

Учебно–методический
комплекс по дисциплине
**«Проектирование и
производство заготовок»**

раздел 4, 4ч

*Проектирование и производство
литых заготовок*

Разработал:
к.т.н., профессор Денчик А.И.

4.1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ПРИМЕНЯЕМЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Процесс изготовления формы является наиболее трудоемким и качество изготовленных форм в значительной степени влияет на качество изготавливаемых в них отливок. Основные способы литья, применяемые в настоящее время, можно представить в виде классификации основанной на признаке используемой при заливке формы (рисунок 4.1).

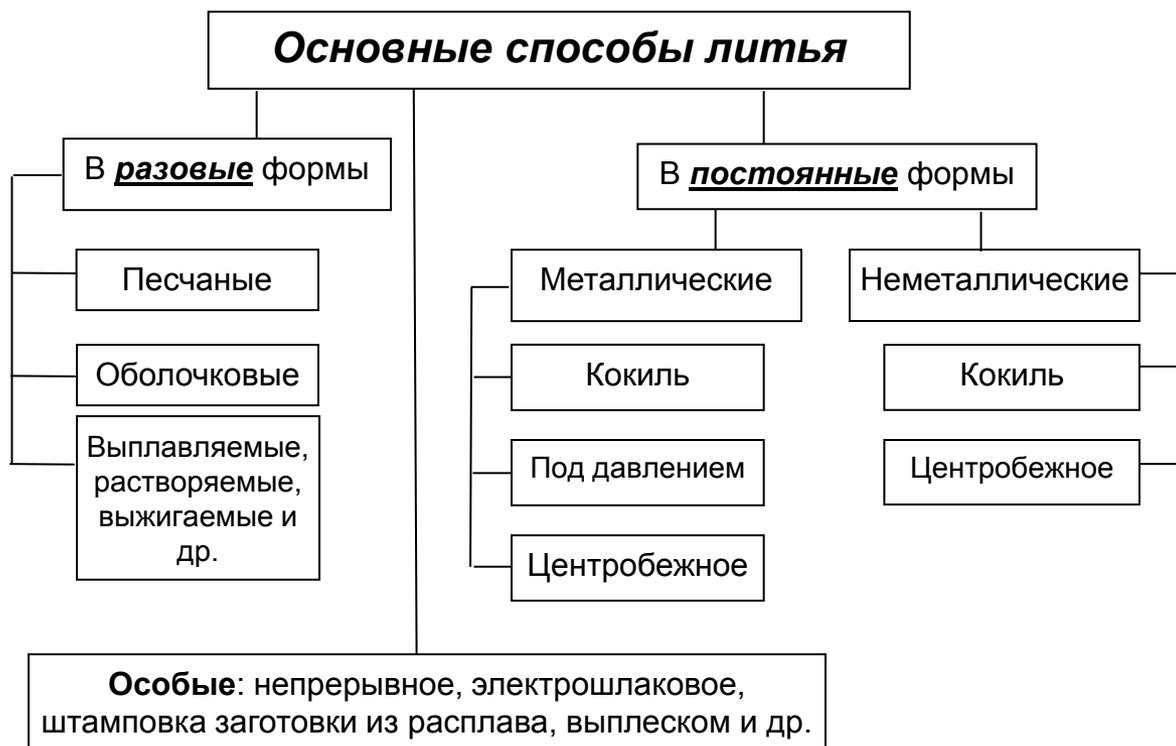


Рисунок 4.1 – Классификация способов литья

4.1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ПРИМЕНЯЕМЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Таблица 4.1 – Способы изготовления отливок, область применения

Способы литья	Материал	Масса отливки, т	Область применения и особенность способа
В песчаные формы	Стали, чугуны, цветные металлы и сплавы	До 200	Отливки тел вращения, станины, корпуса машин, головки и блоки цилиндров ДВС
Под давлением	Стали, магниевые, алюминиевые, цинковые и свинцово–оловянные сплавы	До 0,1	Тройники, детали приборов, бытовой техники, блок ДВС
В металлические формы	Стали, чугуны, цветные металлы и сплавы	До 7	Фасонные отливки (поршни, коробки подач, корпуса)
По выплавляемым, выжигаемым, растворяемым, замораживаемым моделям	Высоколегированные стали и сплавы, титан	До 15	Лопатки турбин, клапаны, шестерни, режущий инструмент, тонкостенные отливки $s = 0,8$ мм, диаметр отверстия до 1 мм
В оболочковые формы	Стали, чугуны, цветные сплавы	До 40	Ответственные фасонные мелкие и средние отливки, точные отливки с низкой шероховатостью, станины МОЛОТОВ

Таблица 4.2 – Сравнительная оценка показателей основных способов литья

Технико–экономический показатель (ТЭП)	Способ литья			
	В песчано– глинистые формы	В оболочковые формы	Под давлением	В кокиль
Неограниченность размеров отливки	1	3	5	2
Влияние конфигурации отливки	2	3	5	4
Возможность применения различных сплавов	1	2	5	4
Стоимость оснастки	1	3	5	4
Продолжительность освоения технологии	1	4	5	2
Наименьшая экономичная партия	1	3	5	4
Производительность	4	3	1	2
Возрастание экономичности с увеличением партии	4	3	1	2
Шероховатость поверхностей отливки	5	3	1	4
Тонкостенность отливок	4	3	1	5
Величина припусков на механическую обработку	5	3	1	3
Возможность механизации и автоматизации	5	4	1	1
Примечание: чем выше эффективность, тем меньше коэффициент	4			

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Все отливки делят на шесть групп по сложности конфигурации.

1. Плоскостные отливки общего назначения: крышки, плиты, маховики без спиц, грузы, диски, балки и др. (рисунок 4.2).

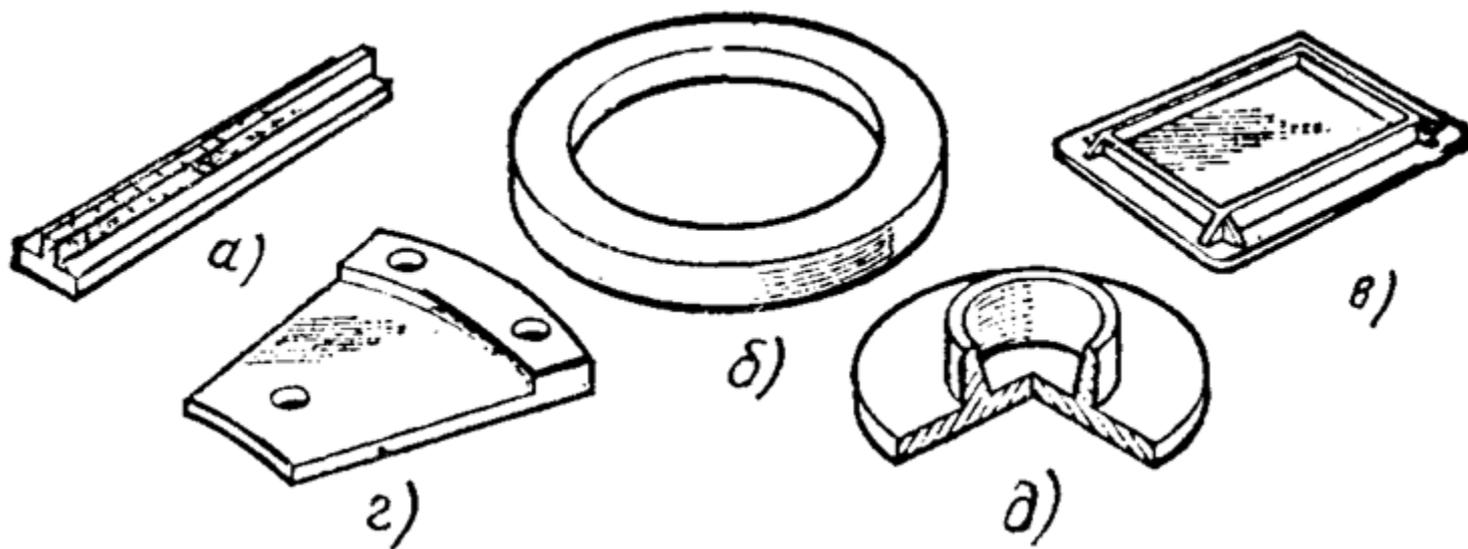


Рисунок 4.2 – Отливки 1-й группы сложности (простые):
а – балка; б – бандаж; в – плита; г – груз; д – крышка

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

2. Отливки открытой коробчатой формы: колпаки, колеса и ролики со спицами, барабаны для мельниц, железнодорожные буксы, кронштейны и др. (рисунок 4.3).

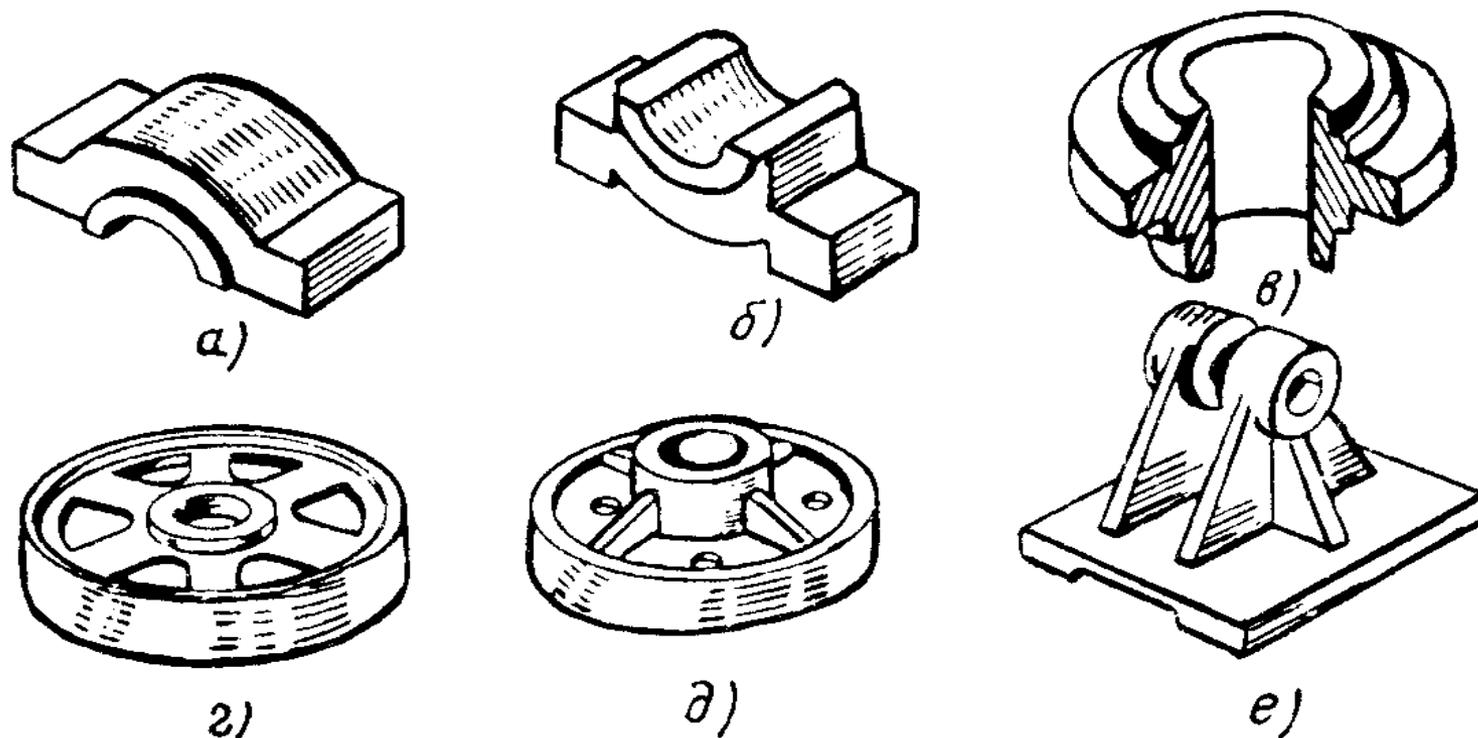


Рисунок 4.3 – Отливки 2-й группы сложности (простые):

а – крышка подшипника; б – корпус подшипника; в – ступица; г – зубчатое колесо; д – ролик; е – кронштейн

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

3. Отливки открытой коробчатой или цилиндрической формы: шкивы, корпуса и крышки редукторов, ребристые цилиндры, зубчатые колеса с литыми зубьями, кронштейны, тройники и др. (рисунок 4.4).

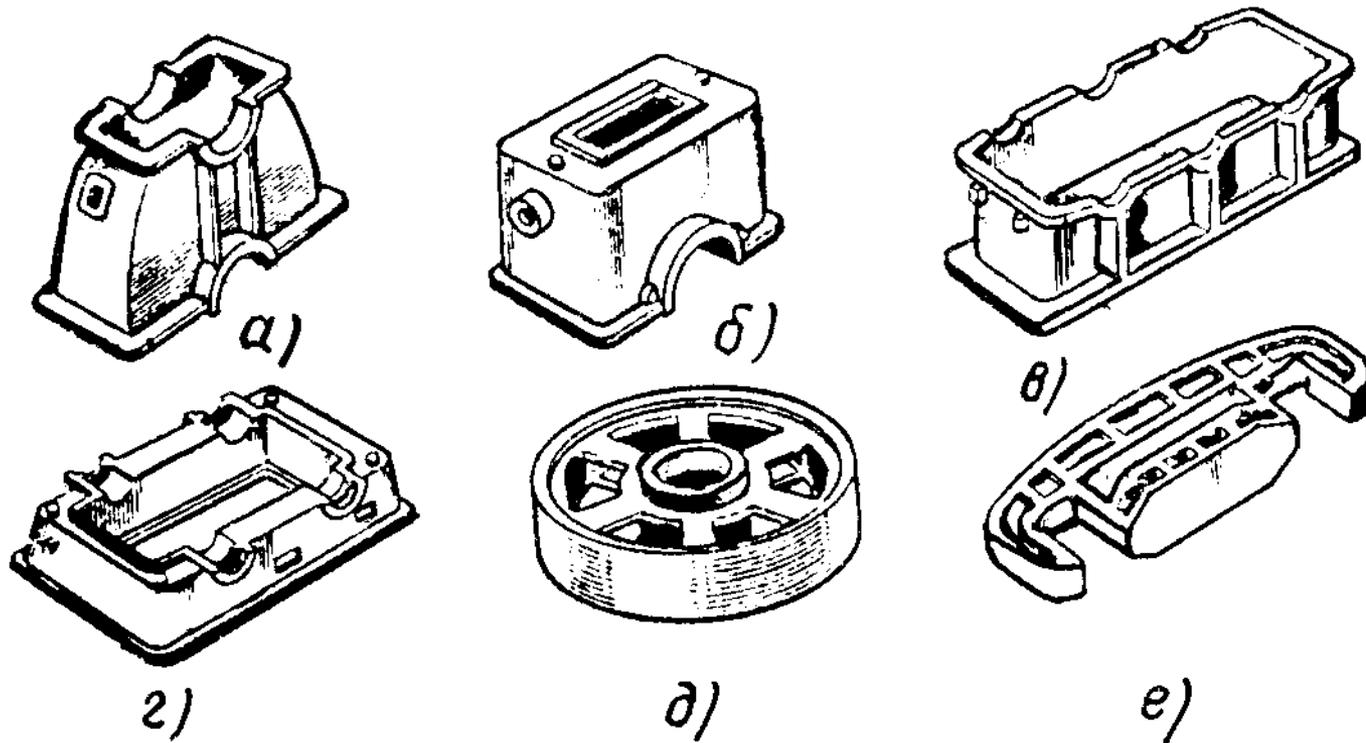


Рисунок 4.4 – Отливки 3-й группы (средней сложности):
а – корпус; б – крышка редуктора; в, г – основания;
д – зубчатое колесо; е – рама балансира

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

4. Отливки закрытой и частично открытой коробчатой или цилиндрической формы: станины, столы, основания прессов, молотов, корпусов насосов, и др. (рисунок 4.5).

