

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЛИТЬЯ

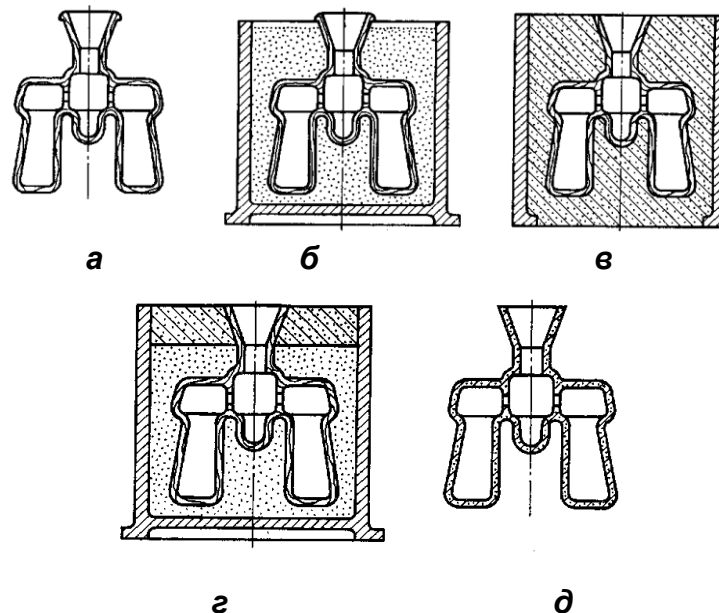
### 39. Литье по выплавляемым моделям

Сущность процесса заключается в заполнении расплавом многослойной неразъемной тонкостенной керамической формы, получаемой из жидких формовочных смесей по точной неразъемной разовой (выплавляемой) модели из пластичных материалов (парафин, стеарин и др.). Технологические основы способа известны с древних времён и разрабатывались для нужд ювелирного и художественного литья. В машиностроении способ применяется с начала 20 -го века.

Неразъемную форму изготавливают по модели из легкоплавкого материала (парафин, стеарин, церезин) путём многократного погружения в жидкую огнеупорную суспензию с последующей обсыпкой кварцевым песком и подсушкой на воздухе (или в атмосфере аммиака), после чего модель из формы выплавляют и в образовавшуюся полость заливают расплавленный металл (рис.94, 95,96)

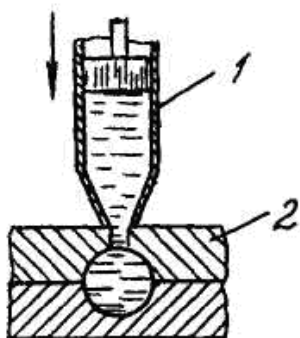
Толщина стенок многослойной керамической формы - от 4 до 6 мм, число слоев - от 3 до 10. Исходным материалом для формы служит огнеупорное покрытие (суспензия), включающее пылевидный кварц (или мелкий кварцевый песок) в сочетании с гидролизованным раствором этил силиката (жидкое стекло). Пример состава гидролизованного раствора этил силиката (в % по массе): ацетон - 40, этил силикат - 40, вода подкисленная (вода и 1,5 % HCl) - 20. Суспензия в свою очередь включает: кварц пылевидный - **70 %**, гидролизованный раствор этил силиката **30 %**. Возможны и другие соотношения.

Пресс-формы для изготовления моделей бывают из гипса, дерева, пластмасс, сплавов на основе свинца, олова, цинка, алюминиевых сплавов, стали



**Рис. 93. Разновидность форм, изготавливаемых по выплавляемым моделям:**

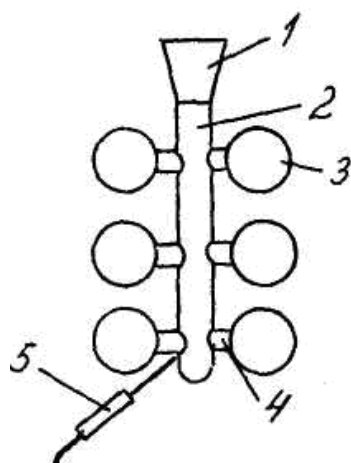
**а** - многослойная оболочковая; **б** - оболочковая с сыпучим опорным наполнителем; **в** - оболочковая с прочным опорным наполнителем (насыпным, уплотняемым и упрочняемым связующим либо наливным, уплотняемым вибрацией и химически твердеющим); **г** - оболочковая с комбинированным опорным наполнителем; **д** - однослойная оболочковая



а) 1 – шприц, 2 – пресс-форма, 3 – модель легкоплавкая

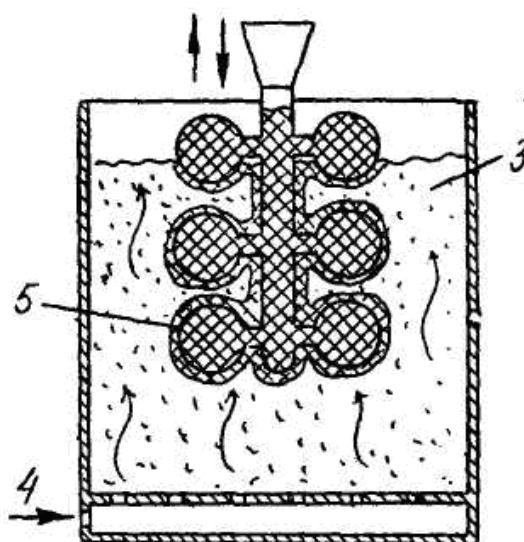
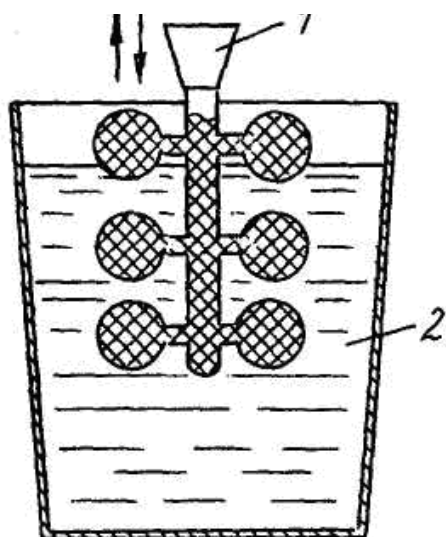


а)



б) 1 – модель чаши, 2 – модель стояка, 3 – модель отливки, 4 – модель питателя, 5 – паяльник

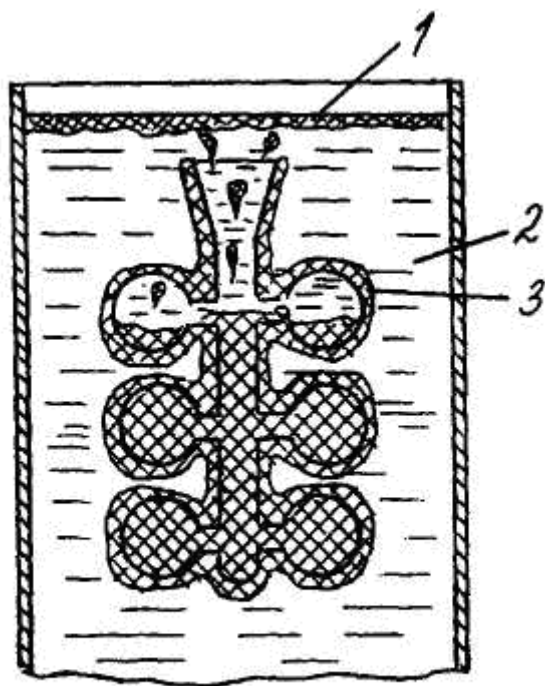
б)



в)

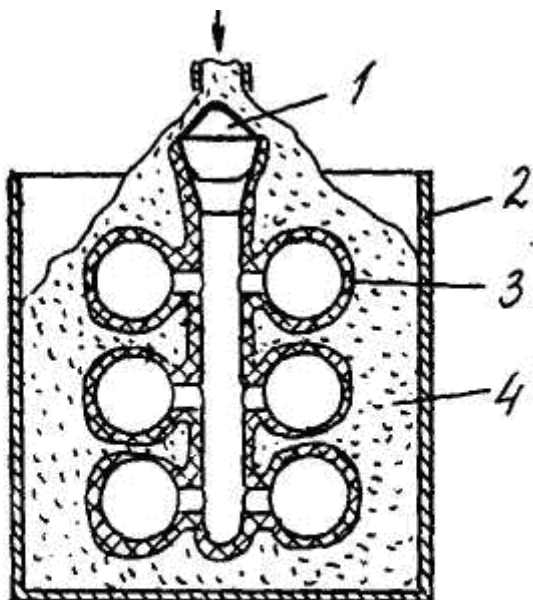
в) 1 – модельный блок, 2 – суспензия (жидкая), 3 – песок «кипящий», 4 – воздух сжатый, 5 – оболочка огнеупорная

**Рис. 94. Литье по выплавляемым моделям заготовки «Шар» из легированной стали (основные технологические операции): а) Изготовление легкоплавкой модели, б) Образование модельного блока, в) Образование огнеупорной оболочки (см. продолжение)**



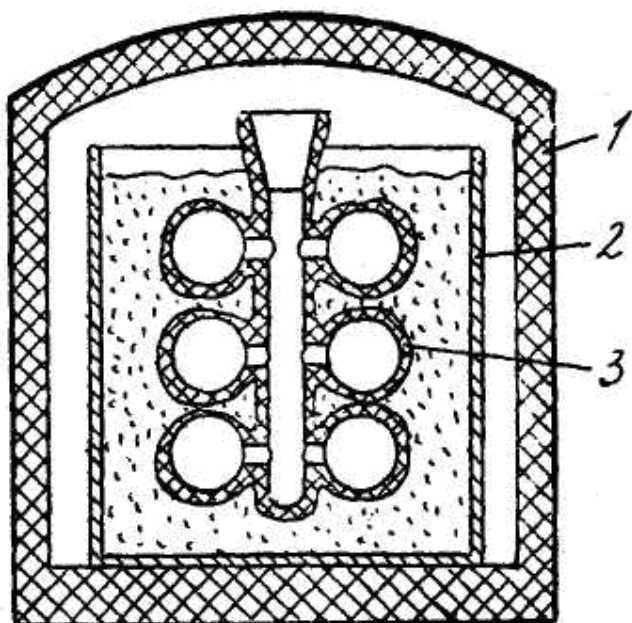
г)

