбинированным применением верхних и боковых прибылей и холодильников. Полость формы формируется двумя полуформами (поз. 1 и 2) из сырой формовочной смеси, двумя сухими стержнями *ст. 1* и *ст. 5*, образующими внутренние поверхности, и стержнем *ст. 2*, формирующим наружную поверхность. Стержень *ст. 2*, стыкующийся со стержнем *ст. 1*, служит для уменьшения объема прибыли и для отвода образующихся и стержне *ст. 1* газов во время заполнения. Для ускорения кристаллизации в нижних массивных частях фланцев имеются холодильники 6, 9, 11 в форме и холодильник 10 в стержне *ст. 1*.

В форме применена нижняя литниковая система. Через три стояка прямоугольного сечения, образуемых стержнем *ст. 4*, расплав попадает в металлоприемник и далее следует по прямоугольному коллектору в две стороны. От коллектора через питатели расплав поступает в полость отливки непосредственно (в районе стержня *ст. 5*) или через боковые прибыли. Для подогрева центральной прибыли предусмотрены вертикальные колодцы со щелевыми питателями. Данный пример наглядно иллюстрирует трудности, которые возникают при необходимости гравитационным путем пропитывать верхние и нижние группы тепловых узлов, причем трудности не только в конструкции формы, но и технологические, так как эффективность боковых прибылей намного ниже верхних. Сложность возникает и при обрезке глухих боковых прибылей.

## 6.2. Одноразовые оболочковые формы

Оболочковые песчано – смоляные формы успешно применяются для получения отливок с массой от нескольких сот граммов до двухсот и более килограммов из любых литейных сплавов. Наиболее целесообразно применять его при литье отливок массой 5 ... 15 кг в условиях крупносерийного и массового производства. Толщина оболочек для мелкого литья составляет 6 ... 8 мм, а для среднего литья 12 ... 15 мм.

Процесс формирования оболочек основан на специфических свойствах термореактивных смол, которые обладают способностью плавиться при нагревании формовочной смеси и обволакивать тонкой пленкой зерна песка. При дальнейшем нагревании происходит необратимое затвердевание смолы и связывание зерен песка в монолитную оболочку.

Оболочковые формы и стержни получают на специальных машинах, которые имеют следующие узлы: устройство для нагрева модельных плит, или элементов стержневого ящика, бункер для песчано-смоляной смеси, механизмы для нанесения смеси на модельную плиту или в полость ящика,



механизмы для съема оболочковых полуформ с модельной плитой или механизмы для разъема частей стержневого ящика.

### 6.3. Многоразовые формы (кокили)

В настоящее время кокильное литье широко применяется для получения отливок из алюминиевых, магниевых, медных сплавов, а также из тугоплавких химически активных сплавов.

В последние годы имеется тенденция снижения выпуска кокильного литья из алюминиевых и магниевых сплавов в связи с переводом многих деталей на литье под давлением. Однако в связи с ростом выпуска цветного литья вообще объем кокильного литья увеличивается. Таким образом, вопросы оснащения производства кокильных отливок по-прежнему остаются актуальными.

Широкому применению этого способа литья способствует ряд преимуществ перед литьем в песчаные формы:

- повышение класса точности отливок и класса шероховатости поверхности, что создает предпосылки для снижения припусков на механическую обработку;

- повышение плотности отливок и соответственное увеличение механических свойств на 15 ... 30 %;

- повышение производительности труда и более эффективное использование производственных площадей;

- уменьшение расхода формовочных и стержневых смесей;

- способствование механизации, автоматизации производственного процесса;

- сокращение расхода расплава за счет уменьшения объема литниково-питающей системы;

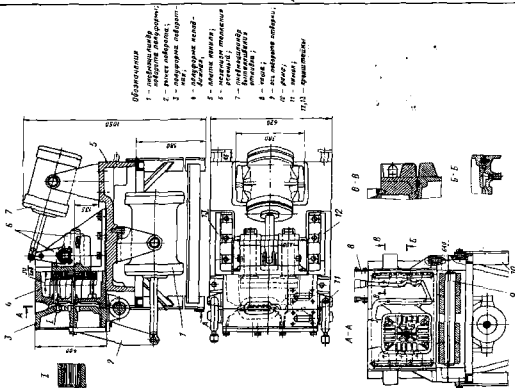
- снижение массы отливки по сравнению с литьем в песчаные формы на 8 ... 12 %.

Эти преимущества имеют место при условии тщательной проработки технологии процесса и конструкции формы.

На рис. 26 представлен кокиль для получения массовой отливки головки блока цилиндров автомобильного двигателя из алюминиевого сплава.

Внешняя поверхность отливки формируется полуформами 3, 5, съемными частями 2, 11 и поддоном; внутренняя полость отливки – блоком песчаных стержней 4. Скрепление стержней в блок осуществляется на стержневом участке заливкой алюминиевого расплава в соосные конические отверстия соприкасающихся стержней. При кристаллизации расплав,

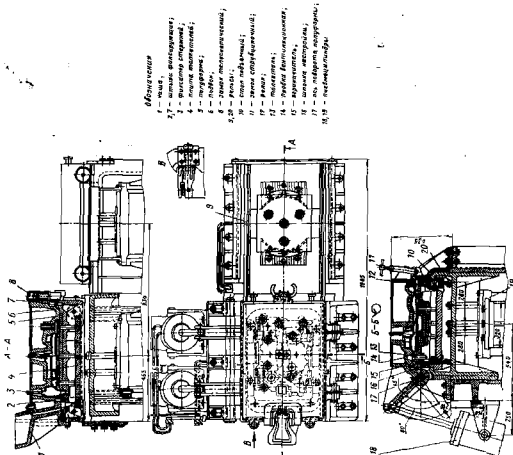
Рис. 26



**Обозначения**  
 1 — корпус шпинделя;  
 2 — ролик набравки;  
 3 — корпусная набравка;  
 4 — набравка набравки;  
 5 — вал шпинделя;  
 6 — корпус подшипника;  
 7 — ролик набравки;  
 8 — ролик набравки;  
 9 — ролик набравки набравки;  
 10 — ролик набравки;  
 11, 12 — подшипники.