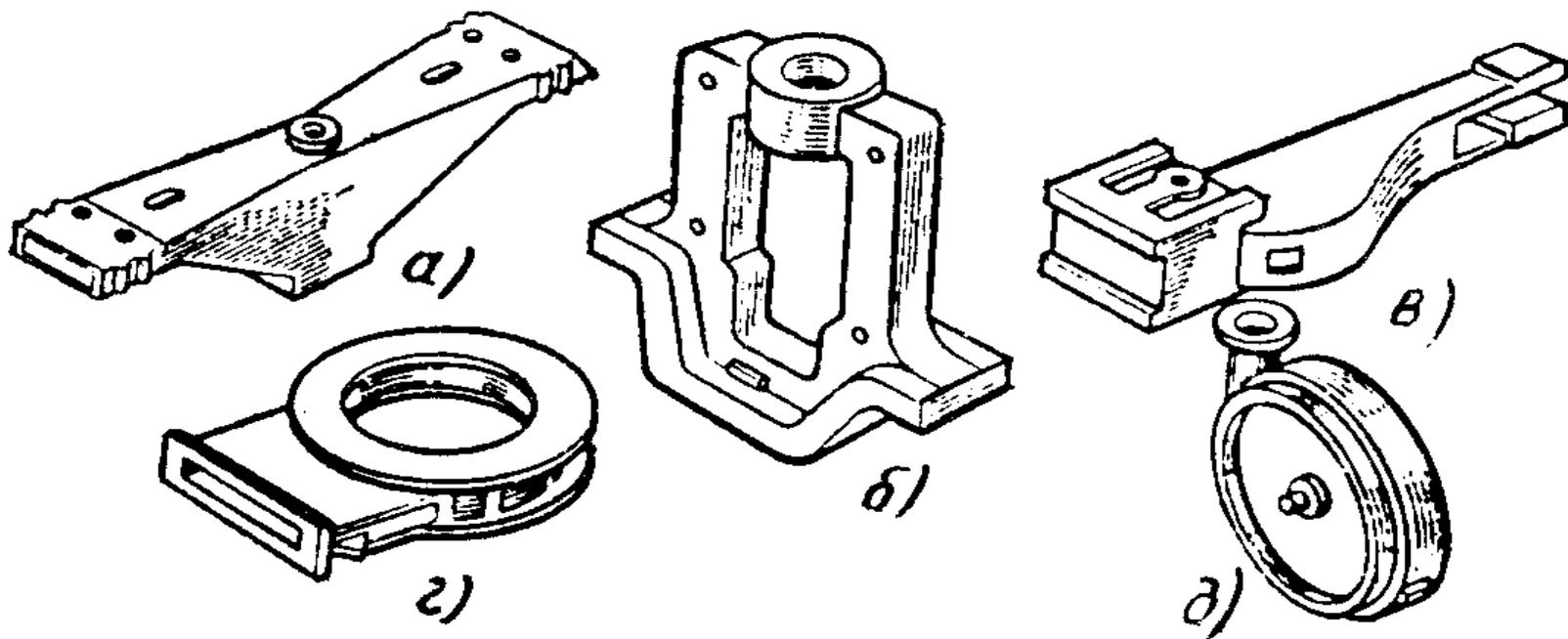


Рисунок 4.5 – Отливки 4-й группы (средней сложности):
а – шкворневая балка; б – станина станка; в – ползун;
г – корпус шибера; д – улитка

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

5. Отливки закрытой коробчатой и цилиндрической формы особо ответственного назначения, а также комбинированные для изготовления станин металлорежущих станков, фасонных стальных цилиндров и др. (рисунок 4.6).

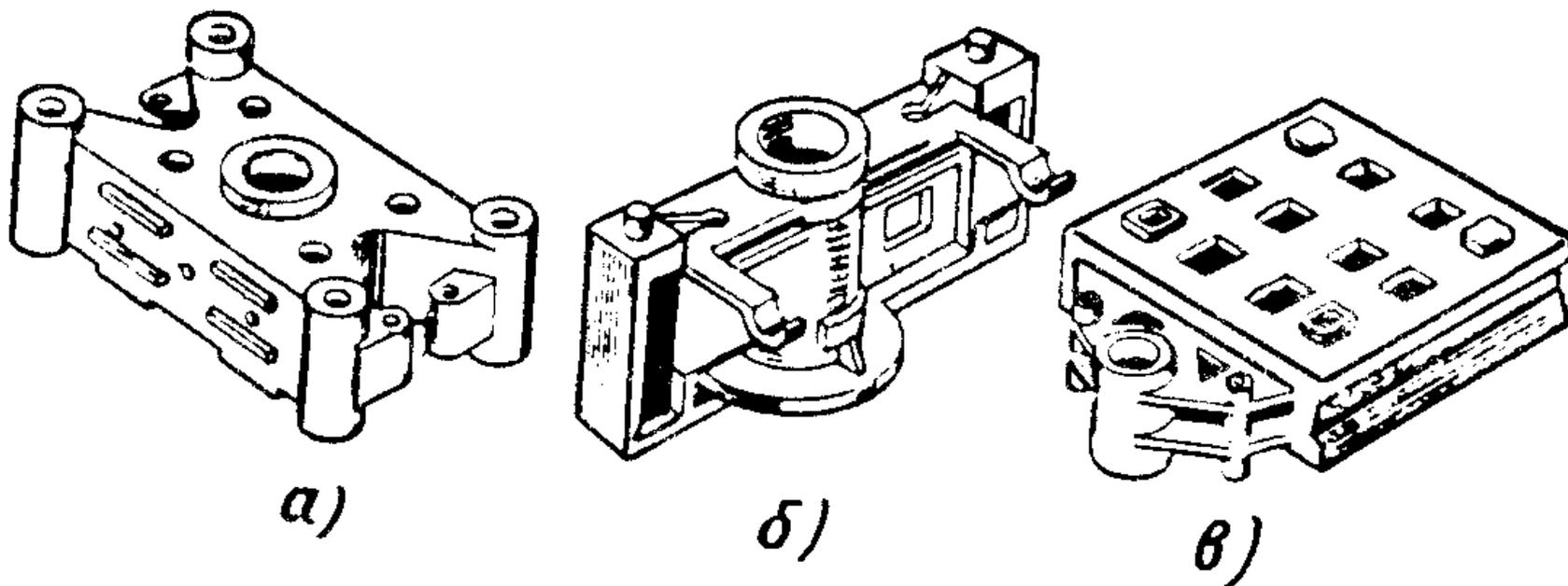


Рисунок 4.6 – Отливки 5-й группы (сложные):
а, б – траверсы; в – станина

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

6. Отливки закрытой коробчатой, цилиндрической формы. Внутренние полости особо сложной конфигурации, с наличием ленточных и кольцевых каналов, расположенных в два яруса и более. Типовые отливки – гидравлические коробки, блоки цилиндров, блоки цилиндров, спрямляющие аппараты и др. (рисунок 4.7).

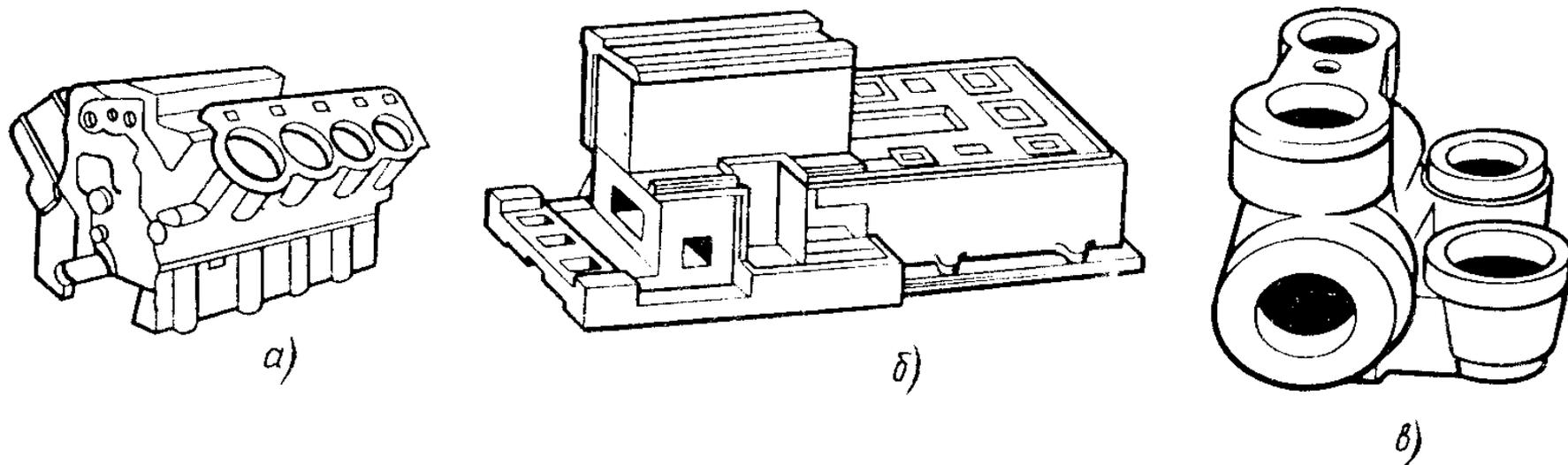


Рисунок 4.7 – Отливки 6–й группы (сложные):
а – блок цилиндров; б – станина; в – гидравлическая коробка

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В соответствии с ГОСТ 26645–85 для отливок различных способов установлены: 16 классов размерной точности, 22 степени точности, 11 степеней коробления отливки, 16 классов точности массы.

Получение конкретного класса точности размеров связано не только с качеством точности размеров деталей, получаемых механической обработкой, но и с типом производства (массовое, серийное, единичное), а также сложностью формы отливки.

Классы точности размеров отливок по ГОСТ 26645–85 соответствуют для конкретного способа литья качеству точности по ГОСТ 25346–82. Шероховатость поверхностей отливок зависит от достигаемой их степени точности (ГОСТ 26645–85). С повышением численного значения степени точности отливки высота микронеровностей становится больше. Так для литья в песчаные формы степень точности для отливок из различных материалов находится в пределах 7...22, что соответствует шероховатости $Ra = 8...100$ мкм. Для отливок, полученных специальными способами литья, например, литьем под давлением (2 степень точности), шероховатость поверхности $Ra \geq 2$ мкм.

Качеству точности размеров заготовок после механической обработки IT 8, IT 9 соответствует по ГОСТ 26645–85 1 – 3т классы точности размеров литой заготовки, а для IT 10...IT 13 – 9 – 16 классы точности размеров отливок.

4.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ, МАССЕ И ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Таблица 4.3 – Использование материала при различных способах литья

Способы литья	Коэффициент		
	Выхода годного	Массовой точности	Использования материала
В песчаные формы	0,3...0,5	0,6...0,7	0,2...0,35
В оболочковые формы	0,5...0,6	0,85...0,9	0,4...0,55
В металлические формы (кокиль)	0,4...0,5	0,7...0,75	0,30...0,40
По выплавляемым моделям	0,6...0,8	0,85...0,90	0,50...0,75
Под давлением	0,6...0,8	0,95...0,98	0,60...0,80
Центробежное	0,4...0,5	0,7...0,8	0,30...0,40
Средние значения	0,45...0,65	0,8...0,85	0,40...0,60

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

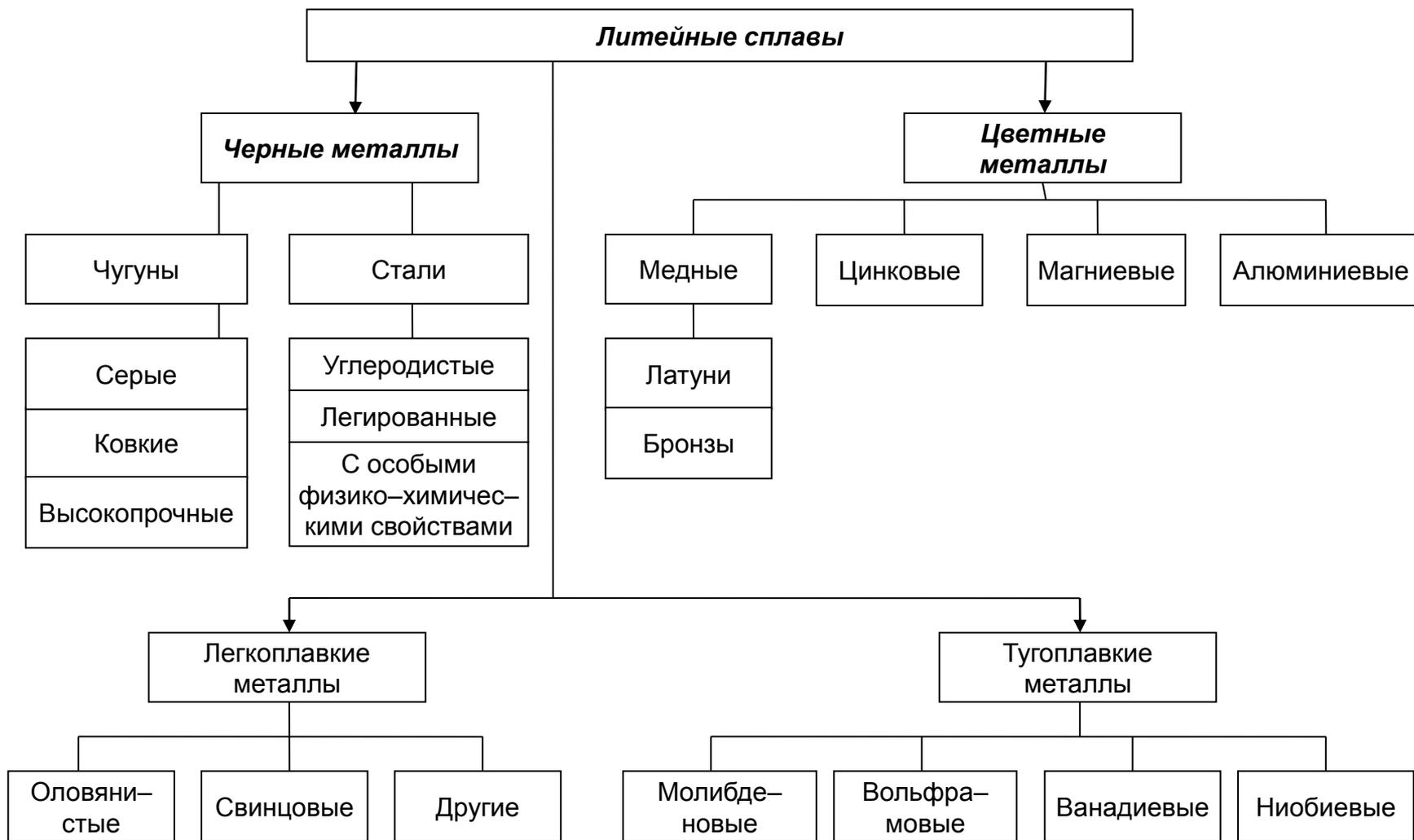


Рисунок 4.8 – Классификация литейных сплавов

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Большую часть отливок ~75% изготавливают из чугуна.

Чугун – железоуглеродистый нековкий литейный материал, содержащий свыше 2% (до 3...3,5%) углерода, до 4,5% кремния, до 1,5% марганца, до 1,8% фосфора, до 0,08% серы.

Эксплуатационные свойства чугуна зависят от его прочности, твердости, пластичности, а также от формы, размеров и расположения углеродных включений в его структуре.

Большое применение имеют графитизированные чугуны. Это **серые чугуны** с пластинчатым графитом (СЧ10...СЧ35; $\sigma_{\text{в}} = 100...350$ МПа, 120...190 НВ). Они малочувствительны к надрезам и другим концентраторам напряжений. Хорошо рассеивают виброколебания, поэтому станины станков делают не из стали, а из чугуна. В случае ударных нагрузок применять нельзя, хрупок. Однако, серый чугун наиболее дешевый литейный сплав.

Ковкий чугун (КЧ 30–6...КЧ 80–1,5; $\sigma_{\text{в}} = 294...784$ МПа, 100...320 НВ) получают путем отжига белого чугуна. Он имеет включения с хлопьевидным графитом. Имеет низкие литейные свойства – пониженная жидкотекучесть, большая усадка, повышенная склонность к трещинообразованию. Применяют для отливок, работающих со знакопеременными нагрузками: коробки передач, шасси в автотранспорте, рычаги и др.)

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧ 35...ВЧ 100; $\sigma_{\text{в}} = 350 \dots 1000$ МПа, 140...360 НВ). Чугун применяют для ответственных отливок, работающих в условиях смен теплового режима – гильзы ДВС и др. Этот чугун по литейным свойствам приближают к сталям. Имеет пониженную жидкотекучесть, пониженную усадку, склонность к дефектам литейного происхождения.

Чугуны всех марок хорошо обрабатываются, но плохо свариваются. Их свойства определяют назначение чугунов от умеренно нагруженных (СЧ) до вибронагруженных.

Легированные чугуны (ЧХ1 – ГОСТ 7769–82 и др.) применяют для работы деталей при высоких температурах до 500...700°C.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Около 20% всех отливок изготавливают из стали.

Сталь – сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащий до 2,14% углерода. Наибольшая величина предела прочности σ_B и предела выносливости σ_{-1} достигается при содержании углерода ~ 0,9%.

В зависимости от назначения и качественных показателей отливки из углеродистых и легированных сталей разделены на три группы:

I – отливки общего назначения, контролируемые по внешнему виду, размерам и химсоставу;

II – отливки ответственного назначения, контролируемые по прочности, относительному удлинению;

III – отливки особо ответственного назначения, контролируемые по ударной вязкости.

Стальные отливки подвергают термообработке: нормализация при температуре 850...920°C с последующим отпуском или закалка при температуре 800...870°C с отпуском.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

К *цветным металлам* относят: алюминий, магний, цинк, медь и сплавы на их основе.

