

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Литье – процесс получения заготовок заливкой расплавленного металла в форму. Доля литых заготовок в конструкциях машин составляет от 20 до 90% по массе. Литейные формы бывают:

1) одноразовые (основа кварцевый песок), многоразовые (постоянные), полупостоянные (используются несколько раз).

2) неразъемные, разъемные (с вертикальной и горизонтальной плоскостью разъема).

Наименование способа литья определяется видом литейной формы или способом заполнения формы

Большая часть отливок получается литьем в *песчаные* формы. Специальные способы литья иногда могут значительно повышать его стоимость, позволяют получать отливки повышенного качества с минимальным объемом механической обработки. Общий объем литых заготовок специальными способами в машиностроении не превышает 15%.

Специальные методы литья: в оболочковые формы; по выплавляемым моделям; в кокиль (постоянные металлические формы); под давлением; центробежное; электрошлаковое.

33. ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Жидкотекучесть - способность сплава заполнять форму.

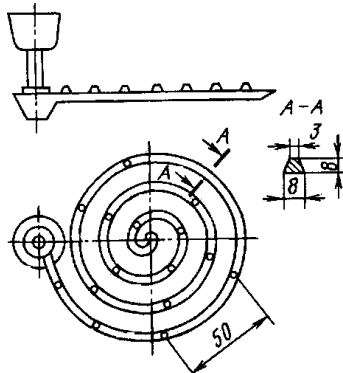


Рис. 60. Спиральная технологическая проба на жидкотекучесть

Жидкотекучесть сплавов оценивается путем заливки специальных технологических проб (отливки в виде прутков, прямых и спиральных пластин). Так, например, в случае спиральной пробы по ГОСТ 16438—70 жидкотекучесть сплава определяют по длине (в сантиметрах) спиралевидного прутка, образующегося в процессе перемещения расплава по каналам технологической пробы (рис. 60). Применяют песчаную или металлическую форму (кокиль).

Усадка – уменьшение объема и линейных размеров отливки при ее формировании, охлаждении с температуры заливки до температуры окружающей среды (**0,5-2,5%**). Изменение объема сплава **характеризуется наружной усадкой, усадочной раковинной** (результата некомпенсированной объемной усадки) и **пористостью** (образование пустот из-за отсутствия подпитки жидким сплавом).

Трещиностойчивость. Трещины бывают **горячие**, возникающие в интервале температур затвердевания сплава за счет **усадки**, и **холодные**, как **результат высоких внутренних напряжений в отливках**. Газонасыщение литейных сплавов возможно за счет попадания газов из атмосферы и из шихтовых материалов (при плавке), а также в процессе взаимодействия расплава с формой.

Ликвация. Зональная ликвация зависит как от химического состава, так и от скорости кристаллизации: чем больше размеры, тем больше ликвация.

Дендритную ликвацию устраняют отжигом отливок. Зональная ликвация устраняется выравниванием толщин стенок отливок, применением рассредоточенного подвода металла к отливке, изготовлением отливок литьем в кокиль и другими способами.

Линейная усадка и жидкотекучесть некоторых литейных сплавов Таблица 20

Марка сплава	$t, ^\circ\text{C}$		Усадка, %	Жидкотекучесть см
	плавления	заливки		
МЛ2	645	760	1,5	50
АК7ч	635	730	1,2	40
АК9ч	610	730	0,9	75
БрОФ10-1	1030	1100	1,3	40
Ст3	1460	1600	1,8	10
СЧ20	1200	1300	0,7	180

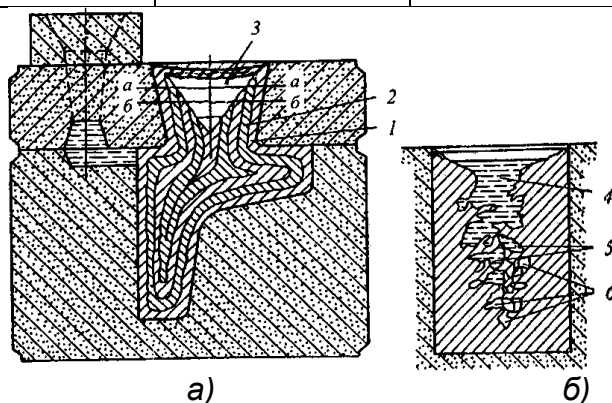


Рис. 59. Схема образования усадочной раковины (а) и усадочной пористости (б): 1 – корка твердого металла; 2 – новый твердый слой; 3 – усадочная раковина, 4 – жидкая фаза, 5 – ячейки; 6 – небольшие усадочные раковины

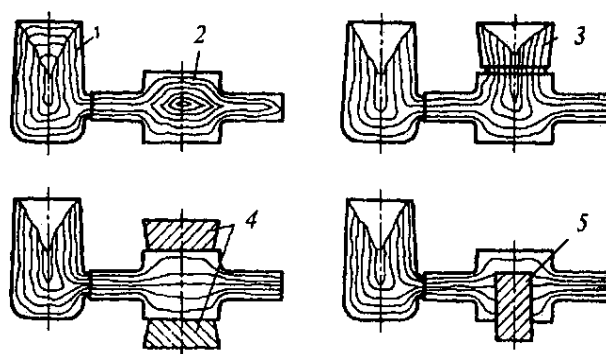


Рис. 60. Способы предупреждения усадочных раковин и пористости
1 – прибыль; 2 – усадочная раковина; 3 – прибыль; 4 – наружные холодильники; 5 – внутренние холодильники

Образование отливки в литейной форме

Скорость затвердевания по сечению отливок неравномерна: максимальна у поверхности. С увеличением числа зародышей кристаллов, уменьшается их рост, и повышаются механические свойства. Поэтому у поверхности отливок твердость максимальна, в средней части стенки – минимальна. Необходимо, чтобы в отливках затвердевание происходило снизу вверх, вследствие чего усадочная раковина и ликвирующие включения переместились в верхнюю часть, где находится прибыль.