Рис. 26 Концы для получения шпинделя из алюминия

Рис. 27



**Обозначения**  
 1 — корпус шпинделя;  
 2 — ролик набравки;  
 3 — корпусная набравка;  
 4 — набравка набравки;  
 5 — вал шпинделя;  
 6 — корпус подшипника;  
 7 — ролик набравки;  
 8 — ролик набравки;  
 9 — ролик набравки набравки;  
 10 — ролик набравки;  
 11 — подшипники;  
 12 — подшипники;  
 13 — шпиндель шпинделя;  
 14, 15 — подшипники шпинделя;  
 16, 17 — подшипники шпинделя;  
 18, 19 — подшипники шпинделя;  
 20 — подшипники шпинделя.

Рис. 27 Концы для получения шпинделя из алюминия

благодаря усадке, взаимодействует с коническими поверхностями в стержнях и надежно скрепляет их. Собранный кокиль запирается скобовидными замками 12, в знаковые части полуформ устанавливается стержневой блок, на полуформу 3 устанавливается съемная чаша 1 и производится заливка. Замки открываются, откидываются, полуформа 5 и съемные части отводятся пневмоцилиндрами 7. Для полуформы имеется реечный синхронизатор движения с зубчатым валиком, для съемных частей – только направляющие Т-образной шпонки. Отливка сталкивается с наборного поддона пневмоцилиндром 10 с помощью толкательной системы 9.

Для четкого воспроизведения торцов бобышек в нижней части отливки, а также для обеспечения ускоренного захлаживания их массивов применены концентрические вентиляционные пробки, имеющие удвоенное число вентиляционных каналов-насечек.

Оригинальная конструкция кокиля для получения отливки крышки из алюминиевого сплава представлена на рис. 27 [5].

Габаритные размеры отливаемой детали 200×300×20 мм, масса отливаемой детали 1,45 кг, масса отливаемой детали с литниковой системой 3,1 кг, материал отливки — сплав АЛ9.

Кокиль монтируется на плите 5, которая устанавливается на сварной раме 10. Неподвижная полуформа 4 крепится на плите 5 кронштейнами 12 и 13. Заливку кокиля производят через литниковую чашу 8. По окончании кристаллизации отливки производят отвод подвижной полуформы 3 относительно неподвижной полуформы 4 с помощью рычага 2, соединенного с пневмоцилиндром. После раскрытия кокиля происходит сталкивание отливки с неподвижной полуформы 4 толкателями, которые приводятся в движение пневмоцилиндром 7 через рычажно-реечную передачу 6. Зажим подвижной и неподвижной полуформ в собранном состоянии осуществляется замками 11.

Предварительная подготовка кокиля заключается в разогреве горелкой до температуры 150 ... 200 °С и окраске, которая производится три раза в смену. Кокиль обслуживается одним рабочим. Производительность составляет 50 отливок в смену.

Простейший кокильный станок представлен на рис. 28 [5]. Станок состоит из плиты 2, установленной на опорную раму, системы рычажных механизмов и двух пневмоцилиндров 3. В специальное гнездо плиты устанавливается поддон кокиля 4, относительно которого фиксируются матрицы 5. Данная конструкция обеспечивает надежность в работе и быструю переналадку кокилей.

Дис. 28

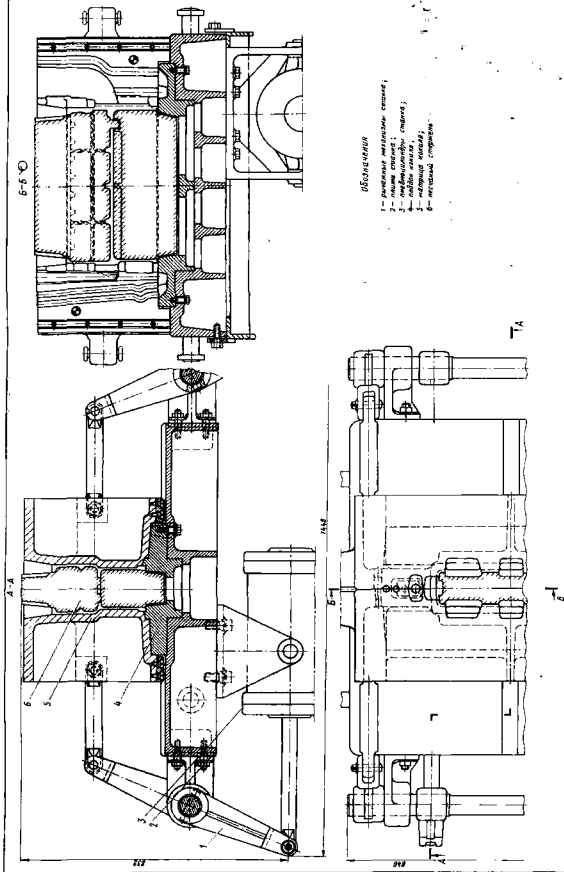


Рис. 28. Вид механизма створки затвора.