К *тугоплавким металлам* относят сплавы на основе титана, вольфрама, молибдена, ниобия, ванадия. Температура плавления 1700...3500°C.

К *легкоплавким металлам* относят сплавы (свинец, олово и др.), у которых температура плавления $< 232^{\circ}\text{C}$.

Алюминий и его сплавы имеют высокую прочность, малую плотность. Они незаменимый материал в авиапромышленности. Сплавы алюминиевые литейные, ГОСТ 1583–93: АЛ 2...АЛ 11, имеют пределы прочности $\sigma_{\text{в}} = 150...220$ МПа, плотность 2,65...2,94 г/см³. А сплав этой группы АМг10 (АЛ 27) имеет высокую коррозионную стойкость, $\sigma_{\text{в}} = 320$ МПа. Магний имеет минимальную плотность. В чистом виде не применяется. Однако для увеличения прочности вводят магний.

Сплавы цинка достаточно прочны. Имеют высокую коррозионную стойкость. Могут применяться в качестве антифрикционных материалов и для защиты железосодержащих сплавов.

Медь обладает высокой электро- и теплопроводностью. Пластична, имеет достаточную прочность.

Латуни (медно-цинковые сплавы) имеют высокую прочность и коррозионную стойкость.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Бронзы – сплавы на медной основе с добавлениями олова, алюминия, кремния, бериллия. Обладают хорошими антифрикционными и коррозионными свойствами.

Титан, например марки ВТ9Л, имеет плотность 4,6 г/см³, $\sigma_{\text{в}} = 930$ МПа, твердость 45 НВ. Жаростоек и переносит окисление до 400...500°С. Хорошо работает при температуре жидкого азота.

Отливки из ниобия обладают жаропрочностью. Применяют для изготовления деталей турбин, работающих при температуре 1100...1400°С. Жаростойкость и жаропрочность позволяют их использовать для работы в тяжелых условиях. Отливки из ниобия и его сплавов изготавливают особо специальными способами. Трудоемкость изготовления велика.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Технологические свойства материалов – часть их общих физико–химических свойств.

Литейные свойства: жидкотекучесть, усадка, склонность к образованию усадочных раковин и пор, трещиностойкость, газопоглощение, ликвация.

Жидкотекучесть – способность расплавленного металла заполнять полость литейной формы. Показатель жидкотекучести – Кж.т. Определяется отношением значений жидкотекучести данного материала и эталона, за который принята сталь 30Л.

Усадка – уменьшение объема отливки при охлаждении расплава в форме до температуры окружающей среды. Существует линейная и объемная усадка, измеряемые в процентах. Так для серого чугуна линейная усадка наименьшая (0,9...1,3%). Стали имеют усадку 0,8...2,5%.

При охлаждении отливки происходит механическое и термическое торможение усадки. Механическое торможение возникает вследствие трения между отливкой и формой. Термическое торможение обусловлено различными скоростями охлаждения отдельных частей отливки. Сложные по конфигурации отливки подвергаются совместному воздействию механического и термического торможений.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Помимо искажений линейных размеров усадка в отливках проявляется в виде усадочных раковин, пористости, трещин и короблений. При правильном учете усадочных процессов затверждение отливки должно идти снизу вверх с образованием концентрированной усадочной раковины (рисунок 4.9). В противном случае в теле образуется усадочная пористость.

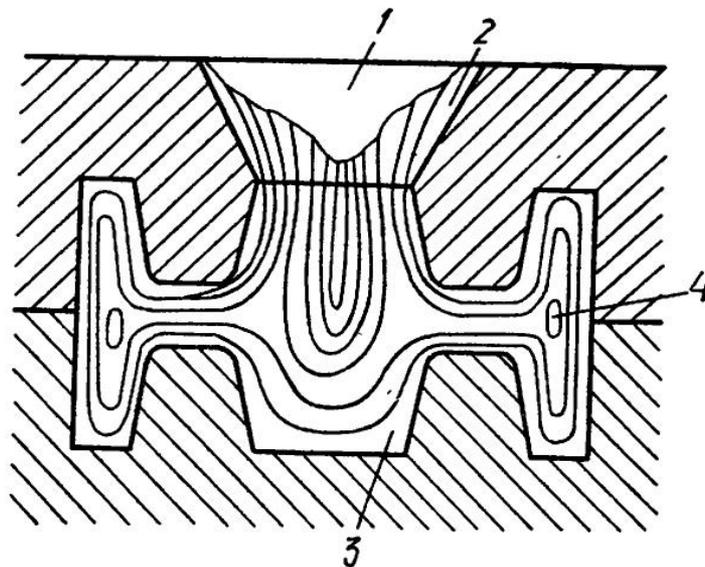


Рисунок 4.9 – Схема процесса кристаллизации отливки:

- 1 – усадочная раковина; 2 – прибыль; 3 – отливка;
- 4 – место сосредоточения усадочной пористости

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Газопоглощение – способность литейных сплавов в расплаве растворять газы. Высокое газопоглощение приводит к образованию в отливках газовых раковин и пор. Для их устранения применяют плавление в вакууме и т.д.

Ликвация – неоднородность химсостава в различных частях отливки. Зависит от химсостава сплава и условий образования отливки.

Одним из немаловажных свойств материалов при обработке давлением является технологическая пластичность. Это способность металла изменять форму при обработке давлением без нарушения целостности. Она зависит от условий обработки.

Комплексным показателем, характеризующим обрабатываемость металла давлением (технологическую пластичность) можно представить в виде

$$K_{\partial} = \sigma_{0,2} / \sigma_B,$$

где K_{∂} – показатель обрабатываемости металла давлением;

$\sigma_{0,2}$ – временное сопротивление (предел прочности при разрыве);

σ_B – предел текучести условный с допуском n величину пластической деформации при нагружении 0,2%, таблица 1.1.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Таблица 4.9 – Шкала условных оценок обрабатываемости давлением (технологической пластичности) материалов

Значение K_d	Оценка обрабатываемости давлением (технологической пластичности) материалов
$< 0,35$	Низкая
$0,35 \dots 0,5$	Удовлетворительная
$0,5 \dots 0,65$	Хорошая
$> 0,65$	Очень хорошая

Обрабатываемость – свойство металла поддаваться обработке резанием. Хорошая обрабатываемость обеспечивает высокое качество обработки. Она определяется для условий полустогового точения резцами Т5К10, для аустенитных сталей, и резцами из быстрорежущей стали Р18 (63...65 HRC).

Обрабатываемость сталей и сплавов резанием оценена скоростью резания, соответствующей 60–минутной стойкости резцов V_{60} , и выражена коэффициентом K_v^T , для условий точения твердосплавным инструментом и из быстрорежущей стали по отношению к эталонной стали (углеродистая сталь 45; 179 НВ и $\sigma_B = 650$ МПа), скорость резания V_{60} принята за единицу.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

При точении стали твердосплавными резцами коэффициент относительной обрабатываемости определяется:

$$(K_V)_{TC} = V_{60} / 145,$$

где V_{60} – скорость резания, соответствующая 60–минутной стойкости резцов при точении материала, м/мин;

145 – значение скорости резания при 60–минутной стойкости твердосплавных резцов при точении эталонной стали марки 45.

При точении резцами из быстрорежущей стали коэффициент относительной обрабатываемости

$$(K_V)_{BC} = V_{60} / 70,$$

где 70 – значение скорости резания при 60–минутной стойкости быстрорежущих резцов при точении эталонной стали марки 45.

Абсолютное значение скорости резания V_{60} для конкретных условий обработки определяется умножением ее коэффициента K_V на соответствующее значение V_{60} эталонной стали 45.

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

В виду того, что значения $(K_V)_{TC}$ и $(K_V)_{BC}$ существенно различаются предполагается вместо коэффициента относительной обрабатываемости использовать **усредненный показатель K_V** :

$$K_V = \frac{(K_V)_{TC} + (K_V)_{BC}}{2}.$$

Условные оценки K_V даны в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Шкала условных оценок обрабатываемости резанием материалов

Значения K_V	Оценка обрабатываемости резанием
< 0,6	Плохая
0,6...1,0	Удовлетворительная
>1,0	Хорошая

4.3 ПРИМЕНЯЕМЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ. ЛИТЕЙНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Механические свойства литого металла всегда хуже, чем деформированного, из-за более крупного размера зерна, неоднородности структуры, возможной пористости и других литейных дефектов.

В связи с особенностями кристаллизации механические характеристики неоднородны по сечению отливки. Металл у поверхности обладает большей твердостью и прочностью, чем в осевой зоне поперечного сечения.

Прочность литой заготовки зависит от температуры заливки, толщины стенки, способа изготовления и характера охлаждения отливки в форме. Существует оптимальная температура заливки, обеспечивающая наиболее высокую прочность благодаря достижению благоприятных данных в условиях жидкотекучести и скорости охлаждения. С увеличением толщины стенки из-за замедления скорости охлаждения предел прочности литого металла уменьшается (рисунок 4.10), а общая прочность заготовки повышается непропорционально увеличению толщины ее стенок. Подобным же образом, изменяя скорость охлаждения, оказывает влияние на прочность заготовки и способ ее изготовления (таблица 4.11).

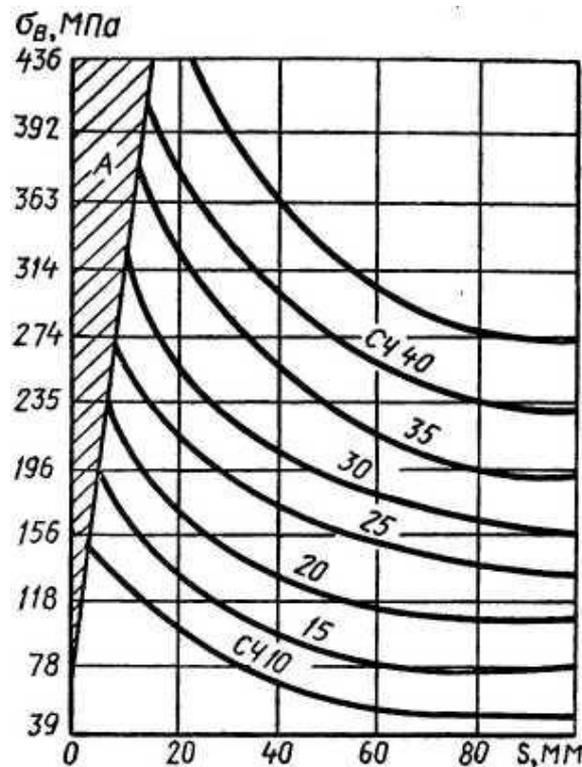


Рисунок 4.10 – Зависимость предела прочности σ_b серого чугуна от толщины стенок отливки s : (А – область отбела)

Таблица 4.11 – Механические свойства и плотность бронзовой отливки

Свойство отливки	Способ литья			
	В песчаные формы	В кокиль	Под давлением	Центробежное
Предел прочности σ_b , МПа	250	270	315	385
Относительное удлинение δ , %	11,0	2,5	3,0	10,0
Твердость НВ	86	110	118	124
Плотность ρ , кг/м ³	8410	8780	8770	8890

4.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

При проектировании отливок необходимо стремиться выполнить ряд требований.

1) Отливки должны иметь простое внешнее очертание с минимальным числом ребер, выступов и внутренних полостей.

2) Конструкция отливки должна обеспечивать высокий уровень ее служебных характеристик (прочность, жесткость, герметичность и т. д.) при заданной массе и точности конфигурации.

3) Конструкция отливки должна учитывать взаимодействие отливки с формой с тем, чтобы обеспечить правильное формирование основных свойств отливки, т. е. плотности, структуры, механических свойств, стабильности размеров и параметров шероховатости поверхности.

4) Конструкция отливки должна быть достаточно технологичной, т. е. удобной для изготовления выбранным способом литья.

4.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

5) Конструкция отливки должна обеспечивать минимальное количество и протяженность мест обрубки и очистки, удобство осуществления обрубки и очистки, удобство и минимальный объем последующей механической обработки.

6) Базовые поверхности отливки должны иметь расположение, удобное для обработки резанием.

7) Материал отливки должен быть достаточно технологичным и экономичным при заданном способе литья.

8) Конструкция отливки при данных условиях изготовления должна предусматривать минимальный расход металла.

9) Отливка должна быть компактной. Излишне крупные отливки желательно расчленить на несколько частей.

4.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

При изготовлении отливок их проектируют в определенной последовательности в соответствии со стандартами ЕСКД (ГОСТ 2.423–95). Алгоритм проектирования таков:

1) На чертеже наносят модельно–литейные указания.

- Дополненный таким образом чертеж в случае единичного и серийного производства представляет собой основной технологический документ. Он является основой для проектирования модельного комплекта и других приспособлений необходимых для изготовления литейной формы.
- В массовом и серийном производстве на объекты модельной оснастки разрабатывается рабочие чертежи и технология их изготовления.

2) Заполняется технологическая карта, где определяется порядок операций и методику изготовления отливки, в условиях массового и серийного производства.

3) Вычерчивается чертеж со всеми размерами. Положение отливки указывается буквами В и Н, разъем модели и формы буквами МФ.

- При определении линии разъема модели и формы выбираемый вариант обеспечивает наименьшую трудоемкость изготовления оснастки, повышение размерной точности, уменьшение затрат на оснастку.
- На чертеже указываются припуски на механообработку по ГОСТ 26645–95.

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Во-первых, определяют исходные данные по чертежу детали: материал детали, плотность. *Во-вторых* – тип производства. *В-третьих* – выбирают способ получения отливки. Далее проектную работу выполняют в соответствии с **алгоритмом**:

- 1) Назначают предельные отклонения на номинальные размеры детали. Определяют допуск на каждый размер.
- 2) Определяют сложность отливки.
- 3) Определяют положение отливки в форме.
- 4) Устанавливают уровень точности обработки отливки.
- 5) Назначают степени точности поверхностей отливки.
- 6) Устанавливают шероховатость поверхностей отливки.
- 7) Определяют классы точности размеров отливки.
- 8) Назначают допуски размеров поверхностей отливки.
- 9) Определяют степень коробления отливки.
- 10) Определяют ряд припусков на обработку отливки.

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

11) Определяют допуск смещения отливки по плоскости разъема.

12) Устанавливают вид окончательной мехобработки.

13) Устанавливают общий допуск элементов отливки.

14) Устанавливают общий припуск на обработку.

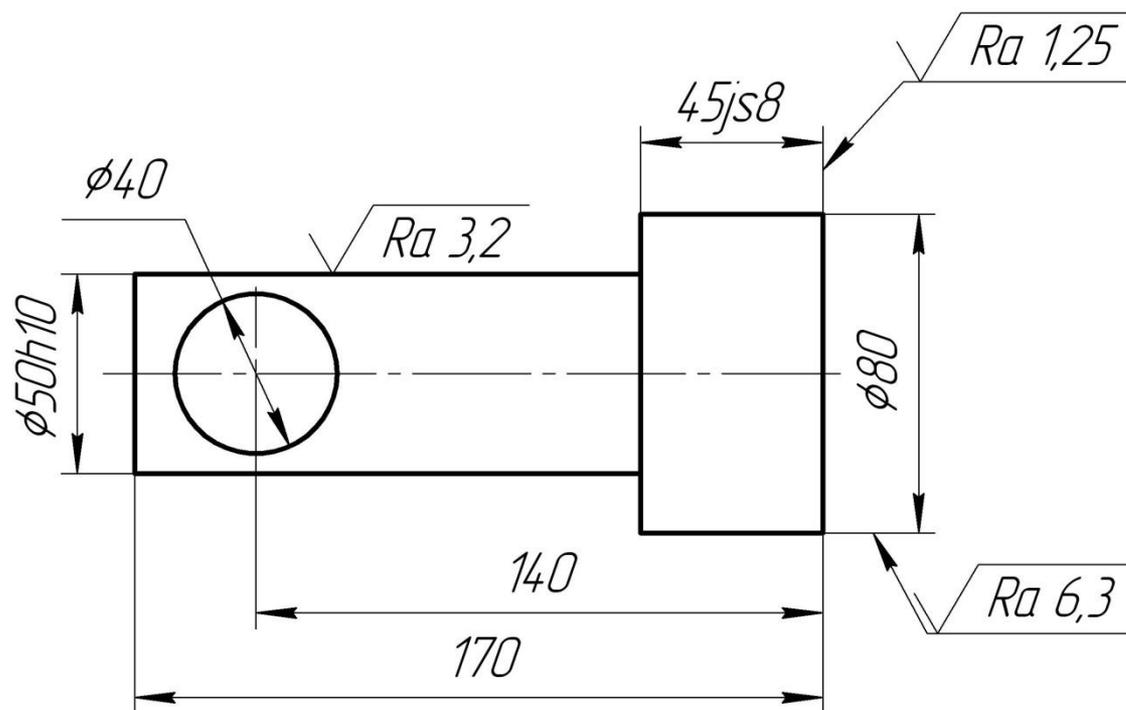
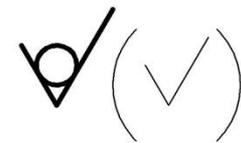
15) Определяют исполнительные размеры отливки.