Отливки изготавливают: 74% - из серого чугуна; 21% - из стали; 3% - из ковкого чугуна; 2% - из цветных металлов.

34. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ЧУГУНОВ

В зависимости от состояния углерода (формы, величины и расположения графических включений) чугуны бывают: белые, серые, ковкие и высокопрочные.

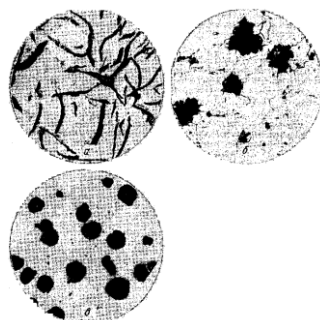


Рис. 61. Различные формы графита в чугуне (шлифы не травлены): а—пластинчатый (серый чугун); б—хлопьевидный (ковкий чугун); в — шаровидный (высокопрочный чугун)

Механические свойства и рекомендуемый химический состав Таблица 21 серого чугуна с пластинчатым графитом (ГОСТ 1412—85)

Марка чугуна	Содержание элементов в %, масс.доля (остальное Fe)					Механические свойства	
	C	Si	Mn	P	S	σв, МПа	HB
				не более			
СЧ10	3,5-3,7	2,2-2,6	0,5-0,8	0,3	0,15	98	143-229
СЧ20	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15	196	170-241
СЧ30	3,0-3,2	1,3-1,9	0,7-1,0	0,2	0,12	294	181-255
СЧ45	2,2-2,4	2,5-2,9	0,2-0,4	0,02	0,02	441	229-289

СЕРЫЙ ЧУГУН. В сером чугуне углерод находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита. Он обладает высокой жидкотекучестью и малой усадкой (1,3%). Отливки из него качественные, без трещин, раковин и пористостей получаются всеми способами литья, кроме литья под давлением. Изготавливают из него детали, как правило, простой формы (минимальная толщина стенки 3-4мм). Существуют 9 марок Сч (10...45), например, Сч 15, где 15 кг/мм² - предел прочности при растяжении.

КОВКИЙ ЧУГУН получают из белого путем длительного нагрева при высоких температурах (отжиг, томление). Углерод в виде хлопьев. Обладает высокими литейными свойствами, высокой стойкостью против коррозии, дешевле стали, минимальная толщина 5-50мм. Кч 30-6, где 6% - относительное удлинение. Кч 35-8.

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН получается из серого добавлением (модифицированием – созданием дополнительных центров кристаллизации и графитизации) магния, церия и др. Углерод в виде сферы. Жидкотекучесть как у серого чугуна, усадка – 1,7%, поэтому отливки имеют усадочные дефекты и требуют направленную кристаллизацию путем создания прибыли. Минимальная толщина стенки 3-5мм, обладают антифрикционными свойствами. Выплавляют всеми способами, изготавливают коленчатые валы, поршни, шестерни и т.п. Вч 45.

Механические свойства ковких чугунов(ГОСТ 1215—79)Таблица22

Чугун	σ_B , МПа	δ , %	НВ
Кч30-6	300	6	100-163
Кч37-12	370	12	110-163
КЧ60-3	600	3	200-269
Кч80-1,5	800	1,5	270-320

Механические свойства и рекомендуемый химический состав высокопрочного чугуна Таблица 23

Марка чугуна	Содержание элементов, %, масс. доля (остальное Fe)								Механические свойства		
	C			Si			Mn	Прочие элементы	σв, МПа	HB	δ, %
	Толщина стенок отливки, мм										
	До 50	Св.50 до 100	Св.100	До 50	Св.50 до 100	Св.100					
ВЧ35	3,3-3,8	3,0-3,5	2,7-3,2	1,9-2,9	1,3-1,7	0,8-1,5	0,2-0,6	0,05Cr	343	140-170	22
ВЧ45	3,3-3,8	3,0-3,5	2,7-3,3	1,9-2,9	1,3-1,7	0,5-1,5	0,3-0,7	0,10Cr	441	140-225	10
ВЧ60	3,2-3,6	3,0-3,3	-	2,4-2,6	2,4-2,8	-	0,4-0,7	0,15Cr; 0,30Cu 0,40Ni	588	192-270	3
ВЧ80	3,2-3,6	-	-	2,6-2,9	-	-	0,4-0,7	0,15Cr; 0,60Cu 0,60Ni	784	248-351	2
ВЧ100	3,2-3,6	-	-	3,0-3,8	-	-	0,4-0,7	0,15Cr; 0,60Cu 0,80Ni	980	270-360	2

БЕЛЫЙ ЧУГУН. Углерод содержится в виде цементита Fe_3C –очень твердого и хрупкого вещества.