На рис. 29 представлен кокиль для литья крышки распределительных шестерен автомобильного двигателя.

Данный кокиль устанавливается на унифицированный станок для сборки, разборки и запаривания. По технологическим соображениям выбрано наклонное положение формы.

Габаритные размеры отливки 320×300×90 мм, толщина стенок 5 мм. Отливка имеет значительное число тепловых узлов, ориентированных в различных направлениях, материал отливки – АЛ4.

Кокиль состоит из полуформ 5 и 16 и фасонных вкладышей, оформляющих рабочую полость формы.

Невозможность установить питающие элементы на некоторых массивных узлах потребовала применения различного типа разрядок.

Сквозная полость прямоугольного сечения (см. сечение В – В) формируется двумя встречными соприкасающимися стержнями 11 и 12.

Круглое отверстие с фланцем (см. сечение Г – Г) формируется двумя стержнями 13 и 14, которые дополнительно фиксируются относительно друг друга. Другое отверстие (см. сечение Д – Д) в отливке формируется стержнем 15 и соответствующим выступом на вкладыше. Подвижная полуформа 16 отводится пневмоцилиндром 3, прямолинейное движение достигается направляющими 2, укрепленными на планшайбах 1 и 17. Стержень 4 удаляется вручную с помощью ломика и на время съема отливки помещается непосредственно на полуформе 5 в специальном кольце. Отливка удаляется из полуформы 5 толкательным устройством 6 с помощью реечного механизма 7 с приводом от двух пневмоцилиндров 8.

В собранном состоянии кокиль запирается автоматическими замками 9 с приводом от пневмоцилиндров 10.

Использование универсально – кокильных машин упрощает конструкцию кокилей, сокращает сроки их проектирования и изготовления, снижает стоимость их за счет исполнительных механизмов, например гидроприводов, указанных машин, а также массу самих кокилей.

В кокиле, приведенном на рис. 30 [5], получают две отливки корпусов золотников разных габаритов.

В раскрытом положении в кокиль устанавливают сухие стержни ст. 1 ... ст. 7. Затем происходит закрытие кокиля путем подвода подвижной полуформы 7 к неподвижной 1. Центрирование двух полуформ кокиля осуществляется фиксаторами 10 и центрирующими втулками 11 и 12. В

Рис. 29

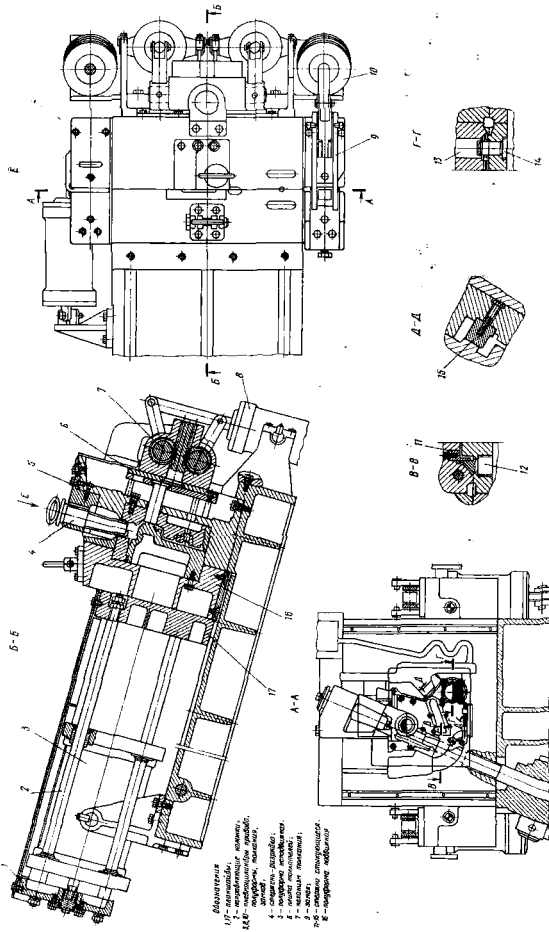
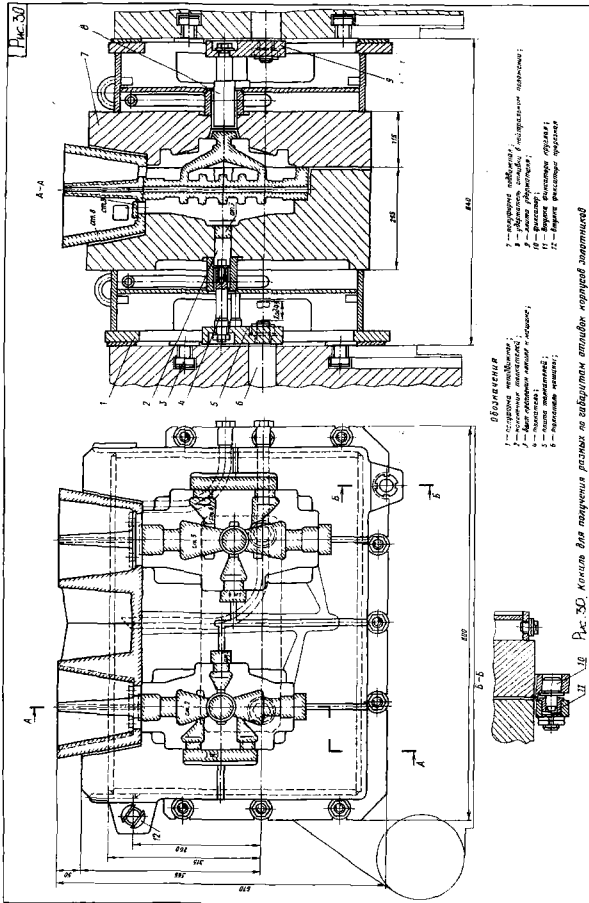