16) Определяют массу отливки.

17) Назначают литейные радиусы и уклоны. заготовки можно изготавливать различными способами литья. Литье в песчаные формы и по выплавляемым моделям позволяют получать заготовки сложной формы с различными полостями и отверстиями. В то же время некоторые способы литья (например, литье под давлением) выдвигают определенные ограничения к форме отливки и условиям ее изготовления.

На рисунке 4.11 представлен чертеж детали, а на рисунке 4.12 – чертеж отливки.

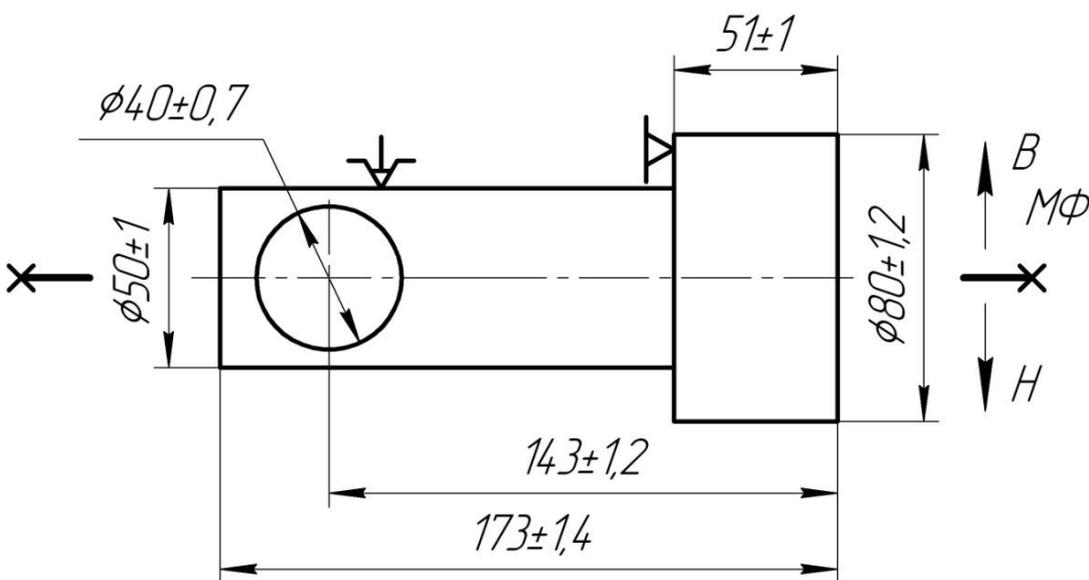
4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ



1. $HB \leq 50$
2. Неуказанные фаски $0,8 \times 45^\circ$
3. $H14, h14, \pm IT14/2$

Рисунок 4.11 – Ось (Ал 5 ГОСТ 2685–75)

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ



Технические условия

1. Твердость материала HB ≤ 50
2. Литейные уклоны 1°
3. Литейные радиусы R 6 мм
4. Точность отливки: 9-3-9-9T
См 1,2 ГОСТ 26645-85
5. Масса отливки 1,1-0,283-0,007-1,39
ГОСТ 26645-85

Рисунок 4.12 – Отливка

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

В технических условиях на отливку необходимо указать следующие требования:

- 1) Класс точности размеров, класс точности массы, степень коробления и ряд припусков на механическую обработку.
2. Неуказанные на чертеже радиусы закруглений, формовочные уклоны и т. п.
3. Допускаемое смещение опок (чаще всего указывается на чертежах крупных корпусных деталей).
4. Требования к материалу отливки или сведения о допускаемом его заменителе.
5. Указания по виду термической обработки, установленные пределы твердости, методы и место ее замера.
6. Сведения о виде, количестве, размерах и местах расположения допускаемых литейных дефектов (усадочная пористость, раковины, трещины и т. п.). Если разрешается устранение определенных дефектов, то указываются их виды и допускаемые способы устранения.

Для достаточно больших отливок указываются место маркировки детали, ее характер, а также содержание и шрифт маркировки.

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

При разработке чертежа литой заготовки прежде всего следует оценить ее технологичность. Для этого необходимо прежде всего внимательно изучить конструкцию детали, при возможности упростить ее конфигурацию. Необходимо оценить возможность получения внутренних полостей, помня, что увеличение количества стержней существенно повышает трудоемкость изготовления и сборки форм, увеличивает вероятность появления брака по перекосу или искажению размеров из-за неточности установки стержней. Одновременно необходимо оценить и при необходимости откорректировать толщину стенок, их сопряжения и переходы, ребра жесткости и др.

Необходимо стремиться к минимальной толщине стенок. Если толщина стенок завышена, это может привести к появлению усадочных рыхлот, пористости и других дефектов. В конечном итоге по этой причине прочность стенок снижается и увеличивается расход металла. Требуемую прочность и жесткость стенок отливки следует обеспечивать за счет использования ребер жесткости. Если толщина стенок занижена, то отливку трудно получить технологически (возможно незаполнение формы, неслитины, трещины и т. п.). Кроме того, в отливках сложной конфигурации с тонкими стенками за счет усадочных напряжений могут появиться коробления и трещины.

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Минимальная толщина стенок назначается так, чтобы обеспечить необходимую расчетную прочность и удовлетворить требованиям технологии выбранного способа литья. Наименьшую толщину стенок определяют в зависимости от приведенного габарита заготовки:

$$N = (2t + b + h) / 3,$$

где t , b , h – соответственно длина, ширина и высота заготовки, м.

Для отливок, получаемых литьем в песчаные формы, минимальную толщину стенок определяют по графикам (рисунок 4.13). Если приведенный габарит N окажется больше 8, толщину стенок принимают для стальных и чугунных отливок соответственно не менее 40 и 30 мм. При N не более 0,1 минимальную толщину стенок принимают: для алюминиевых сплавов – до 2 мм, для медных оловянных сплавов – 2,5 мм, для безоловянных сплавов – 4 мм.

В зависимости от условий охлаждения и материала отливки в некоторых случаях в полученные толщины стенок вносятся определенные коррективы. Так, толщина внутренних стенок для чугунных и алюминиевых отливок должна быть на 10...20 % меньше толщины наружных стенок. Для отливок из модифицированного и высокопрочного чугунов толщину стенок увеличивают на 15...20 % по сравнению с отливками из серого чугуна. Если отливка изготавливается из легированных сталей, толщину стенки увеличивают на 20...30 % по сравнению с однотипными отливками из углеродистых сталей.

4.5 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

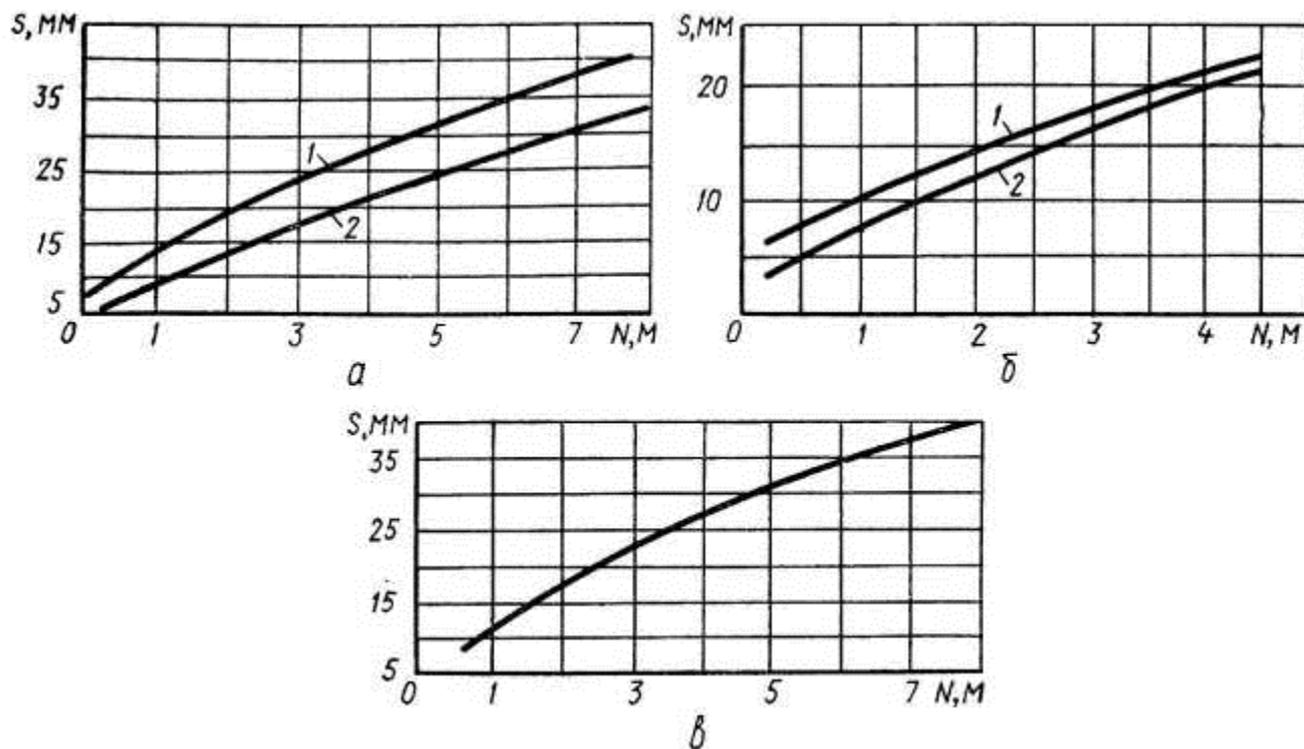


Рисунок 4.13 – Графики для определения толщины стенок s отливок, полученных в песчаных формах: а — из углеродистых сталей (1) и чугуна (2); б — из медных безоловянных (1) и оловянных (2) сплавов; в — из алюминиевых сплавов

Если полученная минимальная толщина стенки окажется больше указанной в чертеже, необходимо по согласованию с конструктором произвести соответствующую корректировку. После этого назначают напуски, допуски размеров, припуски на механическую обработку, формовочные уклоны.

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Напуски назначают на тех участках отливки, где отверстия, впадины, полости и тому подобное получить способами литья трудно или невозможно. В случае необходимости напуски удаляются затем механической обработкой. Напуск можно назначать методом «теней» (рисунок 4.14). Назначение напусков в «теневых» участках позволяет упростить технологическую оснастку, технологию изготовления и в конечном итоге получить более качественные отливки.

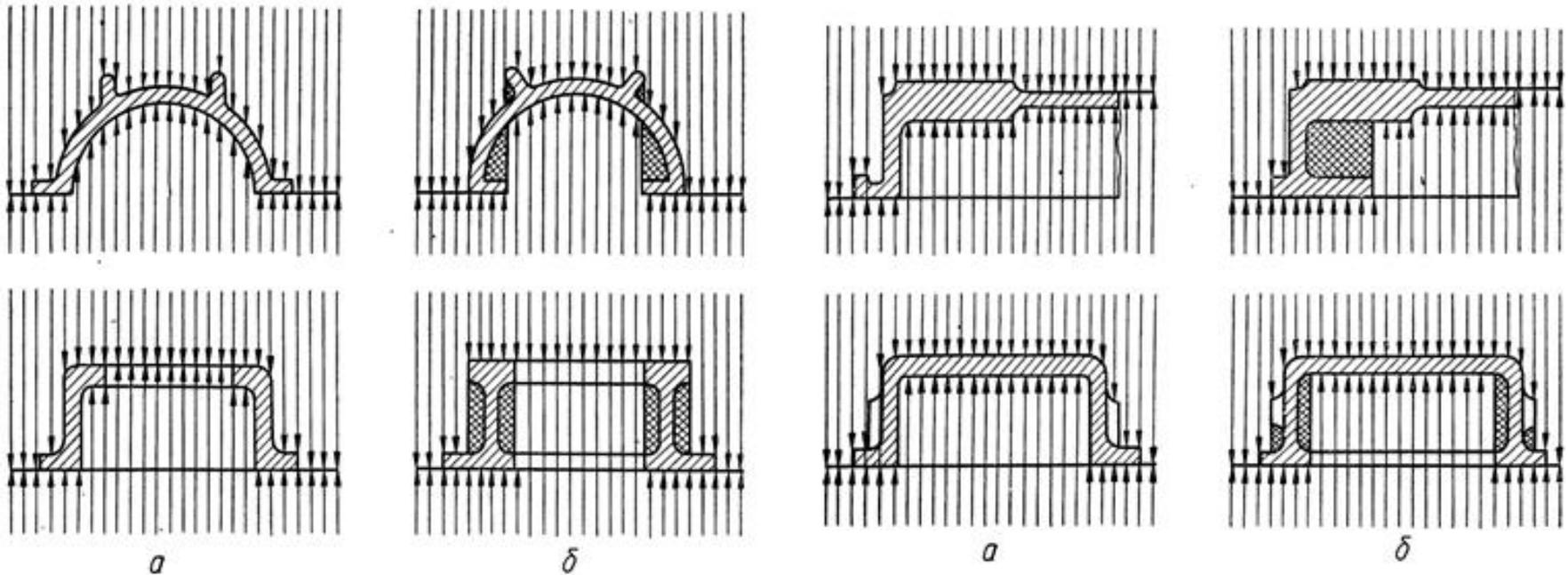


Рисунок 4.14 – Определение напусков методов «теней»:

a – напуски не требуются; *б* – напуски необходимы (заштрихованные участки) 38

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Минимальный диаметр отверстий, выполняемых литьем, выбирают так, чтобы избежать сильного перегрева и пригара стержня к стенкам отверстия. Возможность спекания стержневой смеси и пригара определяется массой окружающего металла, поэтому минимальный размер литых отверстий зависит от толщины стенки (т. е. длины стержня) и может быть определен по формуле:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1s,$$

где d_0 – исходный диаметр, мм;

s – толщина стенки, мм.

Исходный диаметр d_0 на практике выбирается в зависимости от материала отливки: для медных сплавов – 5 мм, для чугунов и алюминиевых сплавов – 7, для сталей – 10 мм. Если указанный в чертеже размер отверстия меньше полученного расчетом d_{\min} , отверстие литьем не изготавливают.

Допуски на линейные размеры отливок назначаются по ГОСТ 26645—85 (таблица 4.12) в зависимости от класса точности и номинального размера. Допуски угловых размеров в пересчете на линейные не должны превышать установленных значений.

Допуски размеров элементов отливки, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1...2 класса точнее, а элементов, образованных тремя и более частями формы или несколькими стержнями, ³⁹ на 1...2 класса грубее.

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Таблица 4.12 – Допуски линейных размеров отливок

Номинальный размер, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности размеров																					
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	—	—	—	—	—	—
4...6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—	—	—
7...10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—	—	—
11...16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	—	—
17...25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
26...40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
41...63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
64...100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
101...160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
161...250	—	—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
251...400	—	—	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
401...630	—	—	—	—	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
631...1000	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
1001...1600	—	—	—	—	—	—	—	1,40	1,80	2,20	2,80	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36
1601...2500	—	—	—	—	—	—	—	—	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40
2501...4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,20	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28	36	50
4001...6300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32	40	44
6301...10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40	50	64

Для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, предпочтительно несимметричное одностороннее расположение полей допусков «в тело», т. е. для охватывающих элементов (отверстие) – «в плюс», а для охватываемых (вал) – «в минус». Для размеров всех остальных элементов отливок, как не подвергаемых механической обработке, так и подвергаемых, рекомендуется симметричное расположение полей допусков.

Припуски на механическую обработку отливки (на сторону) различают **основные** и **дополнительные**.

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Основные припуски (таблица 4.13) выбираются в зависимости от допусков на соответствующий размер отливки и ряда припусков. Под номинальным размером при установлении припусков следует понимать номинальное расстояние между обработанной поверхностью и базой ее механической обработки, а при обработке поверхностей вращения – их номинальный диаметр.