Отливки из стали. Углеродистые литейные стали (0,12 – 0,6% углерода) обладают усадкой до 2,5% и характеризуются образованием трещин. Из углеродистых сталей делают корпуса, станины и т.п. Из легированных – лопатки, турбины. 40Л; 15Х25ТЛ.

Отливки из цветных металлов. Лучшие отливки из **алюминиевых** сплавов – силуминов (усадка 0,8- 1,1%).70-80% отливают в постоянные формы. Лучшие медные сплавы – оловянистые бронзы (усадка 1,4-1,6%), безоловянистые бронзы –

усадка 1,6-2,4%. *Латуни* имеют удовлетворительную жидкотекучесть и высокую усадку (1,6-2,2%)

Особенности литья *титановых* сплавов:

1. заливка форм осуществляется в вакууме; 2. использование высокоогнеупорных материалов для форм (80% отливок из керамических форм).

35.ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ОТЛИВОК

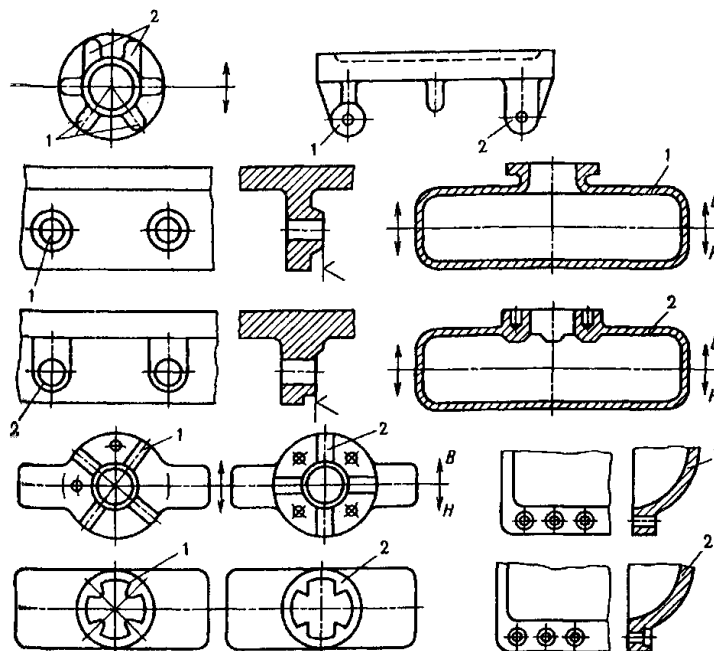


Рис. 62. Нетехнологичные (1) и технологичные (2) конструкции бобышек, ребер, фланцев отверстий в отливках

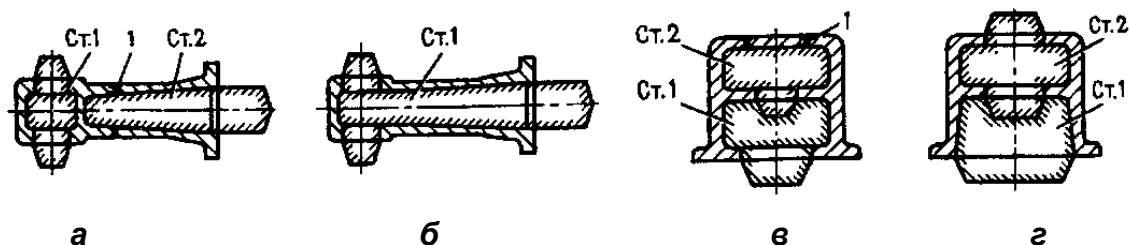


Рис. 63. Конструкции нетехнологичных (а, в) и технологичных (б, г) литых деталей: 1 – жеребейка

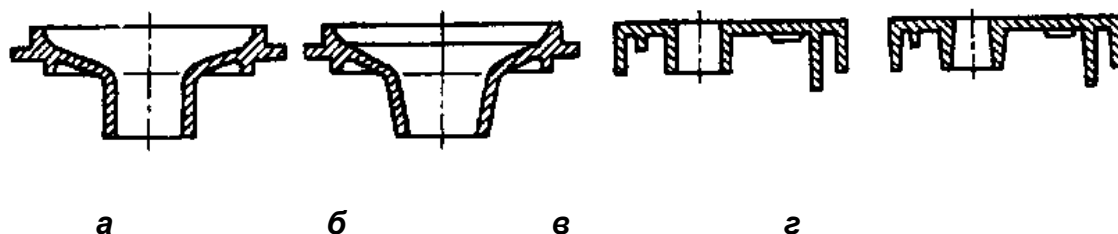


Рис. 64. Влияние конструктивных уклонов на упрощение технологического процесса изготовления отливок (а, в – нетехнологично, б, в – технологично)