Рис. 29. Корпус для получения отливки крышки распределительных шестерен автомобиля Зингера



закрытом положении в кокиль устанавливают сухие стержни *ст. 8* и *ст. 9*, затем производят заливку.

По окончании кристаллизации отливок отводится подвижная полуформа 7, при этом удержатели 8 и плита удержателей 9 остаются неподвижными, и отливки остаются в неподвижной половине кокиля. Затем происходит отвод удержателей с подвижной полуформой 7. Сталкивание отливок из неподвижной полуформы 1 происходит за счет перемещения толкателей 4 с наконечниками 2, плитой толкателей 5, соединенной с толкателем 6. Предусмотрено водяное охлаждение неподвижной 1 и подвижной 7 полуформ кокиля.

## 7. ФОРМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ

При выборе способа литья необходимо учитывать специфические требования отливок, определяющие появление значительного числа новых способов литья, которые, в свою очередь, устанавливают новые требования к литейным формам.

### 7.1. Формы для литья под низким давлением

На рис. 31 [5] представлена принципиальная схема способа литья под низким давлением.

В обогреваемую герметичную камеру помещен тигель с расплавом. На верхнюю часть камеры установлена литейная форма. Полость формы сообщается с полостью тигля с помощью металлопровода. Под воздействием сжатого воздуха, поступающего в камеру из пневмосистемы, расплав из тигля поднимается по металлопроводу и заполняет полость формы. Конечная величина давления воздуха в тигле задается в зависимости от высоты верхней кромки отливки от зеркала расплава в тигле и определяется в первом приближении уравнением гидростатики. После заполнения формы и необходимой выдержки для затвердевания отливки давление в камере сбрасывается, форма раскрывается и извлекается отливка.

К характерным особенностям данного способа относятся: заливка формы снизу; управление заполнением формы; близость раздаточного агрегата и формы.

Достоинствами литья под низким давлением являются:





- заливка снизу (предпочтительна и в гравитационных способах литья, как более безопасная с точки зрения образования захлестов, вихрей и других дефектов заполнения формы);

- возможность регулирования в широких пределах скорости заполнения формы;

- осуществление питания двух групп тепловых узлов: верхней – обычными гравитационными прибылями и нижней – через верхнее устье металлопровода, которое обогревается, находясь над зеркалом расплава, и может длительное время пропускать расплав, компенсирующий усадку отливки;

- отсутствие ковшовой заливки.

Достоинства способа особенно очевидны при литье деталей, имеющих ярко выраженные верхнюю и нижнюю группы тепловых узлов, пример такой детали показан на рис. 31 [5].

Представленная схема литья в кокиль под низким давлением барабана колеса из магниевых сплавов иллюстрирует целесообразность получения подобных отливок, что вызвано следующим:

- не требуется увеличение припуска для пропитывания от верхней прибыли;

- происходит уменьшение верхних прибылей;

- гарантируется пропитывание нижней «обогреваемой» прибылью;

- происходит фильтрование от включений порции расплава для каждой отливки.

Характерной для литья под низким давлением является массовая деталь лодочного мотора, показанная на рис. 31, представляющая собой тонкостенную отливку размером 405×303×189 мм. Стенки имеют толщину 3 мм, а верх и низ детали – массивные фланцы 12...15 мм, материал отливки – сплав АЛ4. Внутри отливка армирована стальной трубкой. Показатели прочности:  $\sigma_b = 248$  МПа. При этом способе литья значительно повысился коэффициент использования металла.

Литье под низким давлением осуществляется в зависимости от конкретных задач производства на машинах с различным уровнем механизации и автоматизации, используются тигли и кокили различных параметров.

## 7.2. Кокиль для литья методом направленной кристаллизации

Для получения тонкостенных крупногабаритных оболочек в виде тел вращения и линейных поверхностей с внутренним оребрением применяется способ, предложенный В. Д. Храмовым. Тонкостенная полость формы,

образованная внутри блоком песчаных стержней, а снаружи песчаной формой или кокилем, заполняется через несколько трубок – питателей, которые вводятся перед заливкой в специальные наружные колодцы формы. Трубки – питатели своими верхними концами установлены в дно специальной обогреваемой заливочной чаши, входные отверстия их закрыты пробками, собранными на одну траверсу. По окончании заполнения чаши из разливочного ковша траверса приподнимается, и расплав одновременно поступает в трубки, заполняя приемную часть формы. При достижении в металлоприемной части затопленного уровня включается гидравлический стол, опускающий форму, скорость стола зависит от расхода расплава через трубки, а расход через трубки, в свою очередь, зависит от скорости затвердевания расплава отливки. Таким образом, осуществляется последовательное и направленное намораживание тела отливки в форме.