Таблица 4.13 – Основные припуски на механическую обработку отливок (на сторону)

Допуски размеров отливок, мм	Основной припуск, мм, не более, для рядов					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2...0,4	—	—	—	—	—
0,13...0,16	0,3...0,5	0,6...0,8	—	—	—	—
0,17...0,20	0,4...0,6	0,7...0,1	1,0...1,4	—	—	—
0,21...0,24	0,5...0,7	0,8...1,1	1,1...1,5	—	—	—
0,25...0,30	0,6...0,8	0,9...1,2	1,2...1,6	1,8...2,2	2,6...3,0	—
0,31...0,40	0,7...0,9	1,0...1,3	1,4...1,8	1,9...2,4	2,8...3,2	—
0,41...0,50	0,8...1,0	1,1...1,4	1,5...2,0	2,0...2,6	3,0...3,4	—
0,51...0,60	0,9...1,2	1,2...1,6	1,6...2,2	2,2...2,8	3,2...3,6	—
0,61...0,80	1,0...1,4	1,3...1,8	1,8...2,4	2,4...3,0	3,4...3,8	4,4...5,0
0,81...1,00	1,1...1,6	1,4...2,0	2,0...2,8	2,6...3,2	3,6...4,0	4,6...5,5
1,01...1,20	1,2...2,0	1,6...2,4	2,2...3,0	2,8...3,4	3,8...4,2	4,8...6,0
1,21...1,60	1,6...2,4	2,0...2,8	2,4...3,2	3,0...3,8	4,0...4,6	5,0...6,5
1,61...2,00	2,0...2,8	2,4...3,2	2,8...3,6	3,4...4,2	4,2...5,0	5,5...7,0
2,01...2,40	2,4...3,2	2,8...3,6	3,2...4,0	3,8...4,6	4,6...5,5	6,0...7,5
2,41...3,00	2,8...3,6	3,2...4,0	3,6...4,5	4,2...5,0	5,0...6,5	6,5...8,0
3,01...4,00	3,4...4,5	3,8...5,0	4,2...5,5	5,0...6,5	5,5...7,0	7,0...9,0
4,01...5,00	4,0...5,5	4,4...6,0	5,0...6,5	5,5...7,5	6,0...8,0	8,0...10,0
5,01...6,00	5,0...7,0	5,5...7,5	6,0...8,0	6,5...8,5	7,0...9,5	9,0...11,0
6,01...8,00	—	6,5...9,5	7,0...10,0	7,5...11,5	8,5...12,0	10,0...13,0
8,01...10,00	—	—	9,0...12,0	10,0...13,0	11,0...14,0	12,0...15,0
10,10...12,00	—	—	10,0...13,0	11,0...14,0	12,0...15,0	13,0...16,0
12,10...16,00	—	—	13,0...15,0	14,0...15,0	15,0...17,0	16,0...19,0
16,10...20,00	—	—	—	17,0...20,0	18,0...21,0	19,0...22,0
20,10...24,00	—	—	—	20,0...23,00	21,00...24,0	22,0...25,0
24,10...30,00	—	—	—	—	26,0...29,0	27,0...30,00
30,10...40,00	—	—	—	—	—	34,0...37,0
40,10...50,00	—	—	—	—	—	42,0
50,10...60,00	—	—	—	—	—	50,0

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Из двух значений припуска, указанных в таблице 4.13 для каждого, интервала допусков, меньшее устанавливается при более грубых качествах точности обрабатываемых поверхностей, большее – при более точных качествах. При повышенных требованиях к точности обрабатываемых поверхностей допускается увеличение основного припуска до ближайшего значения из того же ряда.

Полученные значения основных припусков относятся к поверхностям отливки, находящимся при заливке сбоку или снизу. На верхние при заливке поверхности допускается увеличение припуска до значения, соответствующего следующему ряду припусков.

Дополнительный припуск на механическую обработку предназначен для компенсации отклонений расположения элементов отливки: коробления, смещения по плоскости разъема и т. п. Его назначают по таблице 4.14 в том случае, когда наибольшее из предельных отклонений превышает половину допуска на соответствующий размер отливки. Предельные отклонения элементов отливок приведены: смещения по плоскости разъема – в таблице 4.15, коробления – в таблице 4.16.

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Таблица 4.14 – Дополнительные припуски на механическую обработку отливок (на сторону)

Допуски размеров отливок, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм	Допуски размеров отливок, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм	Допуски размеров отливок, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм	Допуски размеров отливок, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм
До 0,06	До 0,12	0,1	0,40...0,50	0,20...0,40	0,1	1,2...1,6	1,6...2,0	1,2	3,0...4,0	3,0...4,0	2,0
0,06...0,08	0,03...0,12	0,1		0,40...0,50	0,2		1,6...2,0			4,0...5,0	3,0
	0,12...0,16	0,2		0,50...0,60	0,3		2,0...2,4	2,0		5,0...6,0	5,0
0,08...0,10	0,04...0,16	0,1		0,60...0,80	0,5		0,6...1,0	0,2		1,5...2,4	0,4
	0,16...0,20	0,2	0,50...0,60	0,80...1,00	0,8		1,0...1,2	0,3		2,4...3,0	0,6
0,10...0,12	0,05...0,16	0,1		0,25...0,50	0,1		1,2...1,6	0,6		3,0...4,0	1,6
	0,16...0,24	0,2		0,50...0,60	0,3	1,6...2,0	1,6...2,0	1,0	4,0...5,0	4,0...5,0	2,4
0,12...0,16	0,06...0,20	0,1	0,60...0,80	0,4			2,0...2,4	1,6			5,0...6,0
	0,20...0,30	0,2		0,80...1,00	0,5		2,4...3,0	2,4		6,0...8,0	5,5
0,16...0,20	0,08...0,20	0,1	0,60...0,80	1,00...1,20	1,0		0,8...1,2	0,2		2,0...3,0	0,5
	0,20...0,30	0,2		0,30...0,50	0,1		1,2...1,6	0,3		3,0...4,0	0,8
	0,30...0,40	0,3		0,50...0,60	0,2		1,6...2,0	0,8		4,0...5,0	2,0
0,20...0,24	0,10...0,24	0,1		0,60...0,80	0,4	Свыше 2,0 до 2,4	2,0...2,4	1,2		5,0...6,0	3,0
	0,24...0,40	0,2		0,80...1,00	0,5			2,4...3,0	2,0		6,0...8,0
	0,40...0,50	0,4		1,00...1,20	0,8		3,0...4,0	3,0		8,0...10,0	7,0
0,24...0,30	0,12...0,24	0,1	0,8...1,0	1,20...1,60	1,2		Свыше 1,0 до 1,6	0,3	Свыше 5,0 до 6,0	Свыше 2,5 до 4,0	0,6
	0,24...0,40	0,2		0,4...0,6	0,1		1,6...2,0	0,4			4,0...5,0
	0,40...0,50	0,3		0,6...0,8	0,2		2,0...2,4	1,0		5,0...6,0	2,4
0,30...0,40	0,50...0,60	0,5		0,8...1,0	0,4		2,4...3,0	1,6		6,0...8,0	4,0
	0,15...0,30	0,1	Свыше 0,8 до 1,0	1,0...1,2	0,6		3,0...4,0	2,4		8,0...10,0	5,5
	0,30...0,40	0,2		Свыше 1,2 до 1,6	1,0		4,0...5,0	4,0		10,0...12,0	8,0
0,30...0,40	0,40...0,50	0,3		1,6...2,0	1,6	2,4...3,0	1,2...2,0	0,3	6,0...8,0	3,0...5,0	0,8
	0,50...0,60	0,4		0,5...0,8	0,2			2,0...2,4		0,5	
	0,60...0,80	0,6					2,4...3,0	1,2		6,0...8,0	3,5

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Таблица 4.15 – Предельные отклонения смещения элементов отливки по плоскости разъема

Расстояние между центрирующими устройствами формы, мм	Предельные отклонения смещения, ± мм, не более, для классов точности размеров отливок									
	1...3	4...5т	5...6	7т...7	8...9т	9...10	11т...11	12...13т	13...14	15...16
До 630	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630...1600	0,30	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
1600...4000	0,40	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0
св. 4000	0,50	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0

Таблица 4.16 – Предельные отклонения коробления элементов отливок

Интервалы наибольших габаритных размеров отливки, мм	Предельные отклонения коробления, ± мм, для степеней коробления отливок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 100	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,4	0,6
100...160	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,6	1,0
160...240	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6
240...400	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,6	2,4
400...630	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,4	4,0
630...1000	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,0	6,0
1000...1600	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,0	10,0
1600...2400	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0
2400...4000	—	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,0	24,0
4000...6300	—	—	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,0	40,0
6300...10000	—	—	—	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,0	60,0

- Примечания.* 1. При отношении наименьшего габаритного размера элемента отливки к наибольшему свыше 0,20 назначается степень коробления 1...7, при 0,20...0,10 — 2...8, при 0,10...0,05 — 3...9, при отношении до 0,05 — 4...10.
2. Меньшие значения степеней коробления относятся к простым отливкам из легких цветных сплавов; большие значения — к сложным, термообработываемым отливкам из черных сплавов.

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Общий припуск на механическую обработку определяется как сумма основного и дополнительного припусков.

Формовочные уклоны назначаются на вертикальных стенках отливки с целью облегчения удаления модели из формы и стержня из стержневого ящика. Уклоны устанавливаются по ГОСТ 3212–80 в зависимости от размеров углублений, высоты формообразующей поверхности, способа литья и вида модельного комплекта (таблица 4.17). На обрабатываемых поверхностях уклон устанавливается сверх припуска на механическую обработку (рисунок 4.15, а), на необрабатываемых и несопрягаемых поверхностях – путем одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки (рисунок 4.15, в), на необрабатываемых, но сопрягаемых поверхностях – путем уменьшения или увеличения размеров (рисунок 4.15, б, г).

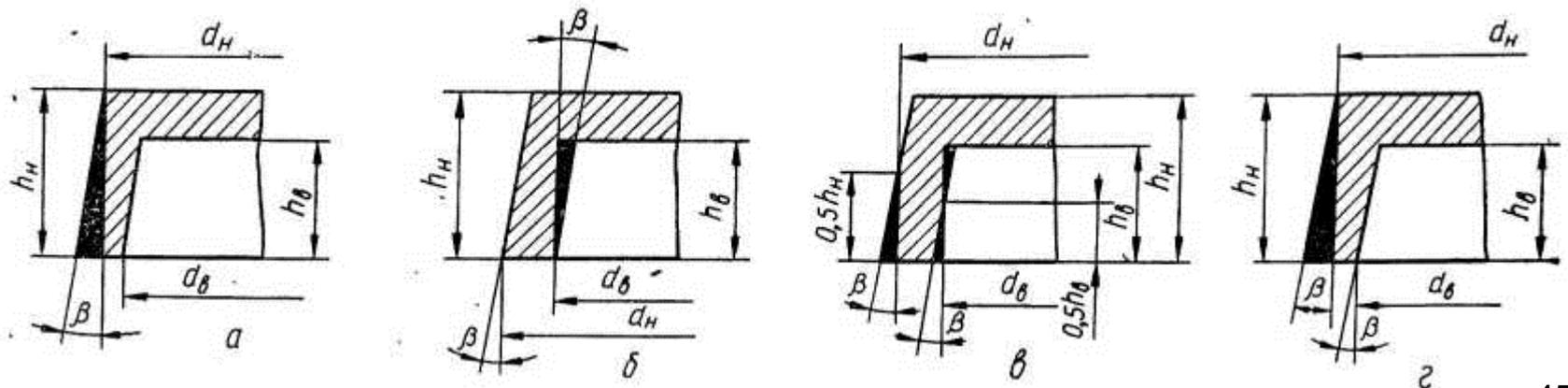


Рисунок 4.15 – Формовочные уклоны

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Таблица 4.17 – Формовочные уклоны модельного комплекта

Высота основной формообразующей поверхности h_n или h_n , мм (см. рис 4.6)	Формовочный уклон								
	при применении песчаноглинистых смесей и комплекта				при применении смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, и комплекта			для литья по выплавляемым моделям	
	металлического, пластмассового		деревянного		металлического для оболочковой формы	металлического пластмассового	деревянного	для наружных (охватываемых) поверхностей	для внутренних (охватываемых) поверхностей
	$d < h$	$d > h$	$d < h$	$d > h$					
До 10	2°17'	4°34'	2°54'	5°45'	1°43'	3°26'	4°00'	0°30'	1°30'
10...18	1°36'	3°11'	1°54'	3°49'	1°16'	2°32'	2°52'	0°20'	1°00'
19...30	1°09'	2°40'	1°31'	3°03'	0°57'	1°54'	2°17'	0°15'	0°45'
31...50	0°48'	1°42'	1°02'	2°05'	0°41'	1°16'	1°29'	0°15'	0°45'
51...80	0°34'	1°13'	0°43'	1°26'	0°30'	0°54'	1°04'	0°10'	0°30'
81...120	0°26'	0°54'	0°32'	1°03'	0°23'	0°40'	0°46'	0°10'	0°30'
121...180	0°19'	0°38'	0°23'	0°46'	0°17'	0°29'	0°34'	—	—
181...250	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°28'	0°33'	—	—
251...315	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°27'	0°33'	—	—
316...400	0°18'	0°36'	0°21'	0°43'	—	0°26'	0°32'	—	—
401...500	0°17'	0°35'	0°21'	0°41'	—	0°26'	0°31'	—	—
501...630	0°17'	0°33'	0°19'	0°38'	—	0°24'	0°29'	—	—
630...800	0°16'	0°32'	0°19'	0°38'	—	0°24'	0°29'	—	—
801...1000	—	—	0°19'	0°38'	—	—	0°29'	—	—
1001...1250	—	—	0°19'	—	—	—	0°29'	—	—
1251...1600	—	—	0°19'	—	—	—	0°29'	—	—
1601...2000	—	—	0°19'	—	—	—	0°28'	—	—
2001...2500	—	—	0°19'	—	—	—	0°28'	—	—
Более 2500	—	—	0°19'	—	—	—	0°28'	—	—

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Формовочные уклоны могут исказить форму необрабатываемых поверхностей (рисунок 4.16), поэтому на чертеже литой заготовки целесообразно их показывать. Образование уступов не следует допускать.

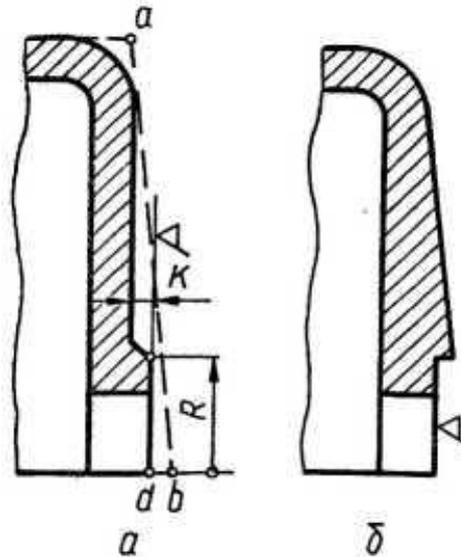


Рисунок 4.16 – Пример искажения конфигурации детали формовочным уклоном:
а – прочерчивание уклона при проектировании уклона модели; б – фактическая конфигурация литой детали после механической обработки

После формирования контура отливки в местах перехода от одного элемента к другому назначают радиусы закруглений, которые в значительной степени определяют качество литой заготовки. Слишком малые радиусы в сопряжениях стенок ведут к трещинам, завышенные – к появлению усадочных рыхлот.

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Радиусы закруглений в сопряжениях в зависимости от материала отливки, толщины сопрягаемых стенок и угла, образованного между ними, выбирают по графикам (рисунок 4.17). Соотношения сопрягаемых элементов, а также радиусы закруглений наружных углов следует брать по соответствующим таблицам в справочниках.