г) 1 – модельный состав (выплавленный), 2 – вода горячая, 3 – керамическая форма



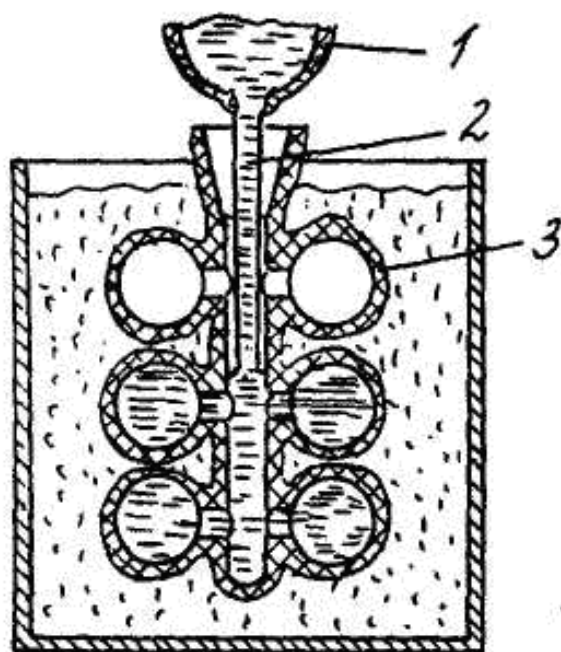
д)

д) 1 – колпачек, 2 – контейнер, 3 – керамическая форма, 4 – кварцевый песок



е) 1 – электропечь, 2- контейнер,  
3 – керамическая форма

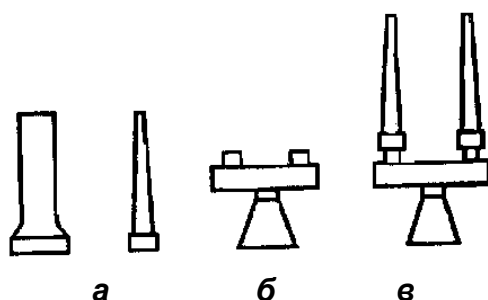
е)



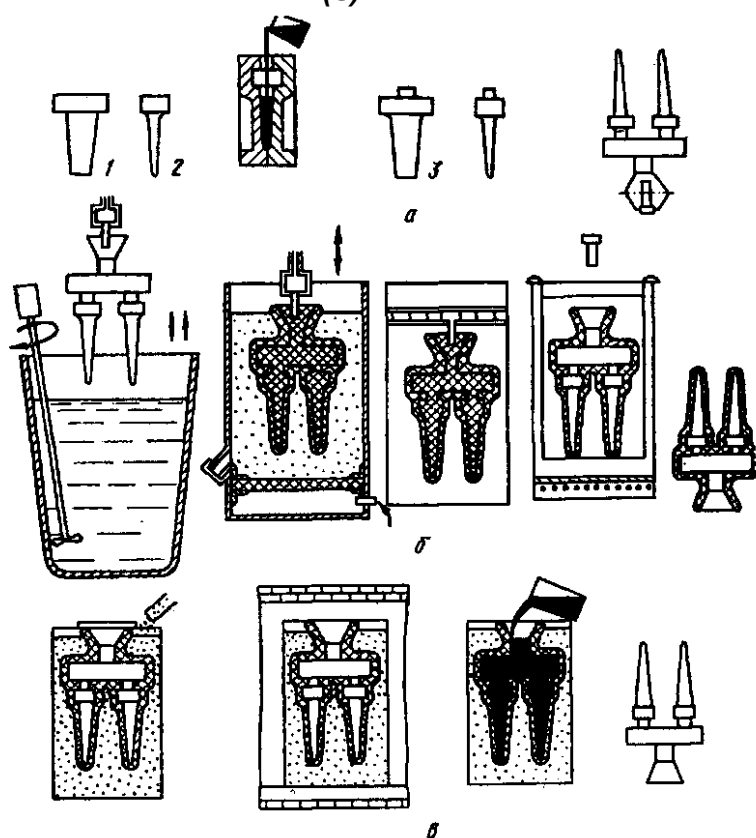
ж) 1 – ковш, 2 – жидкий металл,  
3 – керамическая форма

ж)

**Рис. 95. Литье по выплавляемым моделям заготовки «Шар» из легированной стали (основные технологические операции, продолжение):**  
**г) Выплавление модельного состава (блока), д) Засыпка формы кварцевым песком, е) Прокалка формы в печи, ж) Заливка металла в форму**



**Рис. 96. Эскизы моделей (а), литниковой системы (б) и собранного блока (в)**



**Рис. 97. Схема процесса изготовления отливок по выплавляемым моделям:**

**а – изготовление модели;**  
**б – изготовление формы;**  
**в – заливка формы сплавом; 1 – отливка, 2 – пресс-форма, 3 – модель**

### **ОЧИСТКА ОТЛИВОК ОТ ОБОЛОЧКИ ФОРМ**

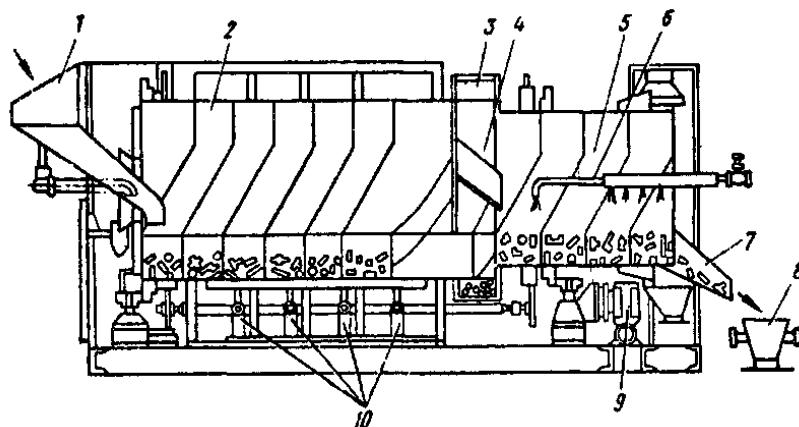
Очистка простых по конфигурации деталей (без полостей и отверстий) от оболочки обычно не представляет трудности, так как она растрескивается на поверхности отливок из-за разности коэффициентов сжатия металла и оболочки и легко отделяется от них, например, при вибрационном или ударном воздействии на литниковую систему литого блока. Однако таким методом нельзя удалить остатки оболочки из различных полостей и углублений в отливке, так как в этих местах металл,

имеющий значительно большую усадку, чем огнеупорный материал оболочки, прочно сжимает последнюю при охлаждении.

**Трудноотделяемые части оболочек, а также керамические стержни, выполняющие отверстия, удаляют механическими, химико-термическими, электрохимическими, электрогидравлическими и некоторыми другими способами.**

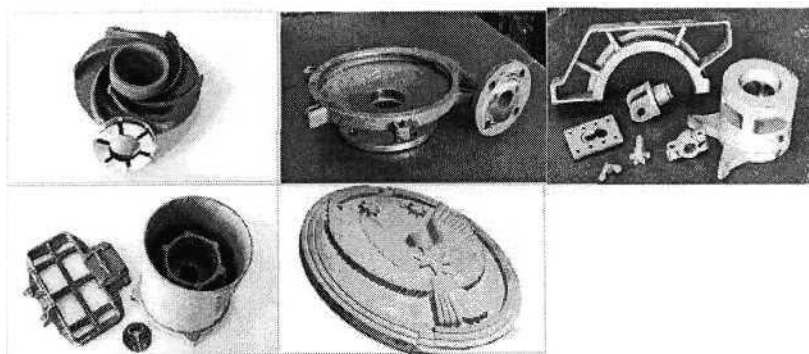
Наиболее часто используют такие механические способы, как **очистку металлическим песком или дробью и гидроабразивную очистку**, применение которой исключает выделение опасной для здоровья работающих пыли.

После предварительной механической очистки для полного удаления остатков оболочки из полостей и отверстий отливок из сплавов, не взаимодействующих с растворами или расплавами щелочей или солей, применяют химико-термические способы очистки. Очистку стальных отливок от остатков оболочек на кварцевой основе наиболее часто проводят в горячих растворах КОН или NaOH 30-50%-ной концентрации, которых происходит растворение кварцевых оболочек. О - 50 %-ной концентрации, в которых происходит растворение кварцевых оболочек. Для ускорения процесса щелочную очистку ведут в медленно вращающемся (0,3 - 0,4 об/мин) барабане (рис. 98), раствор щелочи в котором нагревается газовыми горелками до температуры кипения (125 - 130 °С). Продолжительность очистки отливок составляет 100 - 40 мин. Очищают также стальные отливки в расплавах КОН или NaOH при температуре 800 - 900 °С. Продолжительность операции сокращается до нескольких минут. Однако при этом значительно возрастают требования по технике безопасности и защите оборудования от разрушающего воздействия паров щелочи.



**Рис. 98. Автомат выщелачивания остатков оболочки:**

1 – бункер; 2 – шестисекционный барабан выщелачивания; 3 - промежуточный барабан для сбора измельчения керамики; 4 - лоток перегрузочного устройства; 5 - отсек предварительной и окончательной промывки отливок; 6 - труба для подачи горячей и холодной промывочной воды; 7 - лоток; 8 - тара; 9 - двигатель приводного устройства для вращения барабана; 10 - газовые горелки для подогрева щелочного раствора



**Рис. 99 Образцы отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям**

*Область применения:*

Этот хорошо отработанный высокомеханизированный и автоматизированный процесс позволяет получить сложные но небольшие отливки от нескольких грамм до десятков кг практически из любых сплавов. Технологический процесс применяется в авиастроении, автомобильном, тракторном и сельхозмашиностроении, при производстве режущего инструмента, штампов, турбин, швейных машин, велосипедов, стрелкового оружия, в приборостроении.