Представленный на рис. 32 [5] кокиль для литья методом направленной кристаллизации состоит из двух створок 1 и 3, установленных на плите 4. В створках имеются колодцы для размещения трубок-питателей. В раскрытый кокиль устанавливается блок стержней 2, и створки кокиля смыкаются с помощью рычагов 10, рычажно-винтового устройства 5, электродвигателя 6 и редуктора 7. Сомкнутые створки запираются унифицированным пневматическим замком 8, перемещаемым пневмоцилиндром 9. Далее осуществляются процессы заполнения и кристаллизации, по окончании которых замки освобождаются, створки разводятся, а отливка вместе с поддоном блока стержней извлекается из кокиля.

### 7.3. Формы для литья выжиманием

Большинство крупногабаритных тонкостенных деталей (панели, двери, оболочки, емкости, элементы обшивок) изготавливаются из листового или профильного материала методами вытяжки, гибки, сварки, клепки. Данные методы весьма трудоемки при наличии утолщений на детали и имеют длительный производственный цикл. Применение литья уменьшает трудоемкость, позволяет снизить массу детали и позволяет получить более жесткие и виброустойчивые конструкции.

Однако получение литых крупногабаритных тонкостенных деталей сопряжено с рядом серьезных трудностей, главной из которых следует считать заполнение узкой полости формы расплавом. Поэтому создан специальный способ литья – выжиманием, который в отличие от всех существующих способов литья позволяет получить отливки не в стационарной форме, а в форме с переменным сечением полости. Такой способ заполнения тонкой полости формы позволил решить главную задачу литья – сохранение

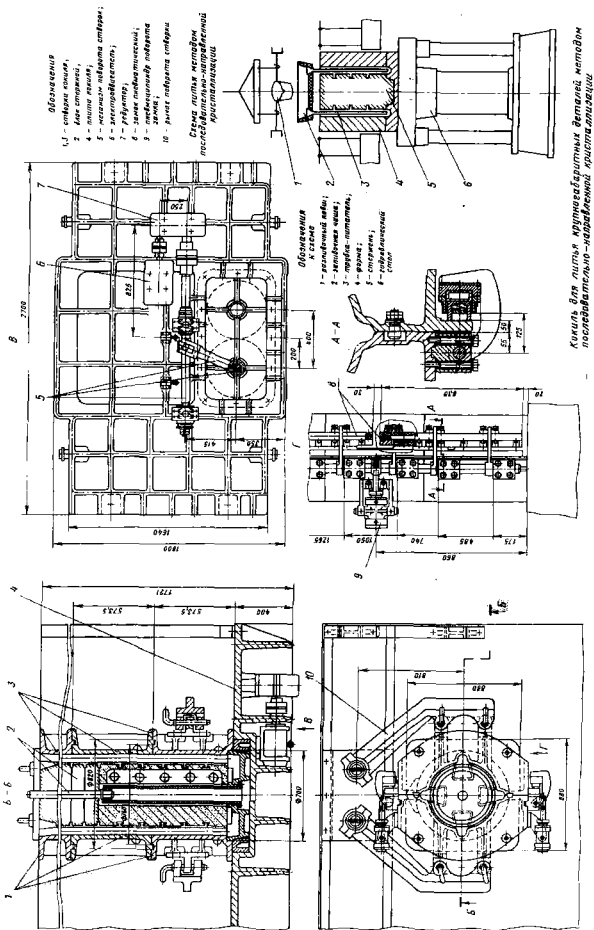


Рис. 32. Кольцо

температуры компактной массы расплава в течение всего времени протекания и, таким образом, обеспечение подвижности металлического потока.

На рис. 33 [5] представлена матрица для получения отливки панели на литейно-выжимной машине ВЛ-1.

Матрица оформляет наружную поверхность панели и представляет собой наборно – пластинчатую блочную полуформу. Такая конструкция обеспечивает отвод воздуха и газов из полости формы при ее заполнении. Кроме того, наборно-пластинчатая конструкция в меньшей степени подвержена короблениям при предварительном нагреве кокиля и от циклических тепловых нагрузок при заливках.

Основанием матрицы служат скрепленные между собой плиты 4, 5 и 8. На этом основании крепят полуформу 7, состоящую из набора пластин, укрепленных прижимными планками 9 и ограниченных с трех сторон упорными плитами 1, 2 и 3. Вкладыши 6 и 10 ограничивают форму с четвертой стороны и являются металлоприемником. Для вентиляции формы при выжимании в матрице установлены вентиляционные пробки 11 и 12.

Эффективнее применение способа литья выжиманием панелей в цельнометаллические формы. На рис. 34 [5] представлена цельнометаллическая форма, установленная на створки машины ВЛ-10.

Принципиальным отличием этой конструкции от рассмотренных выше является возможность (в определенных пределах) пространственного регулирования установки полуформ. Для извлечения отливки из подвижной полуформы использована система гидровыталкивателей.

Извлечение развитой ребренной отливки из металлической полуформы является серьезным вопросом, так как от своевременности и равномерности выема зависит качество получаемой заготовки. Слишком быстрое и резкое выталкивание может привести к прошиванию толкателями образовавшейся корочки расплава, а запаздывание и медленное выталкивание – к проявлению усадки, от чего образуются трещины.

#### **7.4. Пресс-формы для литья под давлением**

Широко распространенный способ – литье под давлением – является одним из наиболее прогрессивных способов производства отливок. Главное преимущество способа – возможность максимально приблизить форму отливки к форме готовой детали и, таким образом, свести до минимума объем механической обработки. Литье под давлением является также наиболее механизированным процессом литейного производства.