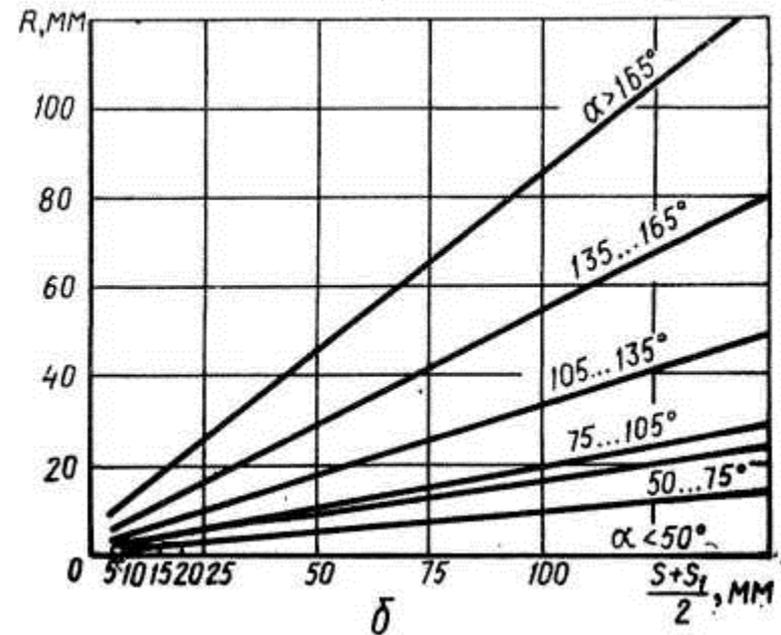
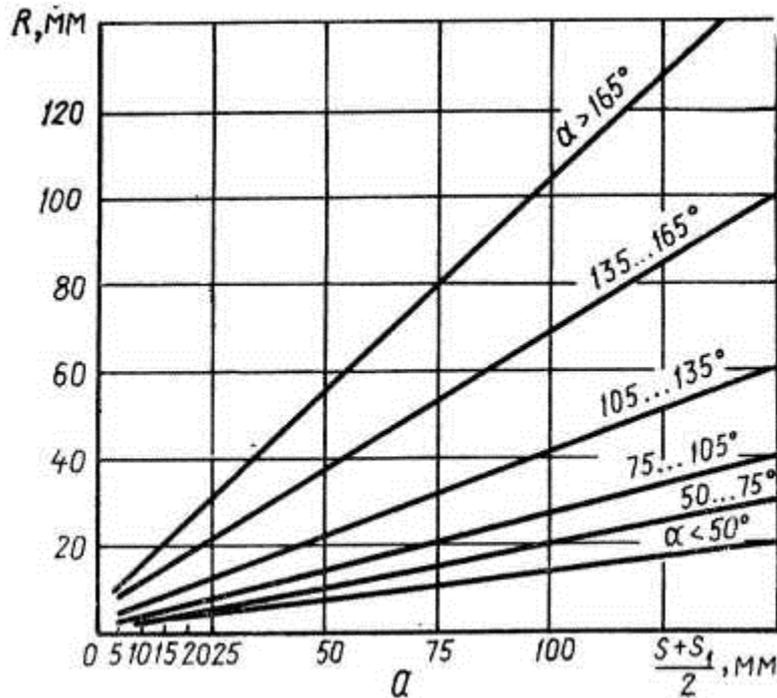


Рисунок 4.17 – Графики определения радиусов закруглений R по средней толщине стенки при сопряжении элементов отливок:

а – из стали и медных сплавов; б – из чугуна, алюминиевых и магниевых сплавов

4.6 ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПРАВИЛА ИХ НАЗНАЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИПУСКИ. НАПУСКИ. ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

При проектировании отливки необходимо учитывать ее положение в форме. Она должна располагаться так, чтобы обеспечить спокойное заполнение формы без разрушения струей металла отдельных участков формы или стержней. Конструкция формы должна обеспечивать направленную кристаллизацию отливки снизу вверх с тем, чтобы усадочные раковины, примеси, неметаллические включения выводились в части отливки, удаляемые при обрубке и очистке (выпоры, прибыли, припуски на механическую обработку). В связи с этим, чтобы уменьшить дефекты, массивные и ответственные элементы отливок следует располагать в нижней половине формы, в крайнем случае – вертикально. Поверхности, связанные между собой точными размерами, рекомендуется располагать в одной половинке формы (желательно в нижней), чтобы не возникло искажений из-за смещения полуформ при сборке.

Элементы отливок с малой и равномерной толщиной стенок следует располагать в верхней части формы для обеспечения хорошего подвода металла соответствующей конструкцией питателей. Тонкостенные элементы отливок желательно располагать вертикально или наклонно, чтобы в них не скапливались газовые пузыри. Детали типа тел вращения рекомендуется формовать с вертикальным расположением оси вращения, чтобы обеспечить верхний отвод газов из стержней. Отливку в форме следует располагать так, чтобы общая высота формы была минимальной, а полуформы имели примерно одинаковую высоту

4.7 ПРАВИЛО ВЫБОРА БАЗ. БАЗЫ ЧЕРНОВОЙ И ЧИСТОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

База – это поверхность (сочетание поверхностей), ось, точка, принадлежащие заготовке и используемые для базирования, т. е. придания ей требуемого положения относительно выбранной системы координат. Различают базы *черновой* и *чистовой* механической обработки.

Черновыми базами обычно служат необрабатываемые поверхности или их оси. От этих баз проставляются размеры до остальных необрабатываемых или базовых обрабатываемых поверхностей.

Желательно, чтобы оба вида баз совпадали, т. е. были в одной плоскости, являлись общей осью поверхности и т. п. Если это невозможно, делают специальные технологические приливы, поверхности которых принимают за базы. Если черновые и чистовые базы механической обработки различны, то они связываются между собой размерами, при этом расстояние между ними должно быть минимальным.

В деталях простой конфигурации базами могут быть различные опорные поверхности, плоскости разъема, для более сложных – оси цилиндрических поверхностей.

4.7 ПРАВИЛО ВЫБОРА БАЗ. БАЗЫ ЧЕРНОВОЙ И ЧИСТОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

При выборе баз черновой обработки необходимо учитывать следующие рекомендации.

1) Размеры черновой базы должны быть по возможности минимальны. В этом случае ее коробление и допускаемые отклонения на базовый размер будут также минимальны.

2) Точность сборки литейной формы не должна влиять на точность положения черновой базы.

3) Черновые базовые поверхности не должны пересекаться линией разъема полуформ (должны располагаться в одной полуформе), чтобы избежать их искажения при перекосах и смещениях полуформ.

4) По каждой из трех осей координат следует назначать только одну базу.

5) Предусмотреть, чтобы каждая база использовалась для выполнения максимального числа операций механической обработки. В этом случае обеспечивается наибольшая точность изготовления изделия.

На рисунке 4.18 показан пример выбора баз черновой обработки.

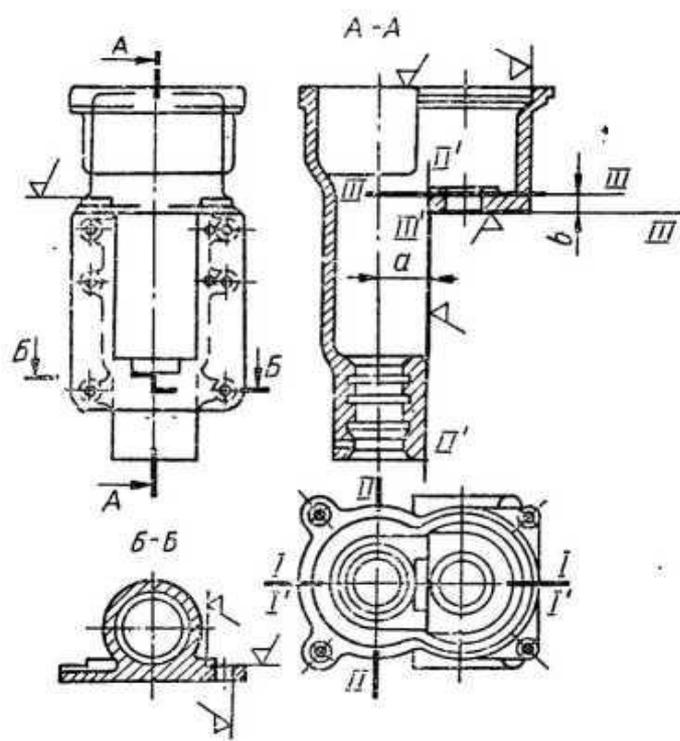


Рисунок 4.18 – Расположение черновых баз (I–I, II–II, III–III) и баз чистовой механической обработки (I'–I', II'–II', III'–III')

Черновой базой I–I служит ось симметрии двух смежных цилиндров, а базой II–II – ось поверхностей большего по длине цилиндра. Эти две базы позволяют получить более точные по размерам поверхности отливки. Третьей базой служит необрабатываемая литая поверхность III–III. Выбранные базы черновой обработки обеспечивают надежную установку и фиксацию заготовки при механической обработке. База механической обработки I'–I' совпадает с соответствующей чистой базой. Базы II'–II' и III'–III' не совпадают с черновыми базами и связаны с ними размерами a и b .

4.8 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ И ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Чертеж литой заготовки выполняется в соответствии с правилами ЕСКД. Чертеж отливки должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приемки отливки. Исходным документом является чертеж готовой детали. В единичном производстве чертеж отливки делают на копии чертежа детали, при этом элементы отливки выполняются красным цветом.

Вначале на чертеже детали указываются напуски. Затем на все обрабатываемые поверхности назначают припуски, определенные в соответствии с приведенными выше правилами.

После определения положения отливки в форме и линии разъема формы устанавливают литейные уклоны и назначают радиусы скруглений.

С учетом возможных формы, размеров и положения стержней определяются конфигурация и размеры внутренних поверхностей (отверстий).

В серийном и массовом производствах на литейную заготовку выполняют самостоятельный чертёж, на котором тонкими сплошными линиями (рисунок 4.19) указывают контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых литьем.

4.8 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ И ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

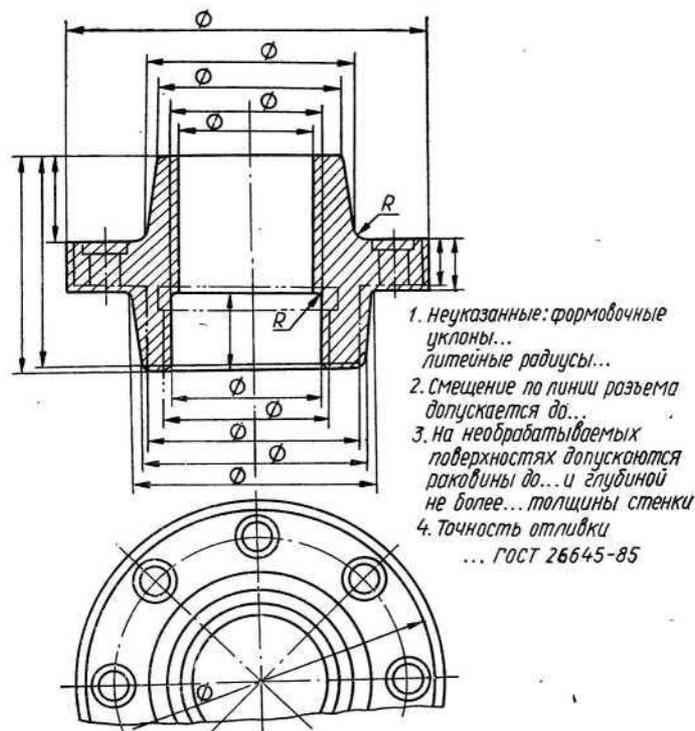


Рисунок 4.19 – Пример оформления чертежа отливки

Остатки питателей, выпоров, прибылей и других подобных элементов, если они не удаляются полностью в литейном цехе, также изображаются на чертеже отливки. При этом, если они обрезаны резцом, фрезой или пилой, линия отрезки изображается сплошной тонкой прямой линией; если огневой резкой или обламыванием – то волнистой.

4.8 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ И ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

При простановке размеров с комплектом черновых баз связывают соответствующие необрабатываемые поверхности; при этом следует избегать простановки размеров цепочкой. Если невозможно каждый из размеров связать с черновой базой, необходимо стремиться к тому, чтобы число дополнительных размеров было минимальным.

По каждой из трех осей координат необходимо связать черновую базу с соответствующей базой чистовой обработки только одним размером. В противном случае при простановке между обрабатываемой и необрабатываемой поверхностями по одному координатному направлению двух и более размеров их допуски суммируются. В качестве замыкающего размера обычно выбирается толщина фланца, прилива или другого неотчетственного элемента, которая будет колебаться в пределах суммы допусков на цепочку размеров.

Все обрабатываемые поверхности рекомендуется связать с базой чистовой механической обработки. Связывать с ней необрабатываемые поверхности нежелательно.

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

При оценке технологичности отливки с точки зрения ее формы и размеров следует стремиться к упрощению как наружных, так и внутренних поверхностей. Необходимо избегать излишне выступающих или западающих поверхностей, проверяя их наличие с помощью правила «теней».

Толщины стенок и конструктивные уклоны должны назначаться в зависимости от назначения стенок, механических и технологических свойств материала. Если литейные уклоны не показаны на чертеже, необходимо проверить, не искажают ли они конфигурацию отливки. Желательно, чтобы габаритные размеры отливки были минимальными, особенно по высоте, так как в противном случае затрудняется процесс изготовления формы.

Конструкция отливки должна позволять изготовление литейной формы с минимальным числом разъемов. Конфигурация и расположение стержней в форме должны обеспечивать свободный выход газов из стержней. Число стержней в форме должно быть минимальным (рисунок 4.20). Установка стержней в форме на жеребейках нежелательна, поскольку жеребейки не всегда хорошо свариваются с основным металлом.

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

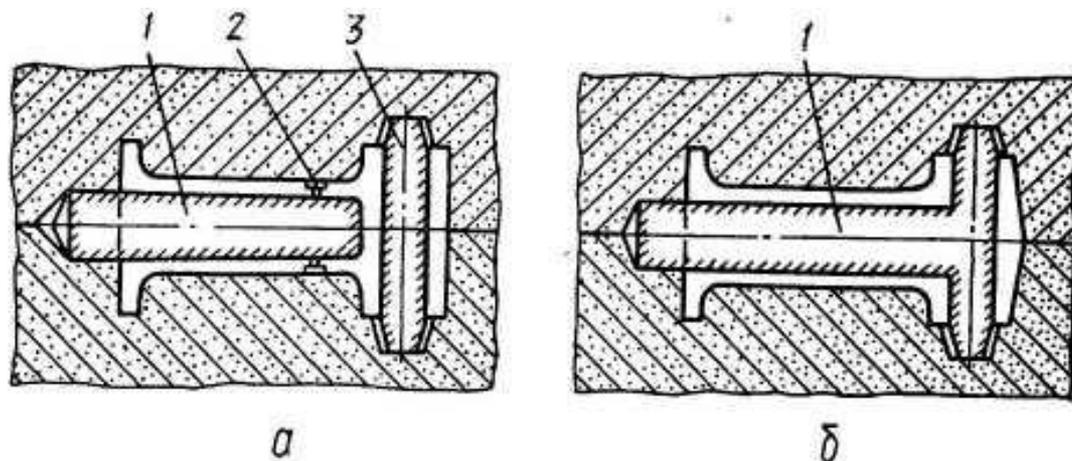


Рисунок 4.20 – Конструкция отливки кронштейна:

а – нетехнологично; *б* – технологично; 1, 3 – номера стержней; 2 – жеребейка

Установка стержней в форме на жеребейках нежелательна, поскольку жеребейки не всегда хорошо свариваются с основным металлом.

При организации направленной кристаллизации снизу вверх получают плотную отливку без усадочных раковин и пористости. Это достигается в основном за счет установки прибылей. Однако они приводят к усложнению формовки и увеличению расхода металла. Одновременно повышается опасность возникновения трещин.

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Усадочные раковины и рыхлоты образуются в отливке из-за некомпенсированной усадки в процессе кристаллизации. Она может возникнуть при неправильном распределении массы металла по сечению отливки. Для того чтобы избежать этого дефекта, производят проверку конструкции стенки методом «вписанных окружностей» (рисунок 4.21). Суть его заключается в том, что по мере приближения фронта кристаллизации к прибыли диаметр окружности, вписанной в сечение отливки, должен увеличиваться. Иными словами, любая вписанная окружность должна беспрепятственно «выкатываться» в направлении прибыли.

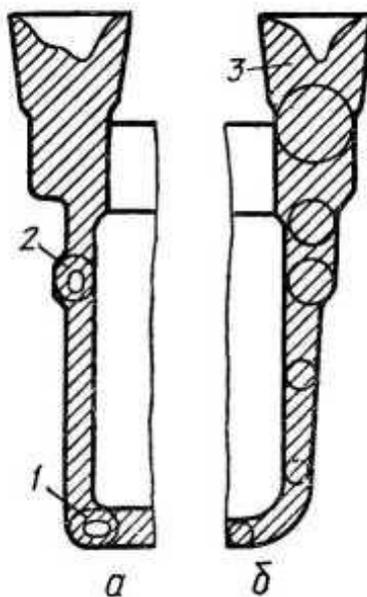


Рисунок 4.21 – Схема направленного затвердевания металла:
а – нетехнологично; б – технологично; 1,2 – усадочные рыхлоты; 3 – прибыль

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Иногда для обеспечения технологичности используют принцип одновременной кристаллизации, который заключается в том, что все стенки отливок – от нижней части до верхней – имеют одинаковую толщину и застывают практически одновременно. Этот принцип применяется в основном для мелких и средних отливок с тонкими стенками из сплавов с небольшой усадкой. Однако при этом не всегда обеспечивается высокая прочность и плотность отливки. Плавный переход от тонких сечений к толстым и правильное сопряжение стенок позволяет получить качественную отливку без литейных дефектов и коробления стенок.

При лобовом сопряжении стенок различной толщины отношение толщин стенок не должно превышать 4:1. Если отношение толщин сопрягаемых стенок $s/s_1 \leq 2$, то сопряжение выполняется с помощью радиусов закруглений (рисунок 4.22). В зависимости от типа сплава радиус закругления

$$R = (0,3...0,4)(s - s_1).$$

Такое сопряжение выполняется и при $s/s_1 > 2$, если деталь не испытывает ударных нагрузок. Если деталь подвержена ударам, переход выполняют в виде клина (рисунок 4.22). При этом длина переходного участка

$$l \geq 4(s - s_1),$$

для отливок из чугуна, магниевых и алюминиевых сплавов и

$$l \geq 5(s - s_1),$$

для отливок из стали и медных сплавов.