*Д о с т о и н с т в а*

- 1.Отсутствие разъемов позволяет достигать высокую точность (9-10 квалитет).
- 2.Низкая шероховатость 25...1,25.
- 3.Является прогрессивным, материало- и трудосберегающим ТП.
- 4.Экономически выгоден для всех типов производства.
- 5.Уменьшение расхода формовочных материалов (практическое отсутствие стержней)
- 6.Улучшение условий труда
- 7.Уменьшение воздействия литейного производства на окружающую среду

*Н е д о с т а т к и*

- 1.Значительная трудоемкость и сложность процесса
- 2.Трудности при изготовлении крупных заготовок (до 10кг до 250мм)
- 3.Высокая стоимость отливок

#### **40. Литье в оболочковые формы**

**С у щ н о с т ь** процесса – заливка расплава в тонкую оболочковую форму, изготовленную из песчано-смоляных смесей по нагреваемой оснастке и состоящую из двух скрепленных (как правило, склеенных) полуформ (рис.100, 101). Способ применяется в промышленности с начала 50-х годов.

Толщина оболочковых форм от 5 до 20 мм. Применяют оболочковые формы как с вертикальной, так и с горизонтальной плоскостями разъема. Для получения внутренних полостей отливок используют песчано-смоляные оболочковые (тонкостенные), либо монолитные стержни. Форма и стержни имеют высокую газопроницаемость, что способствует хорошему заполнению формы металлом, получению тонкостенных отливок.

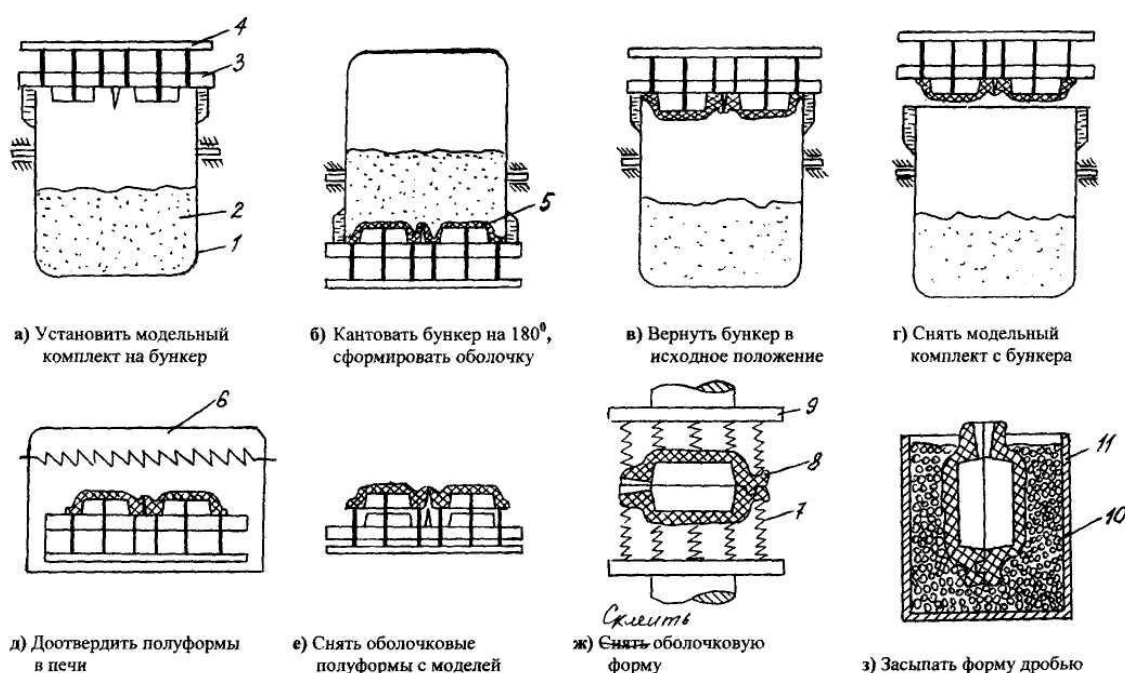
Оболочковая смесь состоит из сухого кварцевого формовочного песка (основа смеси) и порошкообразной фенолоформальдегидной термореактивной смолы (5-7% по массе).



Применяют либо механические смеси, либо плакированные. В последнем случае смола наносится на поверхность зерен песка по специальной технологии. Термореактивная смола при нагревании расплавляется, а затем необратимо затвердевает. Термостойкость затвердевшей смолы - выше 700 °С.

Оболочковые формы изготавливают по нагреваемой металлической оснастке бункерным, насыпным, либо пескодувным способами. Широкое применение в промышленности нашел бункерный способ, который обеспечивает лучшее качество оболочковых форм. Оболочковые полуформы изготавливают одновременно: на одной подмодельной плите монтируют две полумодели. Материал моделей - сталь, серый чугун. Модельная оснастка состоит из моделей отливок, модельных плит, стержневых ящиков, моделей литниковой системы и механизма съема оболочек.

**Область применения:** Литье в оболочковые формы применяют при производстве ответственных отливок из стали, серого и высокопрочного чугунов, бронзы, латуни в условиях серийного и массового производства (коленчатые валы из высокопрочного чугуна, гильзы ребристых цилиндров из серого чугуна для тракторных двигателей и мотоциклов, детали гидронасосов, рабочие и направляющие колеса турбонасосов, звенья цепей из жаростойкого сплава, вентили и др.). 5-15кг (до 100-150кг)



**Рис. 100. Схемы технологических переходов (а.. е) и операции (ж.. л) процесса изготовления оболочковой формы:**

1 - бункер, 2 - смесь оболочковая, 3 - плита подмодельная, 4 - плита толкательная, 5 - оболочка, 6 - электропечь, 7 - пружина, 8 - форма оболочковая, 9 - плита пресса, 10 - дробь чугунная, 11 - контейнер

**Область применения:**

Этот хорошо отработанный высокомеханизированный и автоматизированный процесс позволяет получить сложные но небольшие отливки от нескольких грамм до десятков кг практически из любых сплавов. Технологический процесс применяется в авиастроении, автомобильном, тракторном



и сельхозмашиностроении, при производстве режущего инструмента, штампов, турбин, швейных машин, велосипедов, стрелкового оружия, в приборостроении.

#### *Д о с т о и н с т в а*

- 1.КИМ 0,85-0,9
- 2.Высокая степень механизации и автоматизации (повышение производительности труда)
- 3.Высокая точность (12-13кв) и низкая шероховатость до 2,5мкм
- 4.Возможность получения тонкостенных отливок (серый чугун до 1.5мм, сталь до 3мм)
- 5.Меньший расход формовочной смеси
- 6.Снижение брака в 1,5-2 раза
- 7.Уменьшение расхода материалов на литниковые системы
- 8.Более простое удаление формы с поверхности отливки

#### *Н е д о с т а т к и*

- 1.Сравнительно большая стоимость песчано-смоляных смесей
2. Нерешенность вопросов экологии
- 3.Ограничение отливок по размерам (до 1000мм) и по массе (до 100кг)

### **41.Литье в кокиль**

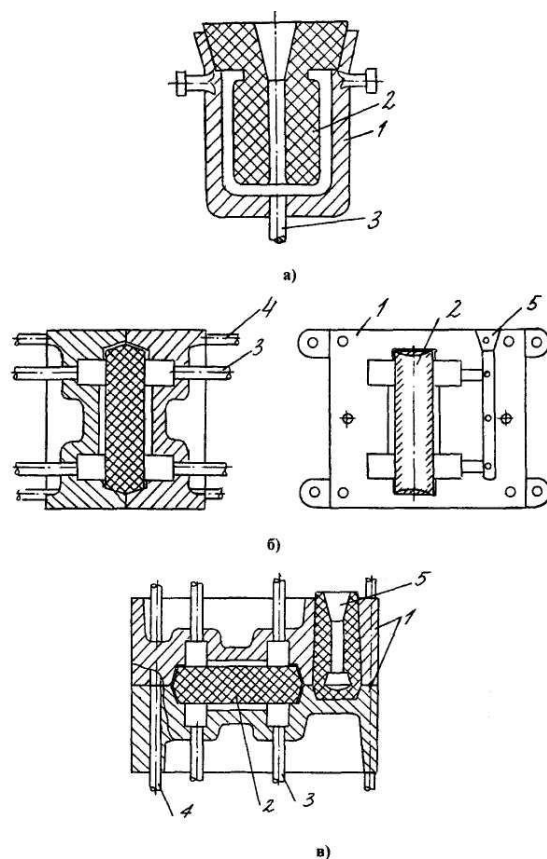
**К о к и л е м** называют металлическую форму, заполняемую расплавом под действием гравитационных сил. Сущность способа заключается в применении многократно используемой литейной формы, которая формируют конфигурацию и свойства отливки.

По конструкции кокили бывают: вытряхные (рис.102,а), с вертикальным разъемом (рис.102,б), с горизонтальным разъемом (рис.102,в), створчатые, с комбинированным разъемом, стопочные.

**Кокиль изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевого сплава с анодированной рабочей поверхностью (табл.29).** Для повышения стойкости кокили изготавливают из нормализованных элементов (пластин), игольчатыми, методами порошковой металлургии.