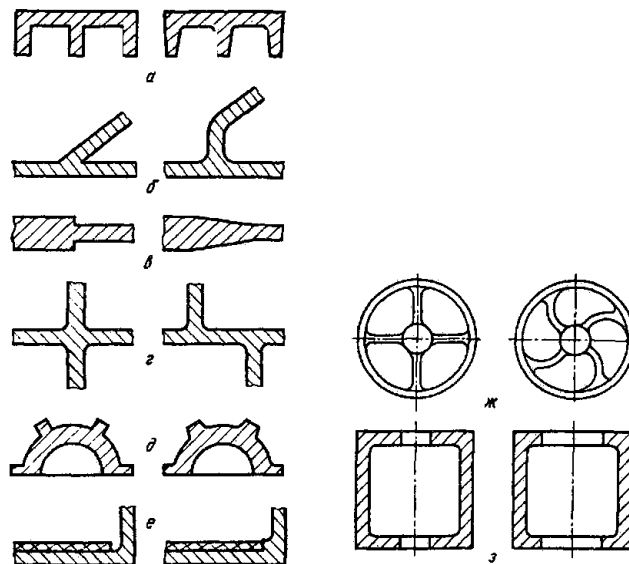


Рис.65. Примеры улучшения технологичности литых деталей

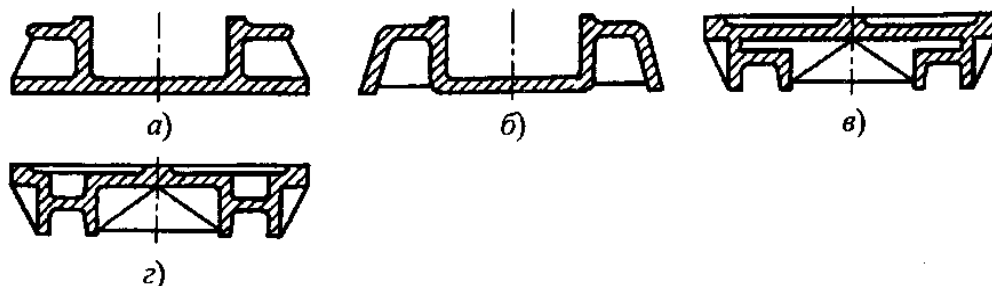


Рис. 66. Устройство пазов и узких полостей в конструкциях литых деталей: а,в – нетехнологично, б,г - технологично

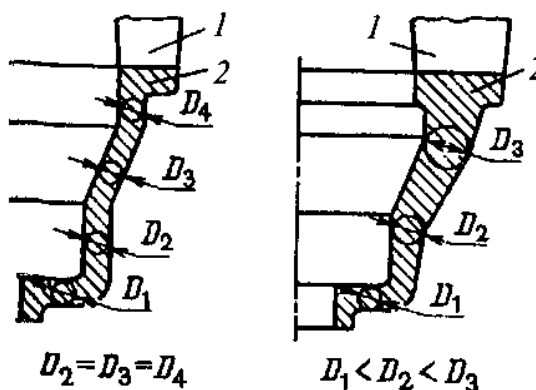


Рис. 67. Конструкции литых деталей, обеспечивающих одновременное (а) и направленное (б) затвердевание отливок: 1 - прибыль; 2 — отливка

Отливки, затвердевающие одновременно, должны иметь равномерную толщину стенок с плавными переходами (рис. 67, а). Принцип одновременного затвердевания применяют при конструировании мелких и средних тонкостенных отливок из чугуна и других сплавов. При направленном затвердевании (рис. 67, б) верхние сечения отливок питаются от прибылей. Принцип направленного затвердевания применяют при конструировании литых деталей с повышенными требованиями к герметичности отливок.