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

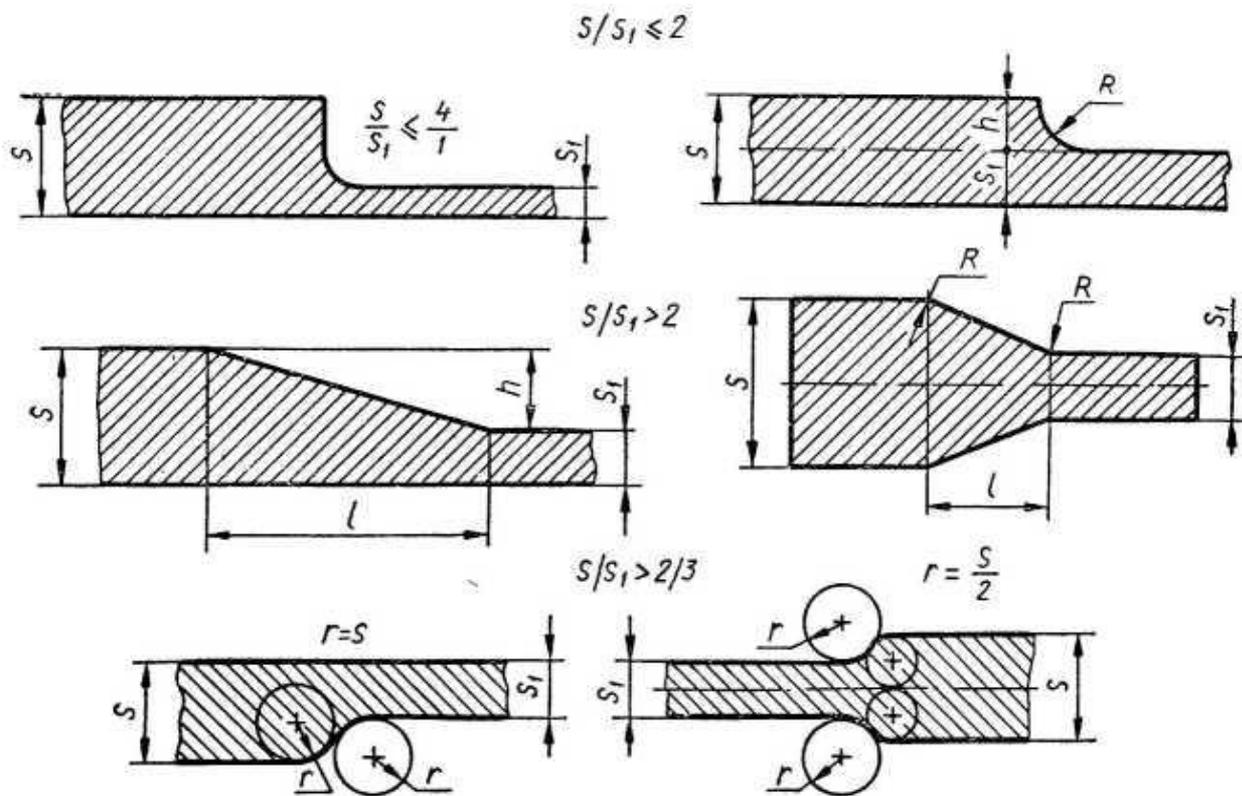
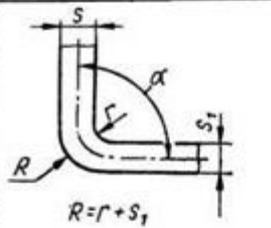
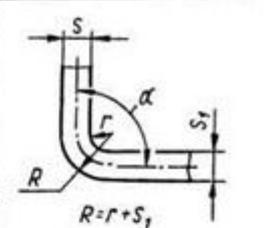
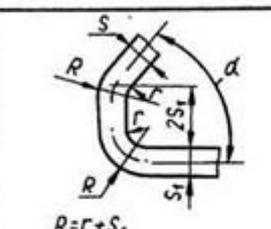
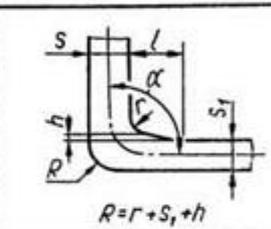
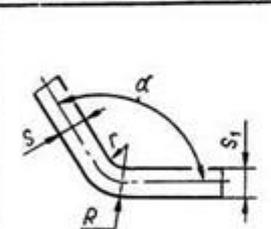
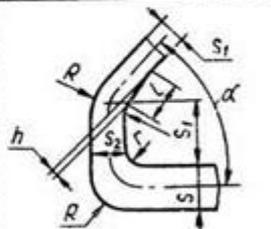


Рисунок 4.22 – Лобовое сопряжение стенок

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Таблица 4.18 – Формы L-образного (углового) сопряжения

Характер сопряжения	Эскиз и величина радиуса R	Характер сопряжения	Эскиз и величина радиуса R
$S = s_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	 $R = r + s_1$	$S = 1,25s_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	 $R = r + s_1$
$S = s_1$ $\alpha < 75^\circ$	 $R = r + s_1$	$S > 1,25s_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	 $R = r + s_1 + h$
$S = s_1$ $\alpha > 105^\circ$	 $R = r + s_1$	$S > 1,25s_1$ $\alpha < 75^\circ$	 $R = r + s_2 = r + s_1 + h$
s/s_1	h	l	
		Сталь и медные сплавы	Чугун, алюминий и магниевые сплавы

$< 1,25$
 $1,25 \dots 1,80$
 $1,8 \dots 2,5$
 $> 2,5$

0
 $s - s_1$
 $0,8(s - s_1)$
 $0,7(s - s_1)$

$\geq 5h$

$\geq 4h$

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Таблица 4.19 – Формы Т-образного (таврового) сопряжения

Характер сопряжения	Радиус R	Характер сопряжения	Радиус R
$S \approx 1,25S_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$		$S > 1,25S_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	
$S \approx 1,25S_1$ $\alpha < 75^\circ$		$S > 1,25S_1$ $\alpha < 75^\circ$	
s/s_1	h	l	
		Сталь и медные сплавы	Чугун, алюминиевые и магниевые сплавы

$< 1,25$
 $1,25 \dots 1,80$
 $1,8 \dots 2,5$
 $> 2,5$

0
 $0,5(s-s_1)$
 $0,4(s-s_1)$
 $0,35(s-s_1)$

$\geq 10h$

$\geq 8h$

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Необходимо отметить, что угловое сопряжение при правильном конструировании имеет наименьшую склонность к образованию усадочной раковины. Тавровое же сопряжение наиболее опасно в этом отношении, особенно при наличии острых углов, большой разнице толщин сопрягаемых стенок и больших радиусах закруглений, так как все эти факторы создают большие скопления металла и неблагоприятные условия охлаждения и кристаллизации.

К-образные и крестообразные сопряжения стенок создают в местах пересечений большое скопление металла (рисунок 4.23). Из-за замедления охлаждения в этих местах возникает опасность образования усадочных рыхлот. В этом случае скопление металла необходимо рассредоточить путем смещения стенок, местного утонения, уменьшения радиуса закругления и т. п.

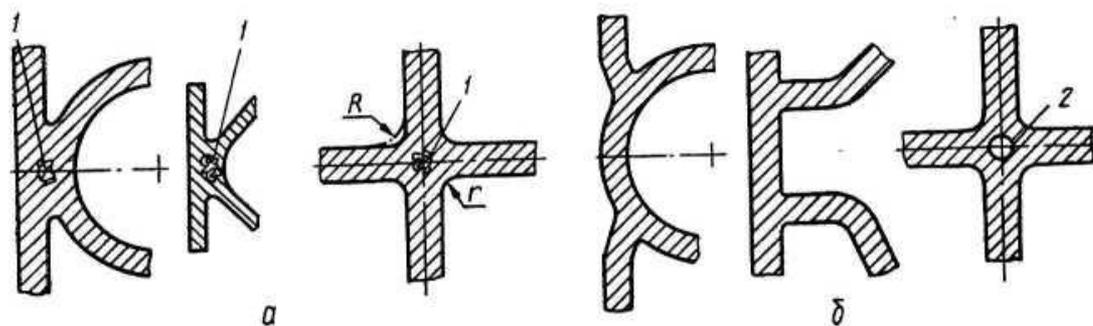


Рисунок 4.23 – К-образные и крестообразные сопряжения стенок:

а – нетехнологично; *б* – технологично; 1 – усадочная рыхлота; 2 – разгрузочное отверстие

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

В связи с тем что у литых конструкций необходимо обеспечить минимальную толщину стенок, для повышения прочности и жесткости отливок следует применять ребрение нагруженных стенок. Однако это ведет к увеличению концентрации напряжений, а в местах пересечения ребер со стенками – к скоплению излишнего металла. Поэтому для обеспечения технологичности конструкции отливки необходимо обеспечить свободную деформацию ребер при усадке, для чего ребра должны располагаться перпендикулярно к плоскости разъема формы.

Толщина наружных ребер жесткости не должна превышать 0,8, а внутренних – 0,6 толщины сопряженной стенки. Высота ребер не должна превышать пятикратной толщины стенки.

Для уменьшения скопления металла в местах пересечения ребер следует избегать их крестообразного пересечения. Более технологичным является шахматное и сотообразное расположение ребер (рисунок 4.24). Последнее обеспечивает наиболее равномерное распределение остаточных напряжений как в процессе остывания отливки, так и во время эксплуатации. Однако такая отливка несколько сложнее и дороже в изготовлении.

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

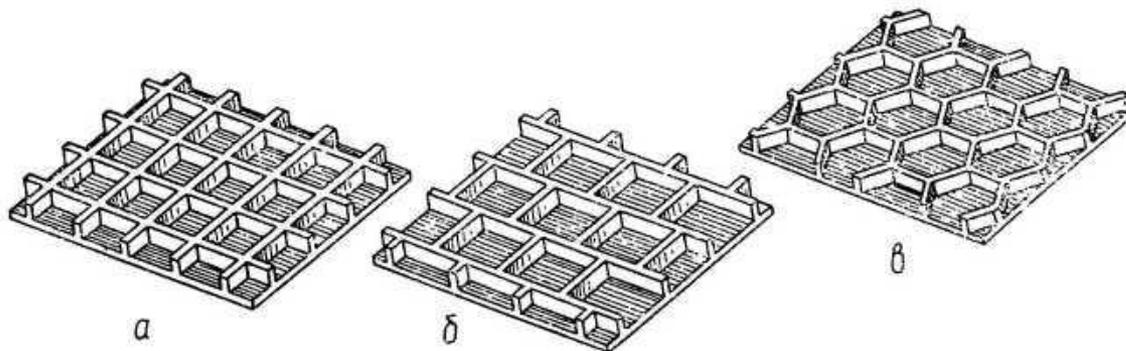


Рисунок 4.24 – Размещение ребер:
а – крестообразное; б – шахматное; в – сотовое

Во избежание усадочных рыхлот и раковин при пересечении ребер в одном узле необходимо рассредоточить металл за счет применения кольцевого ребра или цилиндрического углубления в центре пересечения (рисунок 4.25).

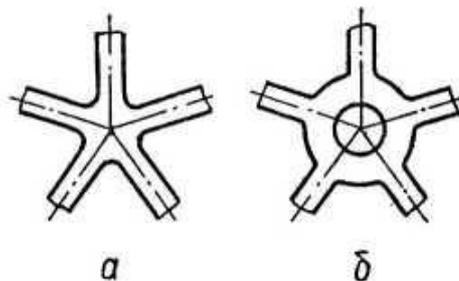


Рисунок 4.25 – Пересечение нескольких ребер в одном узле:
а – нетехнологично; б – технологично

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Если ребро жесткости соединяет две перпендикулярные стенки, то для уменьшения скопления металла в месте стыка рекомендуется предусмотреть в ребре литое отверстие, а самому ребру придать криволинейную форму (рисунок 4.26).

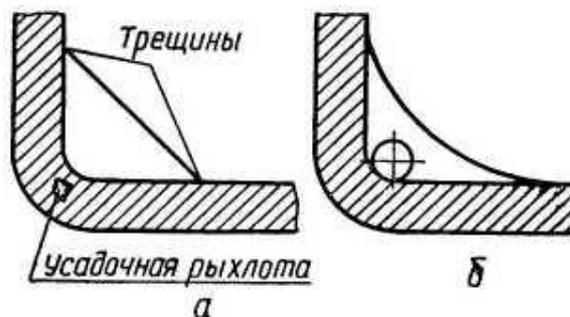


Рисунок 4.26 – Ребро жесткости на стыке двух стенок:
а – нетехнологично; б – технологично

Для уменьшения усадочных напряжений в стенках литых деталей, особенно в стенках большой протяженности, необходимо предусматривать окна (или отверстия 1) круглой или овальной формы (рисунок 4.27, а). Причем размеры окон должны быть максимально возможными. Во избежание горячих и холодных трещин края литых необрабатываемых отверстий упрочняются отбортовкой.

4.9 ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

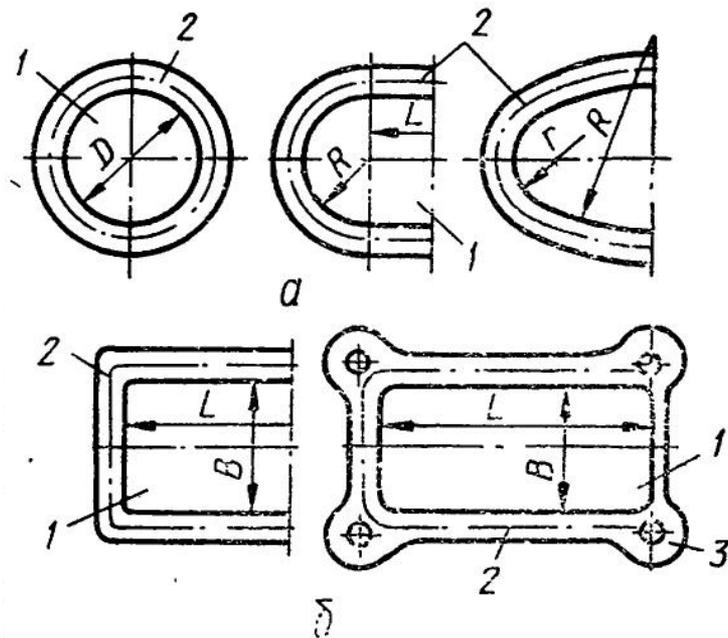


Рисунок 4.27 – Конструкция окон в стенках:

а – технологично; *б* – нетехнологично; 1 – окно; 2 – фланец; 3 – ушко

Одновременно не следует допускать излишнего скопления металла в местах перехода к фланцам 2, ушкам 3 возле отверстий (рисунок 4.27, б).

При проектировании расположения отверстий (окон) в стенках литых заготовок необходимо сразу же оценить возможность изготовления стержней в этом месте, надежного крепления их в форме и выхода газов из стержня.

4.10 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ТЕРМООБРАБОТКИ

Для повышения обрабатываемости резанием и стабилизации размеров литые заготовки подвергают термообработке. Характер термообработки зависит от вида литейного сплава, способа литья, размеров отливки и других факторов.

Термическая обработка чугуна применяется для изменения структуры металлической основы чугуна (матрицы), степени графитизации, снижения остаточных напряжений, стабилизации размеров. При этом форма графита в чугуне не изменяется.

Графитизирующий отжиг используют для разложения карбидов (устранения отбела) в отливках из всех видов чугуна и снижения твердости поверхностного слоя. Он производится при температуре 850...980°C. Продолжительность отжига зависит от размеров отливки, толщины стенок, химического состава чугуна и обычно принимается из расчета 1 ч на каждые 25 мм толщины стенки отливки.

Для снижения твердости по всему сечению отливки и получения ферритной структуры матрицы производят вторую стадию отжига при температуре 700...720°C. Переход с температуры 850...980°C до 720°C желательно проводить медленно. Это позволяет получить больше феррита и придает большую пластичность отливке. Окончательное охлаждение отливок в интервале температур 500...300°C стремятся производить быстро во избежание отпускной хрупкости.

4.10 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ТЕРМООБРАБОТКИ

Нормализация чугуна производится при температуре 850...950°С с целью получения отливок повышенной прочности и износостойкости, т. е. получения отливок со структурой перлита. Одновременно происходит измельчение перлита и частичное снятие остаточных напряжений. После полного прогрева отливки выдерживаются в печи еще 30...120 мин с целью выравнивания структур по всему объему. Охлаждение производится на воздухе. Используя нормализацию, можно повысить марку чугуна примерно на два класса.

Отпуск как самостоятельный вид термообработки применяют только для снятия остаточных напряжений отливок из серого чугуна. При этом их нагревают до температуры 500...550°С, выдерживают 2...8 ч и охлаждают вместе с печью.

Стальные отливки обычно имеют крупнозернистую неоднородную структуру и низкую пластичность. В зависимости от химического состава стальное литье отжигают при температуре 850...900°С с выдержкой в течение 2...4 ч и охлаждают с печью.