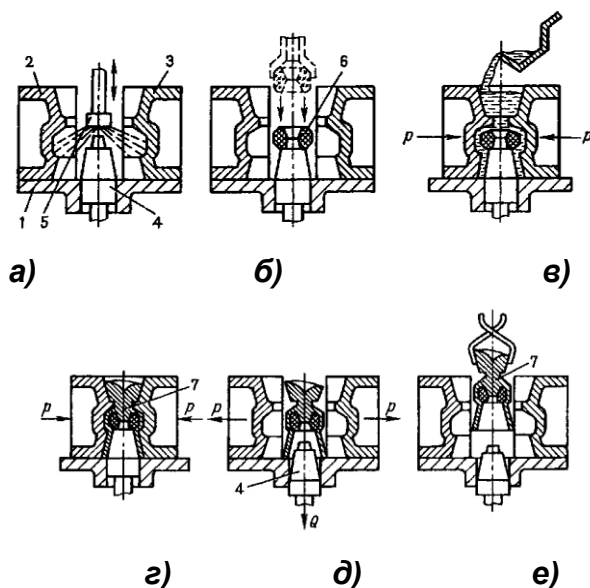
**Толщина стенок кокиля от 10 до 100мм и зависит от толщины стенок отливки. Толщина кокиля должна быть по возможности равномерной. Для повышения стойкости кокиля, а также производительности процесса, кокили снабжают жидкостным охлаждением (водяным, масляным).**

При литье в металлические формы применяют как металлические (для простых полостей), так и песчаные литейные стержни (для сложных полостей). Для выталкивания отливки из кокиля используют толкатели диаметром 10-20 мм,



**Рис.102. Конструктивные виды кокилей:**

а) **вытряхной** (1-кокиль, 2-стержень песчаный, 3-толкатель), б) **с вертикальным разъемом** (1-кокиль, 2-стержень песчаный, 3-толкатель, 4-контртолкатель, 5-литниковая система), в) **с горизонтальным разъемом** (1-кокиль, 2-стержень песчаный, 3-толкатель, 4-контртолкатель, 5-стержень с литниковой системой)



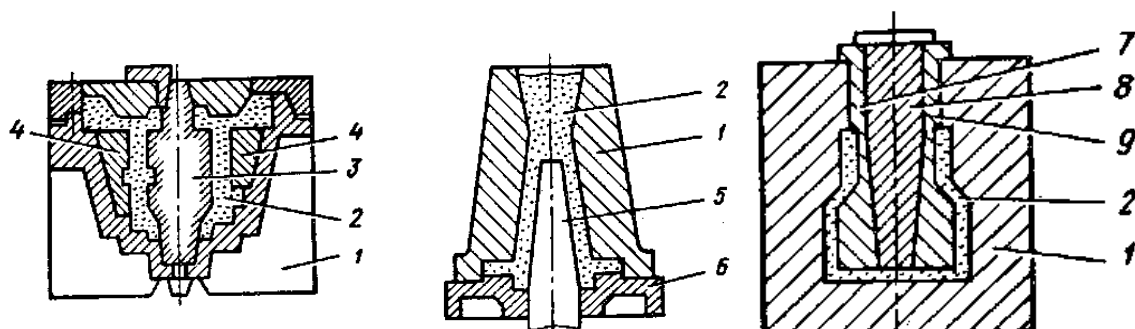
**Рис.103 . Последовательность операций изготовления отливок в кокиль:**

а)нанесение на нагретую до 150-180°С рабочую поверхность кокиля с помощью пульверизатора защитной краски; б – установка с помощью

манипулятора песчаного стержня; в – заливка расплава в кокиль, половины которого соединены и скреплены специальными зажимами; г – затвердевание до температуры выбивки; д – раскрытие кокиля и протягивание вниз металлического стержня; е – удаление отливки манипулятором. 1 – поддон; 2, 3 – симметричные полуформы; 4 – металлический стержень; 5 – пульверизатор; 6 – песчаный стержень; 7 – отливка

**Материалы для изготовления деталей кокилей**      **Таблица 29**

Детали кокиля	Назначение, условия работы	Материал
Рабочие стенки	Кокили для мелких и средних отливок из алюминиевых сплавов, чугуна, с воздушным и водовоздушным охлаждением	СЧ20, СЧ25
	Кокили для мелких, средних, крупных отливок из чугунов с воздушным и водовоздушным охлаждением.	ВЧ40, ВЧ45
	Кокили для мелких, средних, крупных и особо крупных отливок из чугуна, стали, алюминиевых, магниевых, медных сплавов	Стали 10, 20, 15Л-11, 15ХМЛ, Ст3
	Вставка для интенсивного охлаждения отдельных частей отливок, тонкостенные водоохлаждаемые кокили, массивные металлические стержни.	Медь и ее сплавы, легированные стали, специальные сплавы
	Водоохлаждаемые кокили с анодированной поверхностью для мелких отливок из алюминиевых, медных сплавов, чугунов.	АК7 (АЛ9), АК7Ц9 (АЛ11)
Стержни, штыри, толкатели, тяги	Соприкасаются с жидким металлом, работают на истирание	Сталь 45
Стержни, вставки, выталкиватели с резкими переходами в сечениях	Оформляют глубокие полости и находятся под действием высоких температур.	30ХГС, 35ХГСА, 35ХНМ
Выталкиватели	Испытывают ударные нагрузки	Стали У8А, У10А
Оси, валы, эксцентрики	Работают на истирание	Сталь 25 (подвергают цементации)



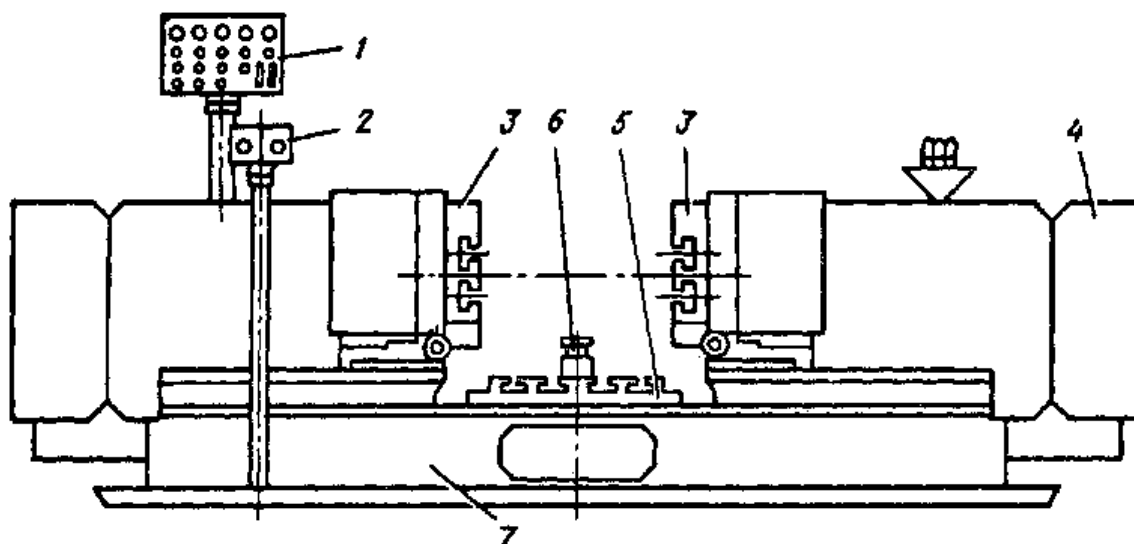
**Рис 104. Стержни:**

**1 – кокиль; 2 – отливка; 3 – песчаный стержень; 4 – вкладыш; 5 – металлический стержень; 6 – плита; 7, 8, 9- части металлического стержня**

которые изготавливают из углеродистой стали. Большую роль при формировании отливки в металлической форме играет покрытие рабочей поверхности кокиля огнеупорным материалом (мел, графит, тальк, глина огнеупорная, жидкое стекло и др.) - окрашивание кокиля. Краски бывают разовые и многократные. Они защищают поверхность кокиля от резкого термического удара при заливке металла, повышая его стойкость, предотвращают приваривание заливаемого металла к стенкам кокиля, позволяют регулировать скорость затвердевания отливки. Толщина краски обычно не превышает 1 мм. Толстостенные покрытия поверхности кокиля (свыше 1 мм) называют облицовками.

Литье в облицованный кокиль – это отдельный технологический процесс литья в кокиль с толстостенными разовыми покрытиями (облицовками) из терморепактивных смесей толщиной 3-10мм.

Литьем в кокиль получают фасонные заготовки из серого, ковкого и высокопрочного чугунов, сталей, алюминиевых, магниевых и медных сплавов. В нашей стране объем кокильного литья по черным сплавам достиг 5-10%, по цветным - 40-50% от общего выпуска литья



**Рас. 105 Кокильная машина мод. 5922:**

**1 - наладочный пульт; 2 - рабочий пульт; 3 - подкокильная плита; 4 - шкаф гидрпанелей; 5 - поддон; 6 - механизм нижнего стержня; 7- рама**

Из анализа основных операций литья в кокиль следует, что этот процесс - малооперационный. Основные операции при механизации процесса - раскрытие кокиля; извлечение стержней, отливки;

нанесение огнеупорного покрытия; установка стержней; закрытие и запирание кокиля: заливка расплава - выполняются механизмами кокильной машины или литейного комплекса, которыми управляет рабочий-оператор.

При автоматизации процесса управление механизмами осуществляется системой, часто связанной с управляющей ЭВМ.

**В зависимости от серийности производства, массы, размеров, сложности отливок изменяется степень механизации и автоматизации процесса. При серийном и мелкосерийном производстве крупных, сложной конфигурации отливок более эффективными оказываются автоматизированные кокильные машины и механизированные кокили.**

Кокильные машины разделяют на универсальные (одно-, двух- и трехпозиционные), карусельные (с 4, 6, 8, 12, 16 позициями) и специальные.

**Универсальные однопозиционные кокильные машины** предназначены для получения отливок из цветных и черных сплавов в кокилях нормального ряда размерами от 250 x 200 до 1000 x 800 мм в плане. Гамма машин включает следующие типы:

I - вертикальным разъемом кокиля, с одной подвижной плитой;

II- с вертикальным разъемом кокиля, с двумя подвижными плитами и поддоном;

III- с вертикальным разъемом кокиля, с двумя подвижными плитами, поддоном и механизмом перемещения верхних стержней;

IV - с горизонтальным разъемом кокиля с двумя подвижными плитами и поддоном с нижним и торцовым стержнями (пять подвижных плит).