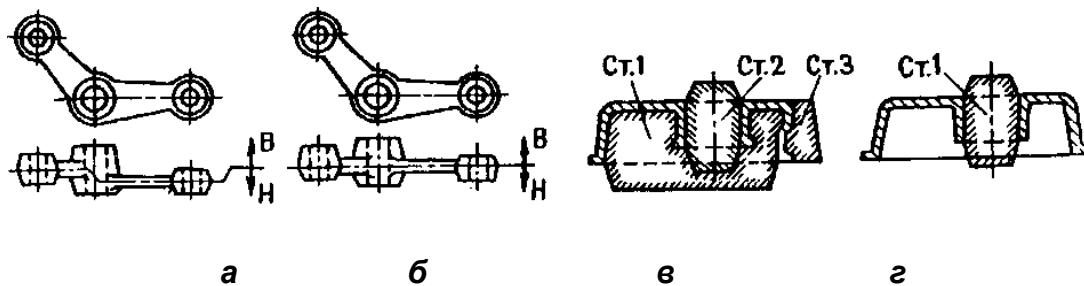


Рис. 68. Нетехнологичные (а, в) и технологичные (б, г) конструкции литых деталей

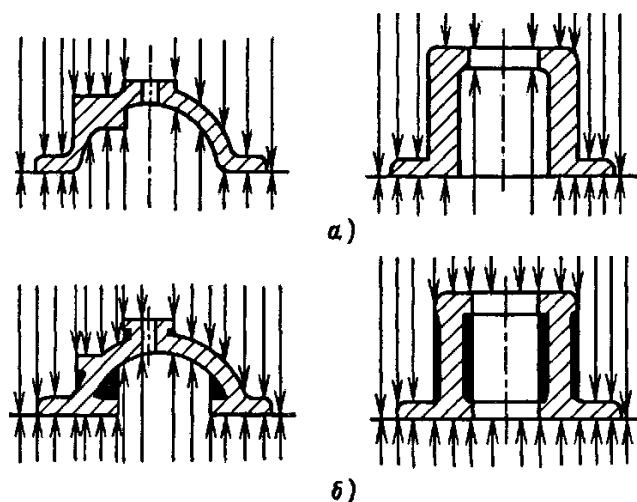


Рис. 69. Конструкции отливок:
а - рациональные; б - нерациональные

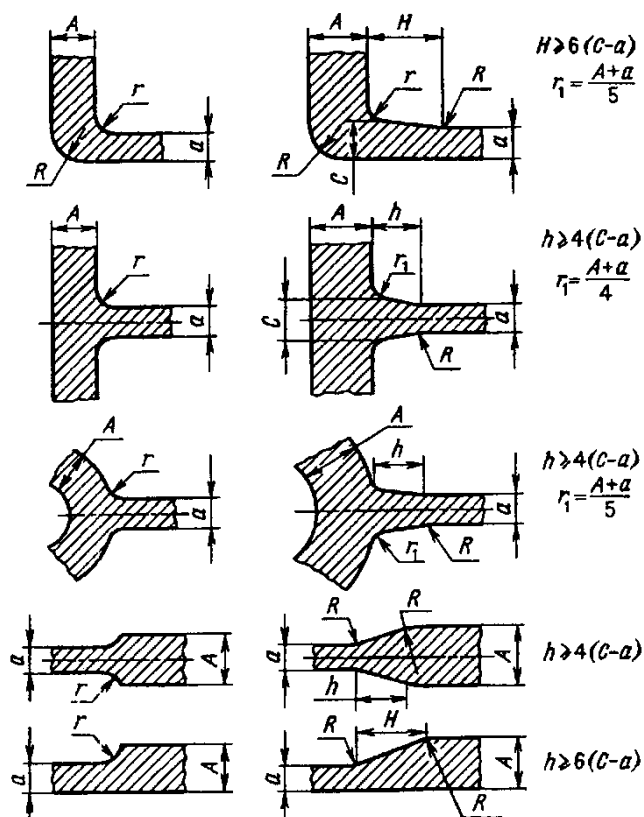


Рис. 70. Рекомендуемые переходы от одной стенки к другой в литых деталях: а) $A/a < 1,75$; б) $A/a > 1,75$

При разработке отливок необходимо стремиться (рис.62-70):
 к равенности (рис.62, 70);
 к тонкостенности;
 к плавным переходам, радиусам скруглений в местах сопряжений и в острых углах для избегания трещин(рис.70);
 к уклонам (рис.64, 65, 66) на необрабатываемых поверхностях, перпендикулярных плоскостям разъема (рис. 64);
 к изготовлению отверстий и окон при литье (при этом длина меньше трех диаметров);
 к ребрам жесткости с углами 10-36°, с высотой не более пяти толщин;
 к высоте бобышек и приливов не более толщины основной стенки на 2-4мм (рис.62);
 к методу “световых теней” (рис.69),
 к уменьшению количества стержней (рис.63, 68).

На конструкцию детали с точки зрения технологичности влияет: материал, толщина стенки, размеры, тип производства, метод литья, возможность автоматизации.

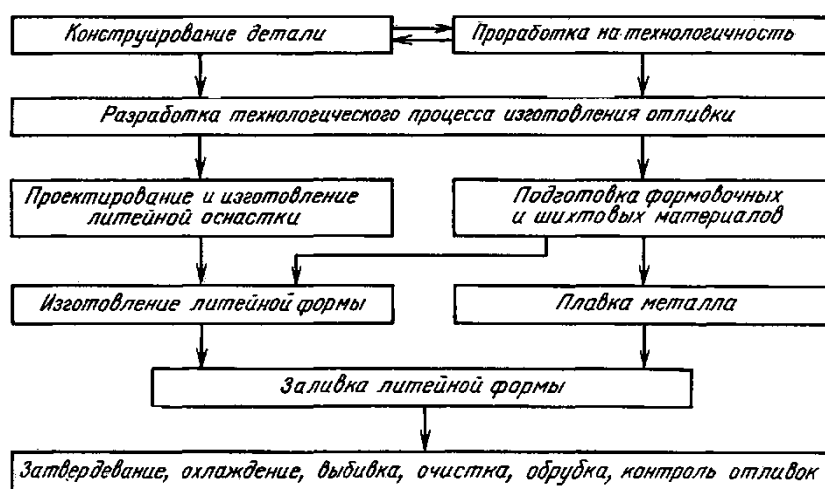


Рис. 71 Общая технологическая схема изготовления отливок
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

Сущность способа заключается в заливке жидкого сплава в песчаную форму, полость которой имеет конфигурацию отливки.

В зависимости от вида сплава, массы и габаритов отливки, а также от типа производства применяют сырые, сухие или подсушенные песчано-глинистые формы.