Рис. 33

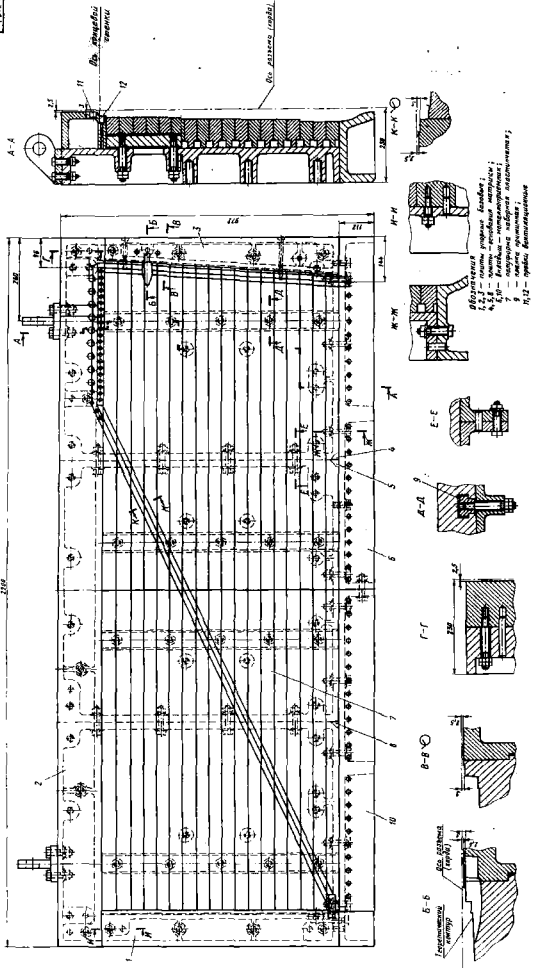


Рис. 33. Крыша для стальной панели на Антисептированной стали ВЛ-1

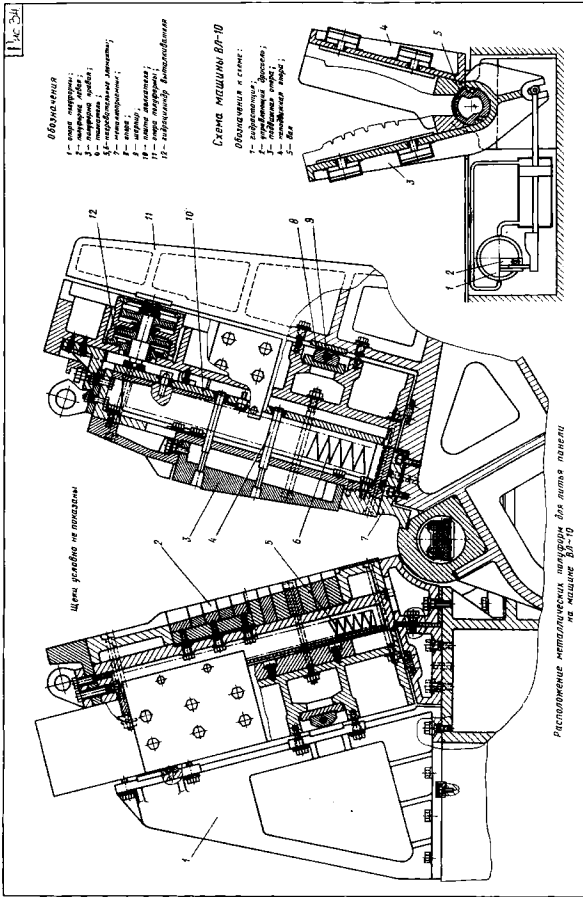


Рис. 34. Полуформы для литья

За последнее время значительно расширилась область применения способа за счет автоматизации процесса, применения регулируемых скоростей заполнения, дополнительного давления прессования и других мер, позволяющих вводить термообработку отливок.

На рис. 35, 36 представлены пресс-формы для изготовления разнообразных моделей мелких и средних размеров.

## 8. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Основные задачи технического контроля: выявление причин отклонения качества отливок от заданного и нарушений технологического процесса, разработка мероприятий по повышению качества продукции; установление соответствия режимов и последовательности выполнения технологических операций, предусмотренных технической документацией; установление соответствия качества материалов, требуемых для производства отливок и т. д.

Контроль отливок прежде всего осуществляют визуально для выявления брака или отливок, подлежащих исправлению. Правильность конфигурации и размеров проверяют разметкой, плотность металла отливки – гидравлическими испытаниями под давлением воды до 200 МПа. Внутренние дефекты выявляют в специализированных лабораториях. Технический контроль возложен на отдел технического контроля завода.

Тщательному контролю подвергают литейную оснастку (модели, модельные плиты и др.) и весь технологический процесс на всех этапах производства отливок (контроль свойств формовочных и стержневых смесей, уплотнения в форме, качества стержней и правильности их установки, химического состава и технологических свойств сплава, температуры заливки и т. д.).

### 8.1. Дефекты отливок и причины их возникновения

Дефекты отливок по внешним признакам подразделяют на наружные (песчаные раковины, перекос, недолив и др.); внутренние (усадочные и газовые раковины, трещины горячие и холодные и др.).

Песчаные раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки, которые возникают из-за низкой прочности формы и стержней, слабого уплотнения формы, недостаточного крепления выступающих частей формы и прочих причин.