Эти машины обеспечивают широкие возможности получения отливок сложной конфигурации.

**Область применения:** Крупносерийное и массовое производство для фасонных отливок из чугуна (11%), стали (6%) и цветных металлов (45% всех алюминиевых и магниевых отливок) с толщиной стенки 3...100мм и массой от десятков грамм до сотен кг (блоки и головки блоков двигателей, поршней из алюминиевых сплавов, ступицы колес из ковкого чугуна, станины электродвигателей из серого чугуна, стойки плуга из высокопрочного чугуна, крышки, втулки из медных сплавов и др..)

### **Д о с т о и н с т в а**

1.Точность отливок 12...15квалитет, шероховатость до 2,5мкм.

2.Выход годных изделий 75-90%.

3.Повышенные механические свойства металла (кроме чугуна). Прочность возрастает на 50-70%, пластичность в 3-4 раза.

4.Отсутствие формовочных материалов и их переработки.

5. Резкое уменьшение отходов производства.

6.Высокая производительность в условиях массового производства: до 50 циклов в час на однопозиционных машинах, до 120 циклов в час на многопозиционных машинах и автоматических линиях.

7.Возможность полной автоматизации процесса.

8.Более благоприятные условия труда по сравнению с литьем в песчаные и оболочковые формы.

9.Меньшее воздействие на окружающую среду.

### **Н е д о с т а т к и**

1.Высокая стоимость кокиля.

2.Сложность получения тонкостенных отливок вследствие быстрого затвердевания металла.

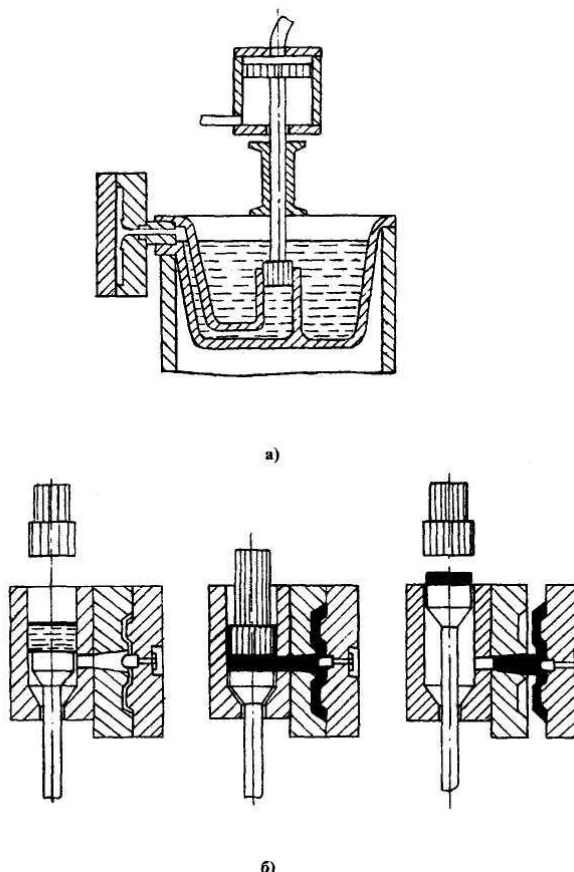
3. Низкая стойкость кокиля (100 - 2000 заливок) при литье черных сплавов (в то время как при литье цветных сплавов стойкость достигает 100 000 заливок).

4.Необходимость термической обработки из-за получаемых отбеленных поверхностей отливок из серого и высокопрочного чугунов в результате быстрого остывания.

5. Анизотропность свойств по сечению отливок из других сплавов.  
6. Ограничение отливок по размерам (до 1000 мм) и массе (до 100 кг).

#### **42. Литье под давлением**

При литье под давлением расплавленный металл заливают в многократные металлические формы под давлением поршня. Давление может достигать 3 000 - 3 500 атм и более. Время заполнения металлом рабочей полости формы не превышает 1 сек.



**Рис.106. Технологические схемы литья под давлением:**  
**а) с горячей камерой прессования, б) с холодной камерой прессования**

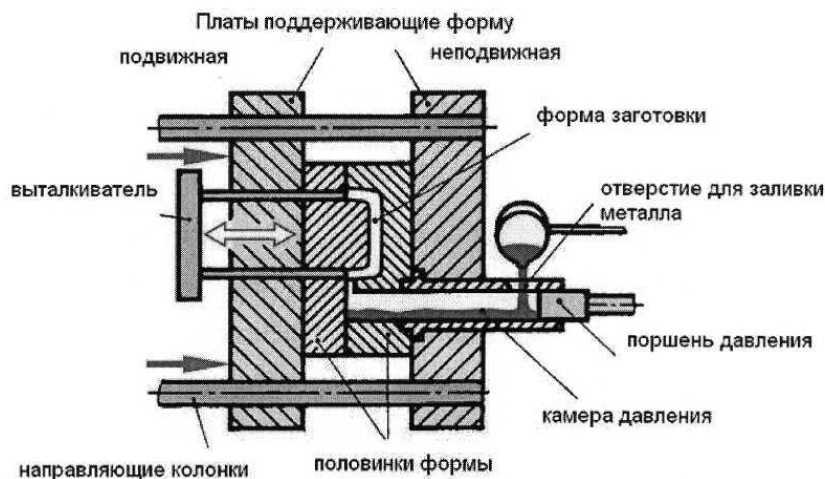
Металлическую форму (пресс-форму) изготавливают из инструментальных углеродистых и высоколегированных сталей. Форма массивная, сложная по конструкции, включает до 100 и более составных частей. Соотношение между массой отливки и массой пресс-формы достигает 1: 1000. Рабочая полость пресс-формы имеет повышенную точность и чистоту поверхности, подвергается шлифованию и полированию. Стоимость пресс-форм очень высокая, на один-два порядка дороже кокилей. При литье под давление используют только металлические стержни. Для извлечения отливок из формы применяют толкатели.

Известны несколько технологических схем литья под давлением:

1) **с горячей камерой прессования** (для отливок из легкоплавких сплавов, температура плавления которых не превышает 450°C - сплавы на основе олова, свинца, цинка) (рис.106,а).

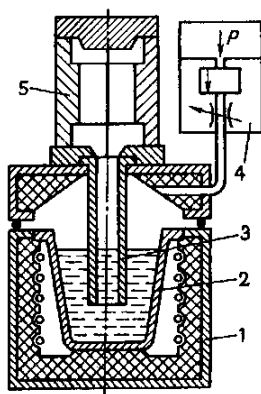
Камера прессования при этом располагается непосредственно в емкости с заливаемым металлом, что обеспечивает стабильный тепловой режим литья и возможность получения сложных тонкостенных отливок небольшой массы.

2) **с холодной камерой прессования - вертикальной** (рис. 106,б) **и горизонтальной и др.** (рис.107). При этом используют при получении отливок из более тугоплавких сплавов - магниевых, алюминиевых, медных, титановых (рис.106,б). Камера прессования располагается вне ёмкости с заливаемым металлом.



**Рис. 107. Литье под давлением с горизонтальной камерой прессования**

Самостоятельный процесс литья - это технологический процесс литья под низким давлением (рис.108), при котором рабочая полость формы заполняется расплавленным металлом под давлением воздуха или инертного газа (не более 6 ати).



**Рис. 108. Схема литья под низким давлением:**

**1- обогреваемая камера; 2 – тигель с расплавленным металлом; 3 – металлпровод; 4 – пневмосмеситель; 5 – литейная форма**

При литье под давлением применяют машины-автоматы, а также автоматизированные и роботизированные (заливка металла, извлечение отливки из формы, отделение литниковой системы) комплексы (рис. 109 ).

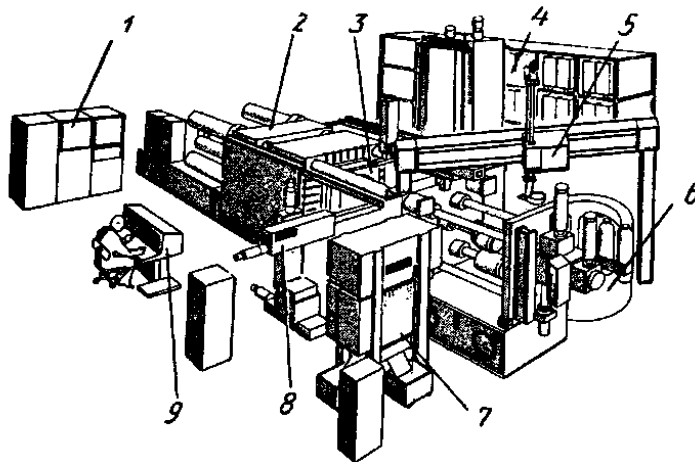
Для уменьшения газовой пористости и повышения плотности заливаемого металла при литье под давлением применяют вакуумирование прессформ, предварительное заполнение рабочей полости формы кислородом (кислородный процесс), заполнение рабочей полости жидким металлом с подпрессовкой в процессе его затвердевания.



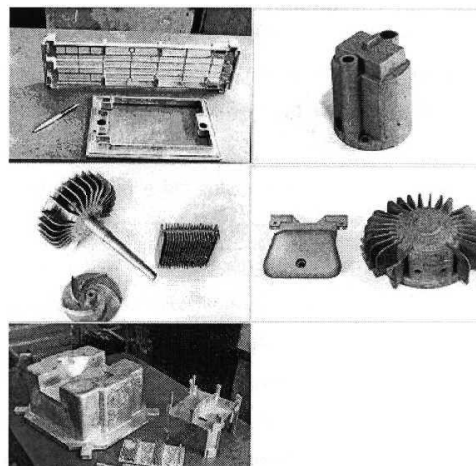
### *Область применения:*

В точном приборостроении и текстильном машиностроении, электротехнике, автомобилестроении, тракторостроении и др для тонкостенных отливок сложной конфигурации с минимальными припусками и точными отверстиями из ц в е т н ы х металлов от нескольких грамм до десятков кг (50) в условиях массового и крупносерийного производства.