36.УСТРОЙСТВО ПЕСЧАНОЙ ФОРМЫ

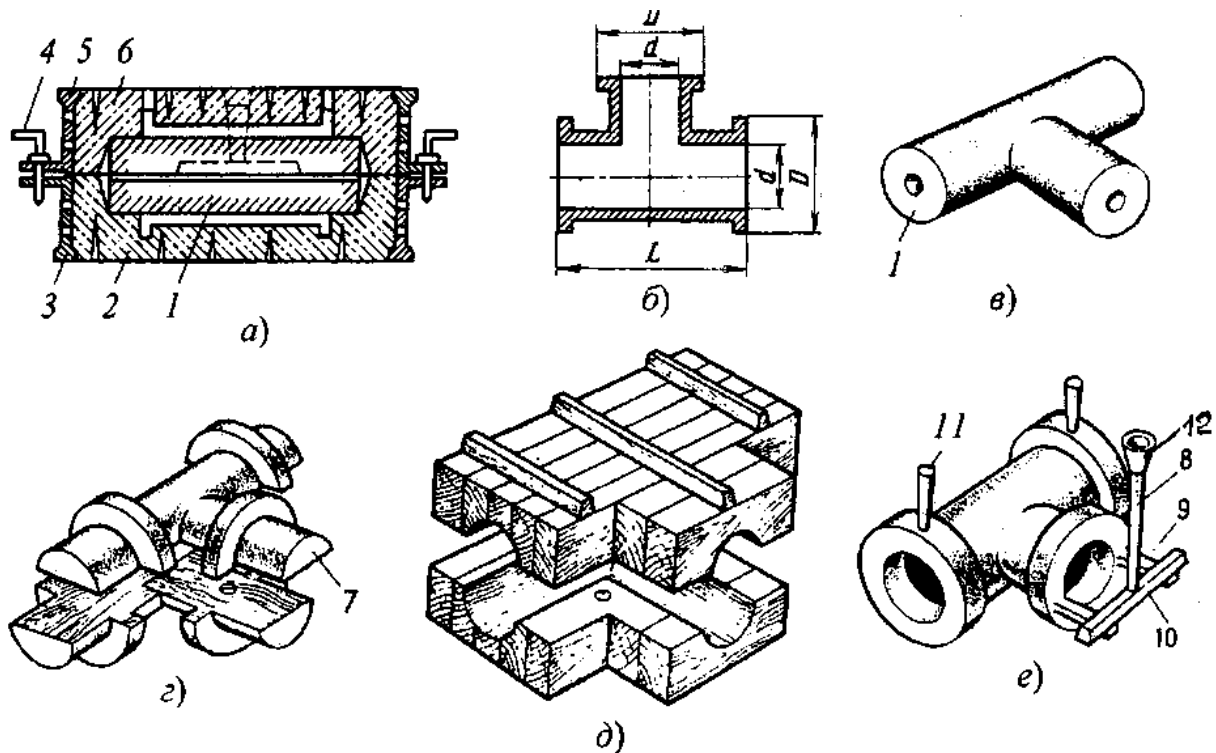


Рис.72 Литейная форма и ее элементы:

а – литейная форма; б – тройник; в – стержень; г – модель; д – стержневой ящик; е – отливка с литниковой системой: 1 - стержень, 2,6 – нижняя и верхняя полуформы, 3, 5 – опоки, 4 – металлические штыри, 7 – модель, 8–12 – литниковая система

Литейная песчаная форма является разъемной и, как правило, **состоит из двух полуформ**. Внутри формы располагают рабочую полость, получаемую с помощью модели. **Модель копирует отливку, но отличается от нее увеличенными размерами на усадку**. (Отливка больше детали на величину припусков для дальнейшей механической обработки). Две полуформы необходимы для извлечения из формы модели (моделей) после уплотнения формовочной смеси, а также для размещения в плоскости разъема каналов литниковой системы. **Формовочная смесь уплотняется в специальных металлических рамках – опоках** (алюминиевые сплавы, сталь, чугун). Бывают и **безопочные формы**.

Для получения в отливке отверстий и внутренних полостей применяют литейные песчаные стержни, которые изготавливают отдельно от полуформ (из стержневой смеси), **высушивают или отверждают химическим способом и вставляют в форму при ее сборке**.

Наружные очертания рабочей полости определяются конфигурацией модели, а внутренние – конфигурацией литейных стержней.

Для установки и фиксации в форме стержни снабжают специальными опорными элементами, называемыми знаками.

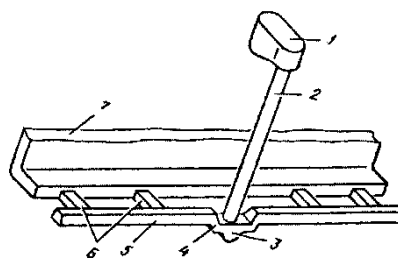


Рис.73. Схема литниковой системы

1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – зумф; 4 – дроссель; 5 – шлакоуловитель; 6 – питатели; 7 – отливка

Форма заполняется расплавленным металлом **через** систему каналов, называемую **литниковой системой**. Она включает (рис.74):

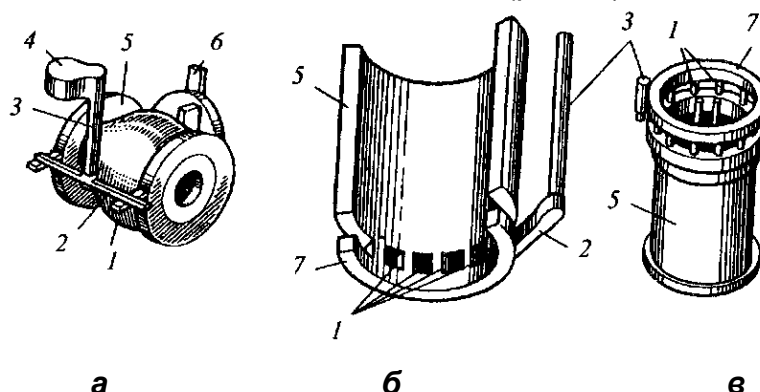


Рис.74. Способы подвода расплавленного металла в полость литейной формы:
а – верхний; б – нижний; в – боковой