Перекос – смещение одной части отливки относительно другой, возникающий в результате небрежной сборки формы, износа центрирующих



Рис. 35б

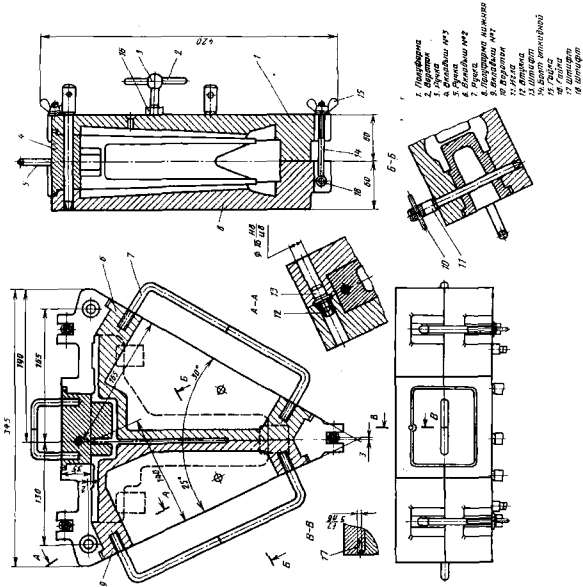


Рис. Пресс-форма для мебели кружмашейна

Рис. 35. Пресс-формы

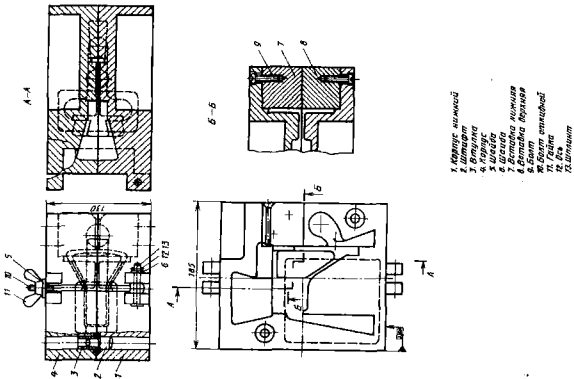


Рис. Пресс-форма для мебели седловидной формы

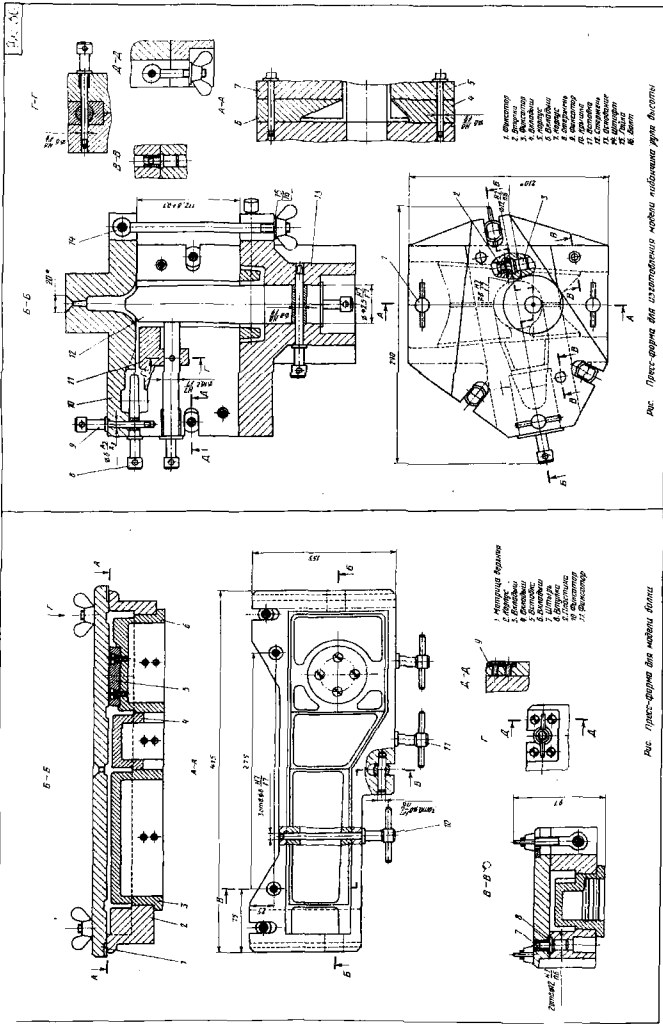


Рис. 35 Пресс-форма для изготовления кореня подвешива юры вистры

Рис. 36 Пресс-форма для мады вбны

Рис. 36 Пресс-форма

штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике, неправильной установки стержня в форму и других причин.

Недолив – некоторые части отливки остаются незаполненными в связи с низкой температурой заливки, недостаточной жидкотекучестью, недостаточным сечением элементов литниковой системы, неправильной конструкцией отливки (например, малая толщина стенки отливки) и др.

Усадочные раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки с шероховатой поверхностью и грубокристаллическим строением. Эти дефекты возникают при недостаточном питании массивных узлов, нетехнологичной конструкции отливки, неправильной установке прибылей, заливке перегретым металлом.

Газовые раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки с чистой и гладкой поверхностью, которые возникают из-за недостаточной газопроницаемости формы и стержней, повышенной влажности формовочных смесей и стержней, насыщенности расплавленного металла газами и др.

Трещины горячие и холодные – разрывы в теле отливки, возникающие при заливке чрезмерно перегретым металлом, из-за неправильной конструкции литниковой системы и прибылей, неправильной конструкции отливки, повышенной неравномерной усадки, низкой податливости форм и стержней и др.