Элементы замков "молния" из цинковых сплавов, головки цилиндров мотоциклетных двигателей, блоки четырех- и восьмицилиндровых автомобильных двигателей из алюминиевых сплавов, водопроводная арматура, тройники из латуни, судовая штуцерная арматура из бронзы, отливки из титановых сплавов). Имеются примеры литья под давлением стальных и чугунных заготовок, однако, технология литья этих сплавов пока не получила широкого распространения: высокая температура заливки, недостаточная стойкость пресс-форм, отбел при литье чугуна, низкая жидкотекучесть стали, образование трещин и другие технологические проблемы, усложняют процесс литья из этих сплавов



**Рис.109 . Схема гибкого автоматизированного комплекса:1 - пульт управления машиной; 2 - машина; 3 - устройство для монтажа пресс-форм; 4 - склад пресс-форм; 5 - дозатор металла; 6 - электропечь; 7 - пресс для обрубki отливок; 8 - промышленный робот; 9 - центральный пульт управления**



**Рис. 110. Образцы отливок, полученных литьем под давлением**

### **Достоинства**

1.Высокие точность (припуски на обработку составляют 0,3-1мм, уклоны менее 1 градуса) и качество поверхности отливки, в ряде случаев исключаящие

последующую механическую обработку;(точность 8-13, шероховатость до 0,32) (табл.40).

2.Возможность получения тонкостенных отливок (толщиной 1-1,5мм) и точных литых отверстий (диаметром до 1,5-2мм), а также отверстий с резьбой (до М6) (табл.31, 32, 33).

3.Минимальный объем финишной обработки отливок (табл. 340.

4.Высокая производительность (на машинах с горячей камерой прессования - до 300 циклов в час, с холодной - до 100 циклов в час).

5.Возможность полной автоматизации и роботизации.

6.Отсутствие формовочных и строжневых материалов и их переработки, а также отсутствие неперерабатываемых отходов производства.

7.Резкое улучшение условий труда по сравнению с литьем в песчаные, оболочковые и металлические формы.

**Минимальная толщина стенок отливок, мм, получаемых ЛПД Таблица 31**

Сплавы	Внешняя площадь поверхности отливки, см <sup>2</sup>					
	До 25	25-100	100-250	250-500	500-1000	Св.1000
Цинковые	0,3	0,5	0,8	1,2	1,5	2,0
Алюминиевые	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
Магниеые	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Медные	1,5	2,0	2,5	3,0	-	-
Сталь коррозионно- стойкая	1,5	2,0	3,0	-	-	-

**Допускаемые размеры литых отверстий Таблица 32**

Сплавы	Минимальный диаметр отверстия, мм		Максимальная глубина, выраженная в количестве диаметров отверстий		Конусность отверстий, % от длины
	Практически рекомендуемый	Технологически невозможный	Глухих	Сквозных	
Цинковые	1,5	1,0	6	12	0,2-0,5
Алюминиевые	2,5	1,5	3	6	0,5-1,0
Магниеые	2,0	1,5	5	10	0,3-0,5
Медные	3,0	2,5	3	4	0,8-1,5

**Припуски на механическую обработку отливок, мм      Таблица 34**

Наибольший габаритный размер, мм	Номинальный размер отливки, мм			
	До 50	50-120	120-160	260-500
До 50	0,3	-	-	-
50-120	0,4	0,5	-	-
120-260	0,5	0,7	0,8	-
260-500	0,7	0,8	1,0	1,0

#### Недостатки

1.Наличие газовой пористости в массивных частях отливок, что влечет снижение их механической прочности, а также не допускает упрочняющие виды термообработки.

2.Высокая стоимость технологической оснастки (пресс-форм) и оборудования, в результате чего процесс рационален только в условиях массового производства.

3.Проблематичность литья под давлением отливок из черных сплавов.

4.Ограничение отливок по размерам (до 1000мм в плоскости разъема формы) и массе (до 50 кг для алюминиевых сплавов).

### **43.Центробежное литье**

**Сущность литья** – заполнение расплавом вращающейся формы, в результате чего под действием центробежных сил превышающих гравитационные, формируется контур отливки (рис.111, 112, 113).

**Скорость вращения литейной формы** - до 1500 оборотов в минуту. При центробежном литье используют металлические, футерованные, керамические (по выплавляемым моделям), оболочковые, резиновые, а также песчаные формы, в том числе сырые песчано-глинистые формы. Ось вращения литейной формы может быть вертикальной, горизонтальной или наклонной.

При вращении литейной формы вокруг вертикальной оси свободная поверхность жидкости (расплавленного металла) приобретает форму параболоида вращения. При вращении литейной формы вокруг горизонтальной оси свободная поверхность вращающейся жидкости (расплавленного металла) имеет правильную цилиндрическую форму, но ось этой поверхности смещена вверх по отношению к оси вращения формы. Однако по мере затвердевания металла эксцентриситет постепенно уменьшается, и в затвердевшей отливке полностью отсутствует.

**При необходимости** во вращающуюся металлическую форму **вставляют песчаные стержни, с помощью которых можно получать сложные наружные или внутренние поверхности отливки.**

Для регулирования температуры металлических форм используют водяное, как правило, струйное охлаждение.

#### *Область применения*

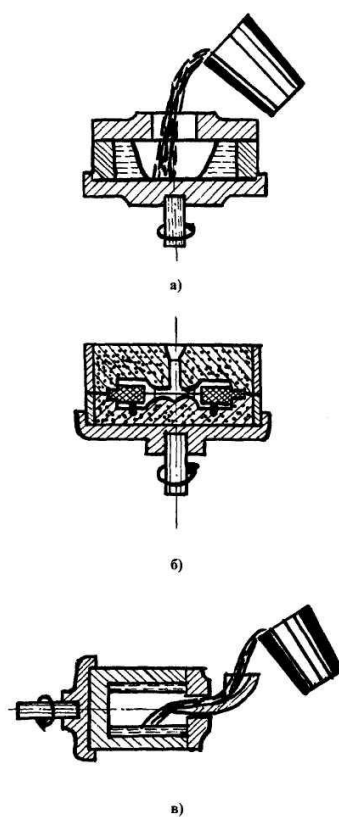
**В крупносерийном и массовом производстве для изготовления деталей типа тел вращения** (кольца, втулки, гильзы цилиндров двигателей, маслоты, т.е. заготовки для поршневых колец, вкладыши для подшипников, трубы), **фасонные отливки из стали, чугуна, алюминиевых, магниевых, медных и цинковых сплавов.** Этим способом отливают также **цилиндрические трёх- и двухслойные (биметаллические) заготовки** (валки прокатных станов, втулки подшипников). Многослойные заготовки получают последовательной заливкой во вращающуюся форму нескольких (различных) сплавов. Известен способ центробежного литья в металлические футерованные формы, покрытые разовой тонкостенной футеровкой из песчано-глинистой

формовочной смеси. Толщина футеровки - до 50мм. Используют также процесс центробежного литья под слоем флюса.

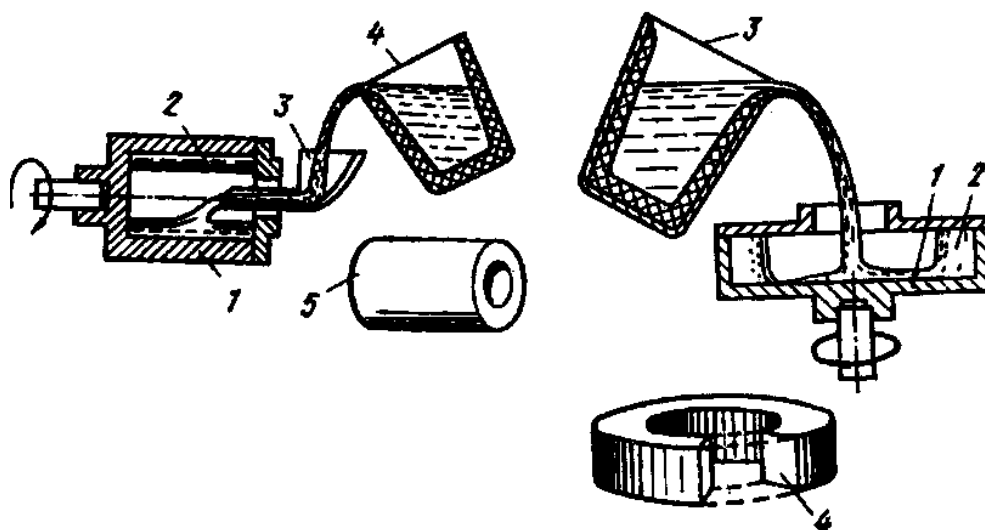
**Масса литых заготовок при центробежном литье составляет от нескольких десятков грамм (при литье в резиновые формы) до 60т, диаметр -до 1500мм, длина-до 10м**