литниковую чашу 4 (располагают либо в верхней части полуформы, либо изготавливают отдельно и устанавливают на форму сверху),

стояк 3,

зумф (углубление со сферической поверхностью предотвращает размыв формы при изменении направления движения металла),

шлакоуловитель 2 для подвода жидкого металла к питателям, а также улавливание частичек шлака и неметаллических включений,

питатели 1,

выпоры 6 - вертикальные каналы в верхней части рабочей полости для отвода воздуха из формы в момент заливки;

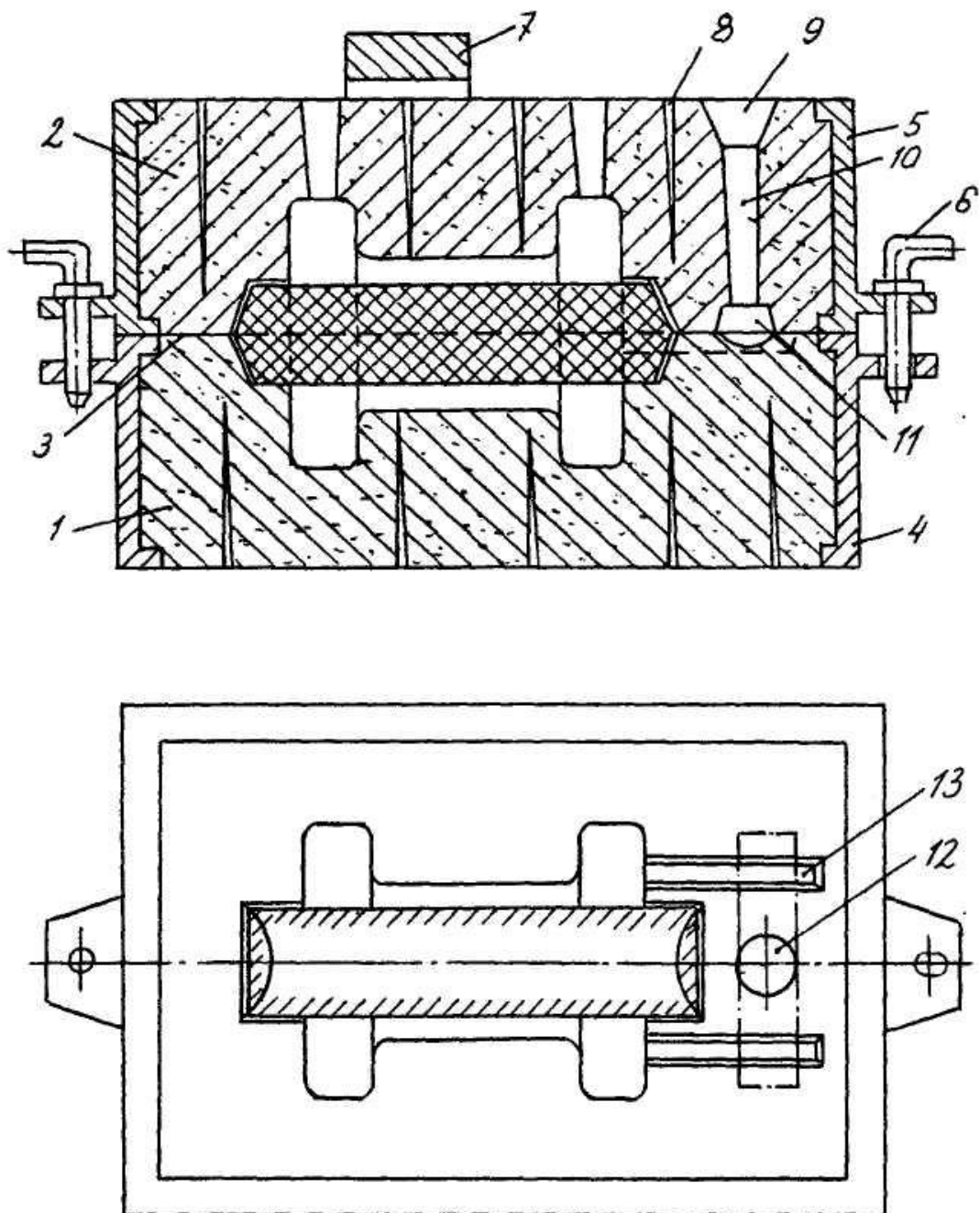
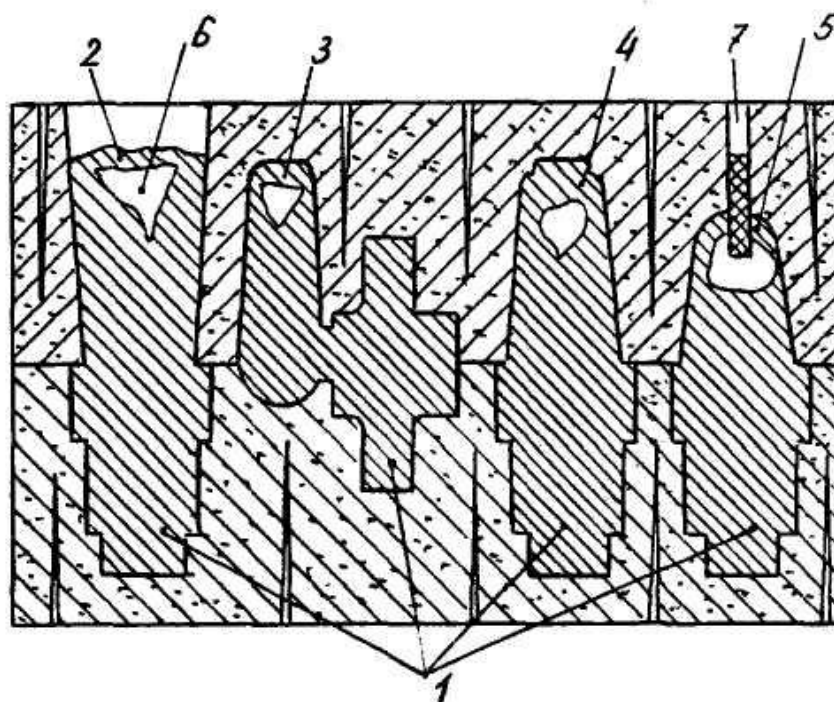
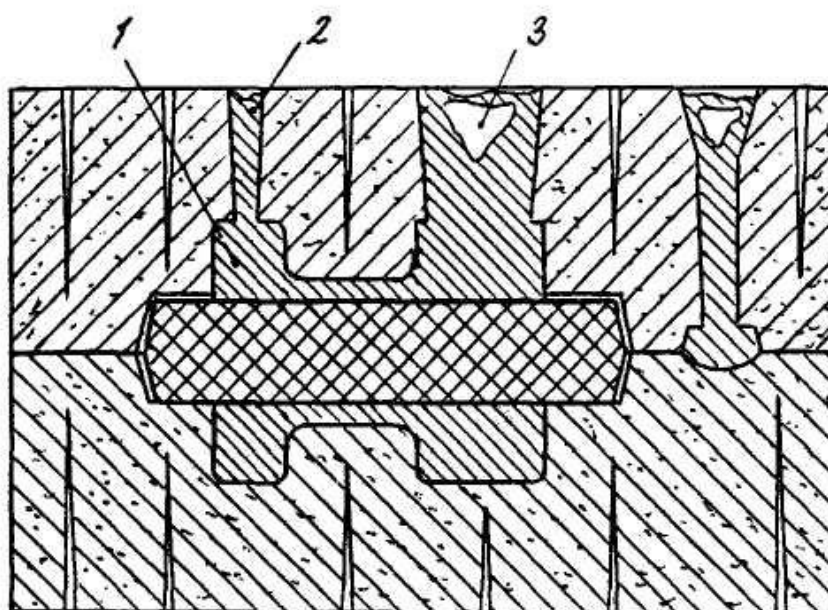