При **нормализации** отливки нагревают до той же температуры, выдерживают 4...5 ч, а затем охлаждают на воздухе. Это приводит к выравниванию и измельчению структуры.

4.10 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ТЕРМООБРАБОТКИ

Для средне– и высокоуглеродистых сталей нормализация дает более высокую твердость и меньшую пластичность, чем отжиг. Для низкоуглеродистых сталей нормализация как более дешевый вид термообработки может полностью заменить отжиг.

Термическая обработка отливок из цветных металлов применяется редко, в основном не для улучшения обрабатываемости резанием, а для улучшения механических свойств заготовки. Вид термической обработки указывается в технических условиях на отливку. Для снятия остаточных напряжений, возникающих в крупных отливках с неравномерным сечением стенок, применяют отпуск. Режим отпуска зависит от вида сплава, толщины стенок и конфигурации отливок.

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Допуски размеров отливок T_0 согласно ГОСТ 26645–85 зависят от класса точности и номинального размера. Класс точности определяет способ литья и тип металла или сплава отливки. Под номинальным размером в этом случае понимают измеряемый размер отливки, включающий припуск на механическую обработку. У наклонных, конических и фасонных поверхностей за номинальный размер принимают наибольший.

Для отдельных поверхностей несимметричных отливок предельные отклонения распределяются относительно их номинального размера как $\pm 0,5T_0$ (рисунок 4.28, а, б). Для отливок типа тел вращения или противоположащих поверхностей симметричных отливок предельные отклонения распределяются с обеих сторон как $\pm 0,25T_0$ (рисунок 4.28, в).

Качество поверхностного слоя зависит от состояния поверхности формы, условий заливки жидкого металла и его кристаллизации в форме, что определяется принятым способом изготовления отливки.

Достижимая точность отливок, полученных различными способами литья, представлена в таблице 4.20, а шероховатость поверхностей отливок – в таблице 4.21.

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

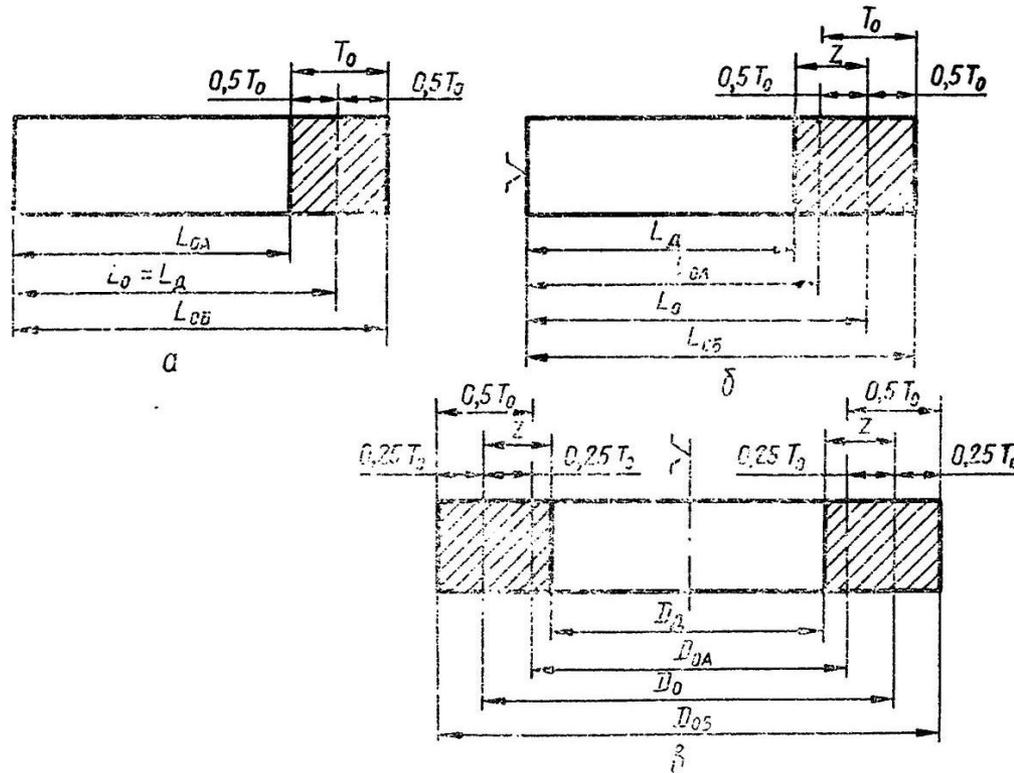


Рисунок 4.28 – Взаимосвязь между номинальными размерами детали и отливки: а – размер до необрабатываемой поверхности детали; б – размер до обрабатываемой поверхности при обработке каждой поверхности отливки от своей базы; в – размер до обрабатываемой поверхности при обработке противоположных поверхностей, симметричных (или тел вращения) отливок от общей базы; L_d , D_d – номинальные размеры детали; L_o , D_o – номинальные размеры отливки; L_{oa} , D_{oa} – наименьший размер отливки; $L_{об}$, $D_{об}$ – наибольший размер отливки; T_o – допуск отливки; Z – средний припуск на механическую обработку

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Таблица 4.20 – Точность отливок, получаемых различными способами литья

Способ литья	Тип производства	Квалитет точности по ГОСТ 25347–82									
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Классы точности размеров по ГОСТ 26645–85									
		1...3т	3...5т	5...7	7...9т	9...16					
В песчаные формы	Е									+	+
	С									+	+
	М									+	+
Кокильное: черные сплавы	С									+	+
	С									+	+
цветные сплавы	С									+	+
	С									+	+
По выплавляемым моделям	М, С				+	+				+	+
В оболочковые формы	С, М				+	+				+	+
Под давлением	М, С	+	+	+	+	+				+	+

Таблица 4.21 – Качество поверхности отливок, получаемых различными способами литья

Способ литья	Шероховатость поверхности R_z по ГОСТ 2789–73, мкм							
	320...160	160...80	80...40	40...20	20...10	10...5	5...2,5	2,5...1,25
В песчаные формы	+	+	+	+	+			
Кокильное:								
черные сплавы			+	+	+			
цветные сплавы				+	+	+		
По выплавляемым моделям			+	+	+	+		
В оболочковые формы			+	+	+	+		
Под давлением			+	+	+	+	+	+

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Основными видами литейных дефектов являются искажения формы и размеров, разрывы сплошности металла, различные раковины и поверхностные дефекты. Искажения формы и размеров проявляются в виде коробления, недоливов, перекосов.

Коробление возникает в отливке в результате значительных остаточных напряжений при охлаждении из-за неравномерности охлаждения, торможения усадки. **Недолив** возникает при неправильной конструкции литниковой системы, недостаточной жидкотекучести сплава или утечке металла в разъем формы. **Переко** может быть вызван неточной сборкой стержней или формы, плохим центрированием половинок стержневого ящика, случайным сдвигом полуформ, вызванным внешним воздействием.

Для предотвращения искажений формы отливок следует проработать более рациональную конструкцию отливки и технологию литья, увеличить податливость формы, повысить технологическую дисциплину и т. д.

Разрывы сплошности металла проявляются в виде горячих и холодных трещин, спаев.

Горячие и холодные трещины вызываются в основном недостатками конструкции отливки: наличием «термических узлов», завышенной температурой заливки, недостаточной податливостью формы и стержней, недостаточной пластичностью металла в интервале температур образования трещин.

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Спай – сквозная либо поверхностная с закругленными краями щель – получается из-за недостаточной скорости заливки формы, пониженной жидкотекучести, недостаточной эффективности вентиляции формы.

Для предупреждения возникновения горячих трещин в отливках необходимо создавать условия, способствующие формированию мелкозернистой структуры; обеспечивать одновременное охлаждение тонких и толстых частей отливок; увеличивать податливость литейных форм; по возможности снижать температуру заливки сплава. Для предупреждения образования в отливках холодных трещин необходимо обеспечивать равномерное охлаждение отливок во всех сечениях путем использования холодильников; применять сплавы для отливок с высокой пластичностью; проводить отжиг литейных отливок и т. п.

Усадочные раковины и рыхлоты возникают из-за нетехнологичности конструкции отливки, неправильной конструкции литниковой системы, недостаточной эффективности холодильников. Образование **газовых раковин** связано с повышенной газотворностью и низкой газопроницаемостью формы и стержней, пониженной температурой заливки, с механическим захватом газов в элементах литниковой системы во время заливки. **Шлаковые раковины** образуются при пониженной вязкости шлака, недостаточной эффективности литниковой системы, неправильной или небрежной заливке.

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Для уменьшения газовых раковин и пористости в отливках плавку следует вести под слоем флюса, в среде защитных газов с использованием хорошо просушенных шихтовых материалов. Кроме того, перед заливкой расплавленный металл необходимо подвергать дегазации вакуумированием, продувкой инертными газами и другими способами, а также увеличивать газопроницаемость литейных форм и стержней, снижать влажность формовочной смеси, подсушивать формы и т. д.

Пригар – поверхностный дефект возникающий из-за слишком высокой температуры заливки, излишней длительности заливки, слабого уплотнения или низкого качества формовочной смеси.

Обнаруженные дефекты могут быть исправимыми и неисправимыми. Обычно возможность и способ исправления дефектов оговариваются в технических условиях.

Так, коробление стальных отливок может быть исправлено правкой. Наружные дефекты заваривают дуговой или газовой сваркой. При недоливе крупных отливок иногда допускается исправление дефекта заливкой жидкого металла. Раковины и пористость устраняют пропиткой или заделывают различными замазками, шпатлевкой или клеями. Неисправимый брак требует пересмотра конструкции отливки или технологии ее получения.

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

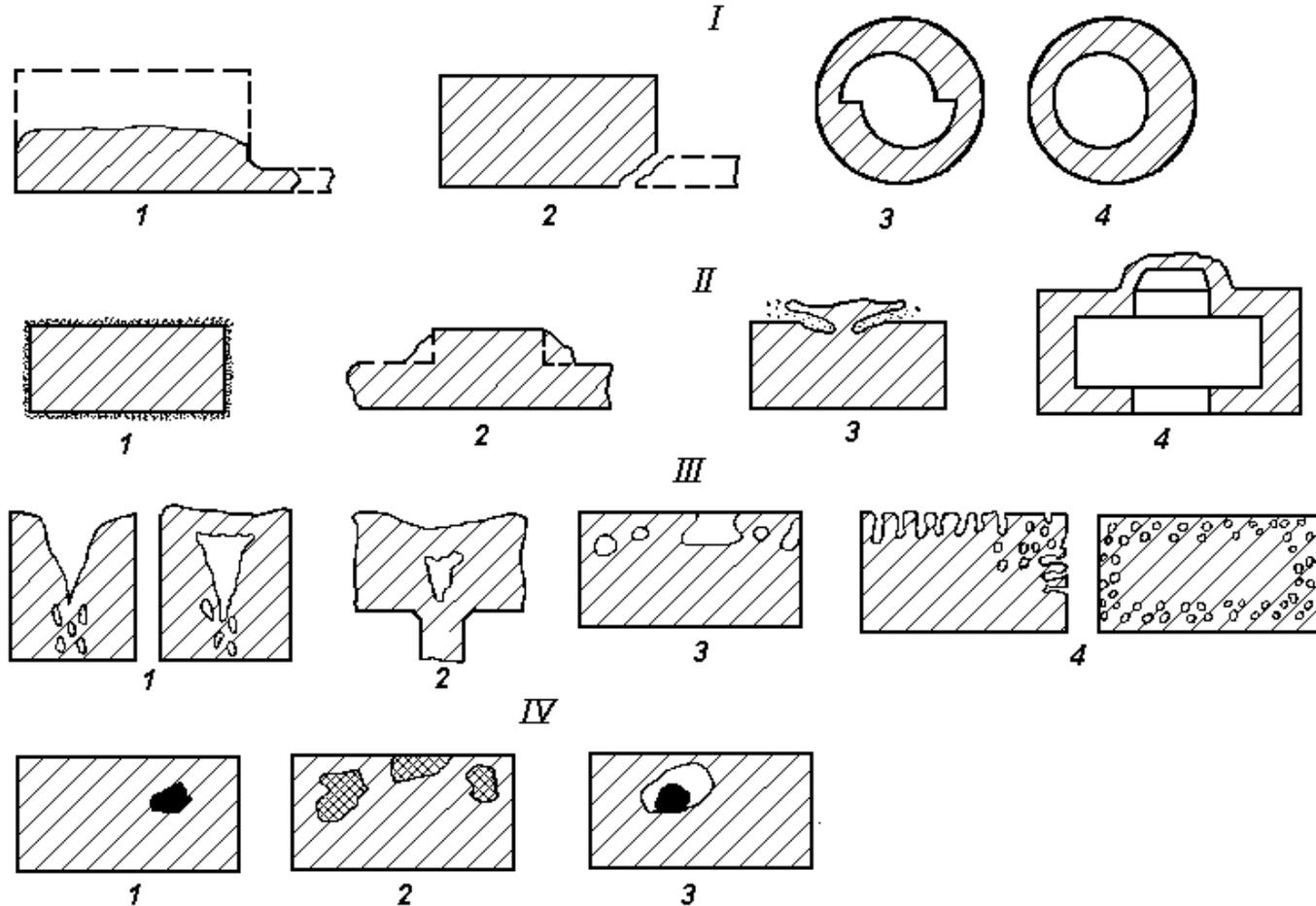


Рисунок 4.29 – Схема основных видов литейных дефектов: I группа – несоответствия по геометрии: 1 – недолив, 2 – вылом, 3 – перекосяк, 4 – разностенность; II группа – дефекты поверхности: 1 – пригар, 2 – нарост, 3 – ужимина, 4 – залив; III группа – несплошности в теле отливки: 1 – усадочные раковины, 2 – газовые раковины, 3 – пористость; IV группа⁷⁷ включения: 1 – металлические, 2 – неметаллические (песчаные раковины), 3 – королек

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Система контроля качества отливок включает в себя контроль исходных материалов, всех этапов технологического процесса и готовых отливок. Объем контроля на каждом этапе зависит от конкретных условий производства и от требований, предъявляемых к отливкам. В частности, при хорошей организации производства, стабильности качества исходных материалов контроль может проводиться выборочно или по графикам.

Контроль исходных материалов заключается в проверке химического состава шихтовых материалов, их загрязненности, а также в проверке качества формовочных материалов и основных свойств формовочных и стержневых смесей.

Контроль процесса изготовления форм и стержней, сборки литейной формы проводится на всех этапах технологического процесса. В зависимости от сложности и требуемой точности отливки на каждом этапе применяется свой объем и свои методы контроля. **Контроль хода плавки** литейного сплава заключается в определении химического состава сплава, степени раскисления, температуры заливки. **Контроль качества готовых отливок** может проводиться несколькими методами.

В зависимости от ответственности отливок и типа производства осуществляется **массовый или выборочный внешний осмотр отливок**. При этом определяют отклонения формы и размеров отливки, устанавливают внешние дефекты, видимые невооруженным глазом.

4.11 КАЧЕСТВО ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Методы проникающей радиации (рентгенография, рентгеноскопия, гамма–дефектоскопия) и ультразвуковой контроль позволяют контролировать отливки довольно большой толщины и дают хорошие результаты при определении внутренних трещин, пористости, раковин.

Поверхностные дефекты хорошо определяются **магнитными методами контроля, люминисцентной и цветной дефектоскопией**.

Механические характеристики материала отливки (твёрдость, прочность, пластичность, ударная вязкость) определяют по результатам испытаний отдельно изготовленных или прилитых к отливке образцов (проб). Иногда образцы вырезают из тела отливки.

При предъявлении к отливке требований герметичности проводятся **гидравлические испытания избыточным давлением жидкости**. Испытание проводится после предварительной механической обработки, с тем чтобы на ответственных участках отливки были сняты литейные корки, пленки, оксиды и т. п.

Контроль качества отливок производится: на рабочих местах – непосредственными исполнителями работ; на специализированных рабочих местах – работниками службы технического контроля; в лабораториях – соответствующими специалистами.

Контрольные вопросы

- 1 Краткая характеристика наиболее часто применяемых способов получения литых заготовок.
- 2 Характеристика отливок по сложности, массе и точности изготовления.
- 3 Применяемые литейные сплавы. Литейные и механические свойства сплавов.
- 4 Проектирование литой заготовки.
- 5 Разработка чертежа литой заготовки.
- 6 Припуски на механическую обработку и правила их назначения. Основные и дополнительные припуски. Напуски. Формовочные уклоны.

Контрольные вопросы

- 7 Правило выбора баз. Базы черновой и чистовой механической обработки.
- 8 Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и оформление чертежа литой заготовки.
- 9 Технологичность конструкции литых деталей и принципы конструирования технологичных литых заготовок.
- 10 Термическая обработка литых заготовок. Назначение и виды термообработки.
- 11 Качество литых заготовок. Дефекты отливок и способы их предупреждения и исправления.