### ***Д о с т о и н с т в а***

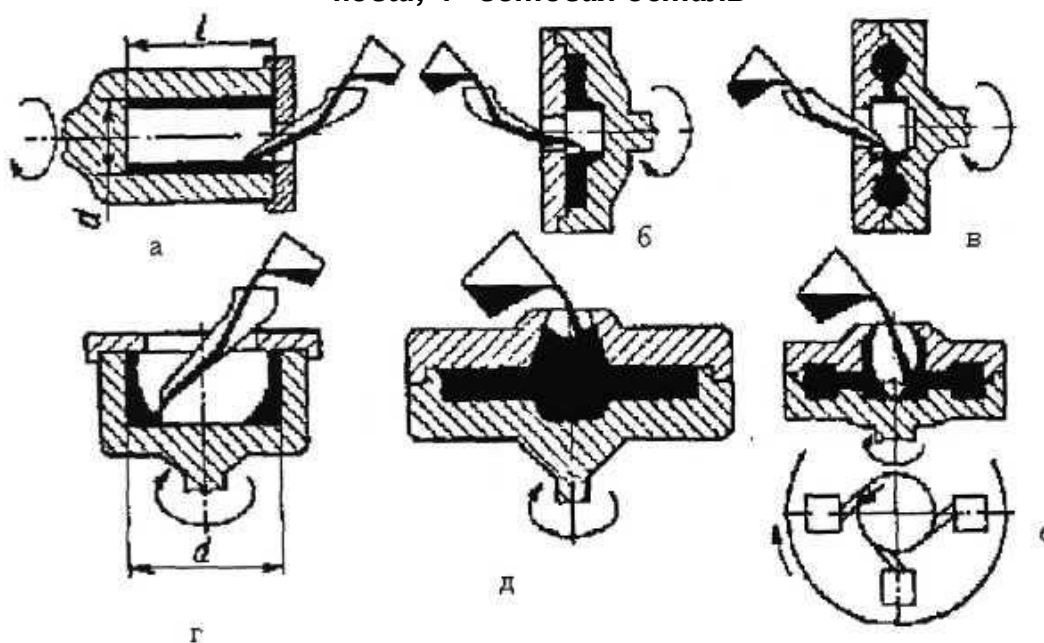
1. Возможность получения пустотелых отливок без стержней.
2. Экономия металла (до 30 и более процентов) на литниковой системе.
3. Повышенные механические свойства наружных слоев отливки.
4. Возможность получения многослойных (в том числе биметаллических) цилиндрических заготовок.
5. Возможности получения тонкостенных отливок при литье с вертикальной осью вращения.
6. Возможность полной автоматизации и роботизации.
7. Относительно благоприятные условия труда.



***Рис. 111. Технологические схемы центробежного литья с вертикальной (а, б) и горизонтальной (в) осями вращения***



**Рис.112. Горизонтальная машина центробежного литья: 1 - форма; 2 - полая отливка; 3 - желоб; 4 - ковш с жидким металлом; 5 - готовая втулка. Вертикальная машина центробежного литья: 1 - форма; 2 - полая отливка; 3 - ковш; 4 - готовая деталь**



**Рис. 113 . Схемы центробежного литья: а - отливка труб , б , в - отливка дисков, г - отливка втулок, е - отливка деталей произвольной формы (центробежные силы используются только для уплотнения структуры металла)**

### **Недостатки**

1. Низкие точность и качество внутренней поверхности отливок.
2. Высокая неоднородность структуры металла (ликвация).
3. Ограничение номенклатуры отливок (телами вращения) при литье с горизонтальной осью вращения формы.
4. Низкая стойкость изложниц при литье черных сплавов.
5. Недостаточная производительность при литье небольших отливок на машинах с горизонтальной осью вращения (10... 15 отливок в час).

## 6. Образование отбела при литье чугуна в металлические вращающиеся формы-изложницы.

### 44.ДРУГИЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ

**1. Литье с воздействием ультразвука** является разновидностью вибрационного литья, позволяющего повысить качество отливок за счет измельчения структуры, повышения плотности, и механических свойств (табл.35, 36). При этом замедляется ликвация, происходит дегазация, улучшается обрабатываемость резанием. Применяется :

1. во время заполнения формы и кристаллизации
2. только во время кристаллизации
3. для обработки расплава перед разливкой

**Влияние ультразвуковой дегазации расплава на жидкотекучесть алюминиевых сплавов для фасонных отливок** Таблица 35

Сплав	Жидкотекучесть* металла, мм		
	без рафинирования	после продувки аргоном	после обработки ультразвуком
АЛ9	500	550	670
АЛЗ	500	600	670
АЦР-1	600	660	720

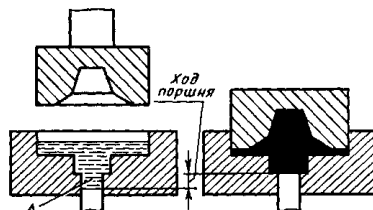
\*Определяется по длине спирали.

**Влияние ультразвуковой рафинирующей обработки на механические свойства точных отливок из сплава АЛ40 [8]** Таблица 36

Способ литья	Образцы	Ультразвуковая обработка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
По выплавляемым моделям	Отлиты отдельно	$\pm$	260	1,0
			340	1,5
	Вырезаны из отливки	$\pm$	240	0,5
			280	1,0
В гипсовые формы		$\pm$	230	1,0
			270	2,0

**2. Литье с воздействием электрического тока** повышает пластичность силуминов и чугунов при неизменном уровне прочности и увеличивает магнитные свойства магнитным сплавам.

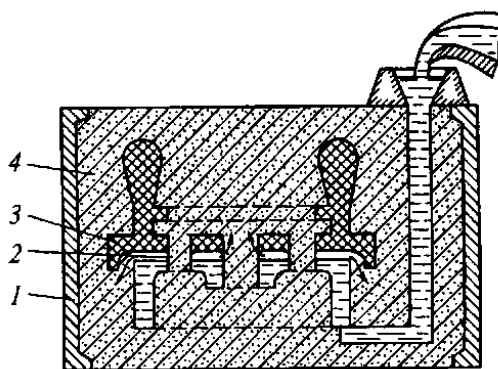
**3.Автоклавное литье** (под всесторонним газовым давлением), создаваемом только при кристаллизации, уменьшает пористость бронз, увеличивает твердость, уд вязкость, прочность алюминиевых сплавов.



**Рис.114. Штамповка жидких сплавов**

**4.Кристаллизация под давлением (жидкая штамповка) (рис. 114)**

## 5.Литье по газифицируемым моделям (рис. 115)

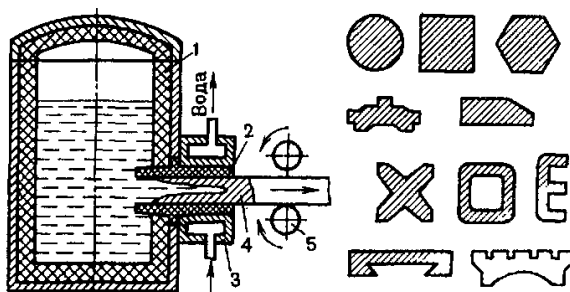


**Рис.115 . Схема заливки формы с газифицируемой моделью**

## 6.Литье с контролируемой кристаллизацией

(повышается пластичность, и жаропрочность)

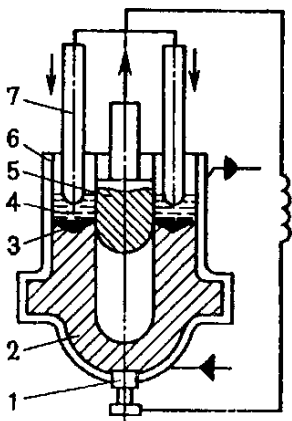
## 7. Непрерывное литье



**Рис.116 Схема горизонтального непрерывного литья (а) и образцы отливок (б):1 – металлоприемник; 2 – графитовая насадка; 3 – водоохлаждаемый кристаллизатор; 4 – отливка; 5 – специальное устройство для вытяжки**

Сущность способа заключается в создании условий непрерывного питания отливки расплавом, направленной кристаллизации и перемещения затвердевшего металла по отношению к постоянной зоне кристаллизации; получаемые отливки имеют большую протяженность и различные формы и размеры в поперечном сечении (чугун, сталь, медные сплавы, алюминиевые сплавы). Возникают внутренние напряжения, можно получать только простой формы отливки

7. **Электрошлаковое литье.** Сущность способа заключается в том, что плавление металла совмещается по времени и по месту с заполнением литейной формы, при этом осуществляется последовательное наплавление отливки. Механические свойства выше, чем у поковок, очень чистая поверхность





**Рис. 117. Получение отливки корпуса запорной арматуры способом ЭШЛ:**

**1 — расходуемый электрод; 2 — литейная форма; 3 — водоохлаждаемый металлический стержень; 4 — шлаковая ванна; 5 — металлическая ванна; 6 — отливка; 7 — заправка (7)**

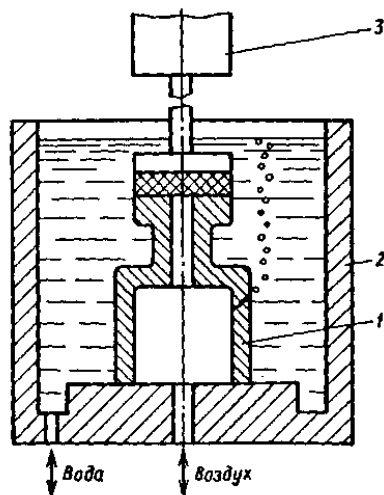
#### **45.КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК**

Контроль качества отливок - одна из наиболее ответственных операций финишной обработки. В зависимости от предъявляемых требований отливки могут контролироваться визуально (или с помощью приборов) по следующим параметрам: качество поверхности, наличие наружных и скрытых дефектов, макро и микроструктура, твёрдость, прочность и другие механические свойства отливки, геометрическая и массовая точность, коррозионная стойкость, герметичность, немагнитность и др.

Разделяют **н а р у ж н ы е** (песчаные раковины, перекосы, недоливы и др.) и **в н у т р е н н и е** (усадочные и газовые раковины, трещины и др. ) дефекты.

**Наряду с разрушающими методами контроля** (механическое разрезание отливок для контроля внутренних дефектов, механических свойств и микроструктуры) **применяют и неразрушающие методы: ультразвук, электромагнитные колебания, магнитную дефектоскопию, рентгенографию и рентгеноскопию, методы проникающих жидкостей.**

Декоративное исправление производят замазками и мастиками, пористости пропитывают различными составами, раковины заваривают газовой и электросваркой с подогревом или без подогрева отливок, пайкой, металлизацией, а также устраняют с помощью полимерных и полимероподобных неорганических материалов (в качестве наполнителя используют мелкодисперсные отходы металлургического производства – комплекс металлосодержащих оксидов).