Рис. 75. Устройство песчаной литейной формы (эскиз):

1 - полуформа нижняя, 2 - полуформа верхняя, 3 - плоскость разъема формы, 4 - опока нижняя, 5 - опока верхняя, 6 - штырь центрирующий, 7 - груз, 8 - вентиляционный накол, 9 - литниковая чаша, 10 - стояк, 11 - шлакоуловитель, 12 - зумпф, 13 - питатель



а)



б)

Рис. 76. Примеры использования прибыли при литье сплавов с большой усадкой (сталь, цветные сплавы): а) Типы прибылей (1 - отливка, 2 - прибыль открытая, 3 - прибыль боковая закрытая, 4 - прибыль закрытая, 5 - прибыль с атмосферным давлением, 6 - усадочная раковина, 7 - песчаный стержень); б) Отливка «Втулка» с массивной ребордой (1 - отливка, 2 - выпор, 3 - прибыль открытая)

коллектор 7 - распределительный канал для направления расплава к различным частям отливки. Его располагают горизонтально по разъему формы. Он всегда должен быть заполнен расплавленным металлом.

прибыли (рис. 76) – специальные полости, расширяющиеся кверху, в которых заливаемый металл затвердевает позднее, чем в отливке, поэтому усадочная раковина переходит в прибыль (для предотвращения усадочных раковин в массивных частях отливок), и другие элементы.

Литниковые системы бывают: **верхние**(рис.74, а), **нижние** (сифоны) (рис.74,б), **боковые** (рис.74, в), **ярусные** (этажные), **дождевые**.

Для отвода газов от отливки в верхней и нижней полуформах создают дополнительную систему вентиляции – путем накалывания вентиляционных каналов (наколов).

Технологическая оснастка

Приспособления, применяемые при литье, называют **литейной оснасткой**. Она включает **опоки, подмодельные плиты с моделями (полумоделями), стержневые ящики**. **Модели бывают: неразъемные, разъемные, с отъемными частями**. Они изготавливаются из дерева (единичное и мелкосерийное производство), чугуна, алюминиевых сплавов, пластмасс (серийное массовое производство). С торцов модели делают знаки для закрепления стержней готовой формы.

При изготовлении формы модель свободно устанавливается (ручная формовка) или жестко закрепляется (машинная формовка) на подмодельной плите (по материалу бывают деревянные и металлические). Кроме модели на ней устанавливаются и необходимые модели элементов литниковой системы.

Стержневой ящик служит для изготовления стержней и бывает: цельный, разъемный, вытряхной, а также может быть одноместным и многоместным.