## **8.2. Методы дефектоскопии отливок**

Наружные дефекты отливок обнаруживаются внешним осмотром непосредственно после извлечения отливок из формы или после их очистки. Внутренние дефекты отливок выявляются радиографическими или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

При использовании радиографических методов (рентгеноскопии, гаммадефектоскопии) на отливки воздействуют рентгеновским или гаммаизлучением. С помощью этих методов выявляют наличие дефекта, размеры и глубину его залегания.

При ультразвуковом контроле ультразвуковая волна, проходящая через стенку отливки, при встрече с границей дефекта (трещиной, раковиной и др.) частично отражается. По интенсивности отражения волны судят о наличии, размерах и глубине залегания дефектов. Трещины в отливках выявляют люминесцентным контролем, магнитной или цветной дефектоскопией.

## **8.3. Методы исправления дефектов в отливках**

Незначительные дефекты в ответственных местах отливок исправляют заделкой замазками или мастиками, пропиткой различными составами, газовой или электрической сваркой.

Заделка дефектов замазками или мастиками – декоративное исправление мелких поверхностных раковин на отливках. Перед заполнением мастикой дефектные места очищают от грязи и обезжиривают. После заполнения раковин мастикой исправленное место заглаживают, подсушивают и затирают пемзой или графитом.

Пропитывание составами применяют для устранения пористости отливок. С этой целью их погружают на 8 - 12 ч в водный раствор хлористого аммония. Проникая в промежутки между кристаллами металла, раствор образует оксиды, заполняющие поры отливок. Для устранения течи отливки из цветных сплавов пропитывают бакелитовым лаком.

Газовую и электрическую сварку применяют для исправления дефектов на необрабатываемых поверхностях (раковины, сквозные отверстия, трещины). Дефекты в чугунных отливках заваривают с использованием чугунных электродов и присадочных прутков, в стальных отливках – электродами соответствующего состава. Чугунные отливки перед заваркой нагревают до температуры 350 - 600 °С, а после заварки их медленно охлаждают до температуры окружающей среды. Для лучшей обрабатываемости отливки подвергают отжигу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основой повышения экономической эффективности литейного производства, является технический прогресс. Технический прогресс – это процесс совершенствования производства, технологических методов и форм организации труда и производства, состоящий в непрерывном совершенствовании производства на базе новой техники, научных достижений и передового опыта.

К основным направлениям технического прогресса относятся: комплексная механизация и автоматизация производства – замена ручного труда все более сложным комплексом машин – автоматов, выполняющих основные и вспомогательные технологические операции и процессы контроля и управления. Особенно важным это направление является для литейного производства, представляющего комплекс трудоемких и тяжелых работ.

Все более широко внедряются автоматические комплексы изготовления форм, приготовления формовочной и стержневой смеси, изготовления стержней, заливки металла в формы, выбивки и очистки отливок.

Химизация производства – применение достижений современной химии – в литейном производстве широко используют новые связующие, затвердевающие при контакте с нагретой модельной оснасткой, а также холоднотвердеющие связующие.

Оболочковое литье, по выплавляемым моделям и по газифицируемым моделям так же является отражением широкого использования достижений химии в литейном производстве.

Таким образом, технический прогресс в литейном производстве базируется на достижениях естественных наук и их приложении к решению непосредственно производственных задач.

### **Контрольные вопросы**

1. Технологичность отливки
2. Методы литейных технологий
3. Основы выбора способа изготовления отливки
4. Основные элементы оснастки
5. Чертеж формы
6. Формы гравитационного заполнения
7. Одноразовые оболочковые формы
8. Многообразные формы
9. Специальные виды литья
10. Литье под низким давлением
11. Литье методом направленной кристаллизации
12. Назначение технического контроля в литейных методиках
13. Дефекты отливок
14. Причины возникновения дефектов при литье
15. Дефектоскопия
16. Методы дефектоскопии, используемые в литейном производстве
17. Методы исправления дефектов в отливках
18. Тенденции развития литейных технологий

### **Библиографический список**

1. Альтман, М. Б. Плавка и литье легких сплавов / М. Б. Альтман, А. А. Лебедев, М. В. Чухров. – М., 1969.
2. Балабин, В. В. Модельное производство / В. В. Балабин. – М., 1970.
3. Горюнов, И. И. Пресс-формы для литья под давлением / И. И. Горюнов. – Л., 1975.
4. Гуляев, Б. Б. Классификация способов литья / Б. Б. Гуляев // Литейное производство. – 1987. – № 7. – С. 36.
5. Виноградов, В. Н. Литейные формы. Альбом конструкций / В. Н. Виноградов. – М., 1997.

6. Трухов, А. П. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы / А. П. Трухов. – М., 2005.
7. Трухов, А. П. Литейные сплавы и плавка / А. П. Трухов, А.И. Маляров. – М., 2004.
8. Титов, Н. Д. Технология литейного производства / Н. Д. Титов, Ю. А. Степанов. – М., 1974.

Учебное издание  
КУРГАНОВА Юлия Анатольевна  
КУРГАНОВ Сергей Владимирович

Проектирование литейных форм

Учебное пособие

Редактор Н.А. Евдокимова

Подписано в печать 02.10.2006. Формат 60 × 84 / 16.  
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л.3,26.  
Тираж 100 экз. Заказ 1124

Ульяновский государственный технический университет  
432047, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.

Типография УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.