**Рис. 118. Схема пневматического контроля герметичности отливок (метод "аквариума"): 1 - отливка; 2 - корпус водяной ванны; 3 - прижимное устройство**

## 46. ВЫБОР СПОСОБА ЛИТЬЯ

**Технические возможности и сравнительные показатели Таблица 37**  
**различных способов литья**

Показатель	Способ литья <sup>1</sup>					
	П	Д	К	В	О	Ц
Максимальная масса отливок, кг	250000	50	2000	100	200	50000
Максимальный размер отливки, м	20	1,2	2	1	1,5	10
Минимальная толщина стенки отливки, мм	3	0,5	2,2	0,5	1,5	4
Класс размерной точности отливок <sup>2</sup>	5-16	3т-9	5т-13	3т-11	7т-15	6-15
Квалитет по ГОСТ 25346-89 <sup>3</sup>	13	11	12-13	11	14	13-14
Степень точности поверхности отливки <sup>2</sup>	7-22	2-11	4-14	3-13	6-17	4-14
Шероховатость поверхности <sup>2</sup> (Ra), мкм	8-100 <sup>4</sup>	2,5-20	4-40	3,2-32	6,3-80	4-40
Минимальный припуск на обработку на (сторону) <sup>2</sup> , мм	0,3-6	0,2-0,5	0,3-1	0,1-0,6	0,4-2	0,3-1
Литейные уклоны, град	0,5-3	0,5-1	0,5-1,2	1-2	1-2	3-6
Коэффициент использования металла, %	60-70	90-95	75-80	90-95	80-95	70-90
Выход годного, %	30-50	50-65	40-60	30-60	50-60	90-100
Относительная себестоимость 1 т отливок	1,0	1,8-2	1,2-1,5	2,5-3	1,5-2,0	0,6-0,7
Экономически оправданная серийность, шт.	Без огр.	1000	400-800	1000	200-500	100-1000
Преобладающие типы серийности производства <sup>5</sup>	Ед, Мс, С, Кс	Кс, Мас	С, Кс, Мас	Ед, Мс, С	С, Кс, Мас	С, Кс, Мас
Преобладающие разновидности (группы) отливок по массе <sup>6</sup>	М, Ср, Кр, Окр	М	М, Ср	М	М, Ср	М, Ср, Кр, Окр

<sup>1</sup> Способы литья: П — в песчаные формы, Д — под давлением, К — в кокиль, В — по выплавляемым моделям,

О — в оболочковые формы, Ц — центробежное литье.

<sup>2</sup> Согласно ГОСТ 26645—85 с изменением №1, 1989 г.

<sup>3</sup> Номер квалитета (ГОСТ 25346—89) определялся по классу наибольшей размерной точности отливки (ГОСТ 26645—85) для каждого способа литья путем сопоставления значений допусков.

<sup>4</sup> Более 100 мкм.

<sup>5</sup> Ед—единичное, Мс—мелкосерийное, С — серийное, Кс—крупносерийное, Мас—массовое.

<sup>6</sup> М — мелкие, Ср — средние, Кр — крупные, Окр — очень крупные.

**Способы литья зависят от служебного назначения детали, сложности детали, качества поверхности детали, точности, массы, материала, объема производства, толщины стенок, экономической целесообразности.**

Последняя характеризуется следующими коэффициентами.

*Коэффициент выхода годных заготовок*

$K_{в.г.} = M_{о.ч.} / M_{ш}$ , где

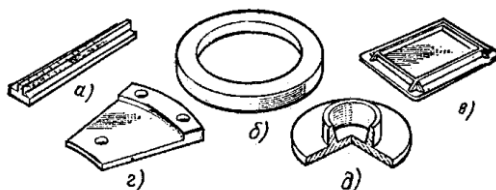
$M_{о.ч.}$  — масса отливок (чистовая);

$M_{ш}$  — масса металлической шихты, включающая массу отливок, массу элементов литниковых систем и массу безвозвратных потерь (угар и др.)

*Коэффициент использования металла (КИМ)*

$КИМ = M_{д} / M_{о.ч.}$ , где

$M_{д}$  — масса обработанной детали.



**Рис. 119. Отливка 1-й группы сложности:**

а - балка; б - бандаж; в - плита; г - груз; д - крышка

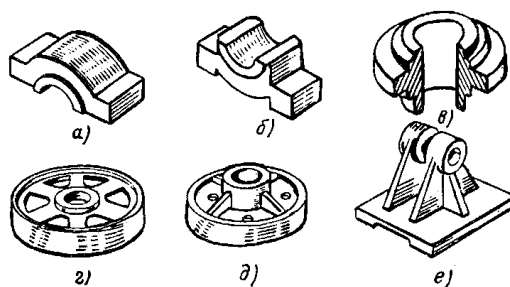


Рис. 120. Отливки 2-й группы сложности: а - крышка подшипника; б - корпус подшипника; в - ступица; г - зубчатое колесо; д - ролик; е - кронштейн

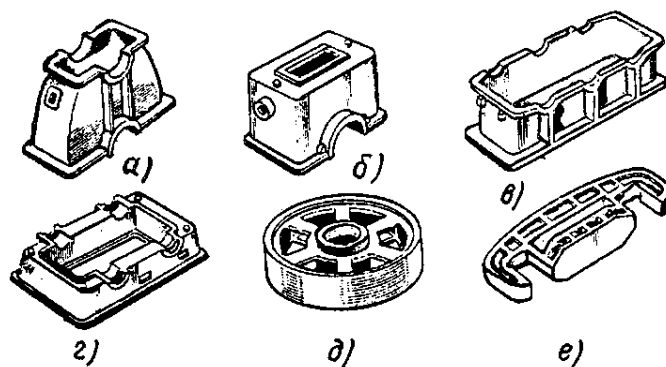


Рис.121. Отливки 3-ей группы сложности:  
а – корпус; б – крышка редуктора; в,г, основания; д – зубчатое колесо; е – рама балансира

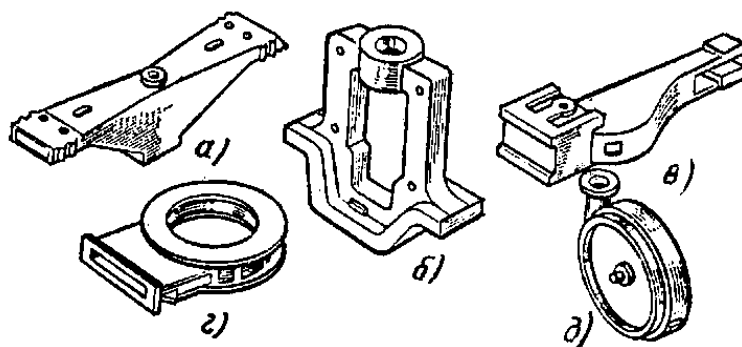
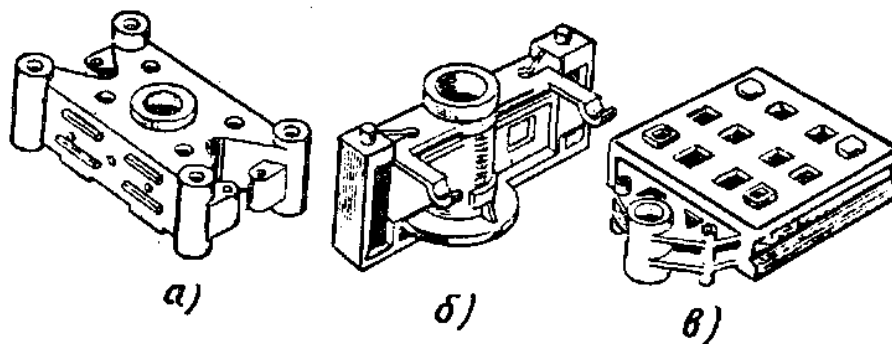
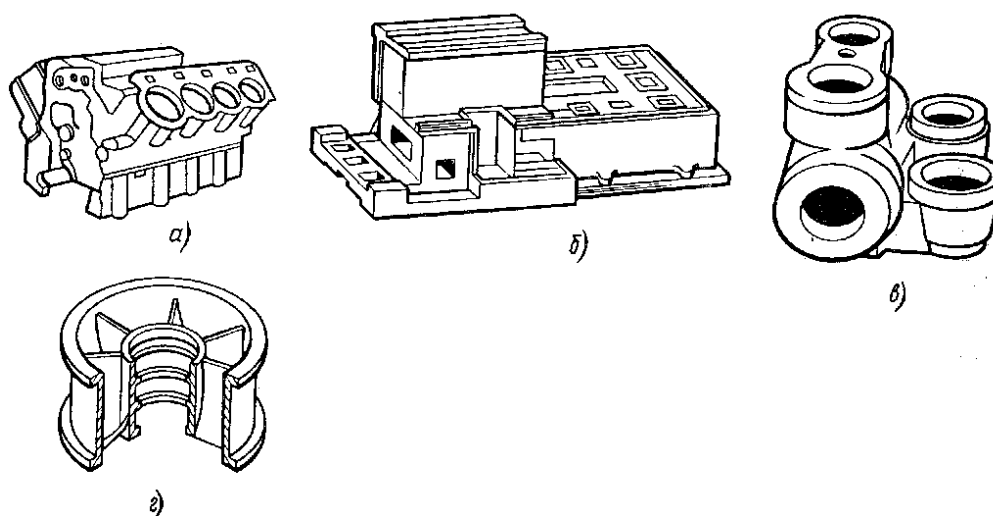


Рис.122. Отливки 4-й группы сложности:  
а - шкворневая балка; б - станина станка; в - ползун; г - корпус шибера; д - улитка



**Рис. 123. Отливки 5-й группы сложности: а , б - траверсы; в - станина**



**Рис. 124. Отливки 6-й группы сложности:  
а - блок цилиндров; б - станина; в - гидравлическая коробка; г -  
спрямляющий аппарат**