



И Б Л И О Т Е К А  
О Н С Т Р У К Т О Р А



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ



Н.Ф.АНИСИМОВ  
Б.Н.БЛАГОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Б и б л и о т е к а  
К онст рукто ри а

---

[Н. Ф. АНИСИМОВ], инж.

Б. Н. БЛАГОВ, канд. техн. наук

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

*СПРАВОЧНИК*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
Москва 1967

Проектирование литьих деталей.  
Анисимов Н. Ф. Благов Б. Н.  
«Машиностроение», 1967 г.

В справочнике приведены основные сведения по конструированию литых деталей из чугуна, стали, цветных металлов и сплавов, рассмотрены вопросы конструирования деталей, получаемых литьем в песчаные, металлические и оболочковые формы, под давлением, по выплавляемым моделям, а также по проектированию литосварных изделий. Рекомендации даны с учетом технологичности, экономии металла, уменьшения затрат на механическую обработку. Кроме того, книга содержит сведения по литьевым сплавам и их заменителям.

Справочник входит в серию «Библиотека конструктора». Он предназначен для конструкторов-машиностроителей, а также для студентов, аспирантов и преподавателей вузов. Таблиц 139. Иллюстраций 283, Библиографий 83.

Рецензент д-р техн. наук В. А. Добрынин  
Редактор инж. Д. В. Баженов

---

## О Г Л А В Л Е Н И Е

*Стр.*

### *Глава I. Общие сведения*

5

Способы литья и их применение	
Классификация отливок по сложности	
Стоимость изготовления отливок	:
Классификация отливок по весу	14
Определение веса отливки	14
Точность размеров и чистота поверхности	17
Допуски на размеры отливок из черных металлов	17
Допуски на размеры отливок из жаропрочных и нержавеющих сплавов	19
Допуски на размеры отливок из цветных сплавов	21
Простановка размеров на чертежах	35
Технические требования к отливкам	37

### *Глава II. Выбор марки литейного сплава*

39

Чугун	39
Сталь	48
Медные сплавы	57
Алюминиевые литейные сплавы	61
Магниевые литейные сплавы	65
Сплавы-заменители	70
Механические характеристики и допускаемые напряжения	72

### *Глава III. Конструирование деталей, отываемых в песчаные формы*

77

Внешняя форма литой детали	77
Комстрктические уклоны	78
Использование принципа направленного затвердевания	80
Использование принципа одновременного затвердевания	82
Толщина стенок	83
Переходы и сопряжения стенок	91
Радиусы закруглений	101
Детали с ребрами жесткости	106
Бобышки, платики, приливы и пальцы	113
Уступы и пазы	124
Втулки и фланцы	126
Отверстия-окна	128
Отверстия под крепежные детали	138
Маховики, шкивы, зубчатые колеса, звездочки	147
Сопрягаемые детали	153
Предотвращение коробления и трещин	155
Внутренние полости детали	161
Предотвращение газовых раковин	164
Влияние положения при заливке	166
Установка прибылей	167
Упрощение модели и ликвидация стержней	169

---

Сокращение операций обрубки и очистки	178
Детали, обрабатываемые на станках	181
Экономия металла	193
Приспособления для транспортирования	199
<b>Глава IV. Конструирование деталей, отливаемых специальными способами</b>	<b>203</b>
Литье под давлением	203
Особенности конструирования деталей	203
Конструктивные элементы деталей	206
Конструирование деталей, подвергаемых гальваническим покрытиям	211
Литье в металлические формы (в кокили)	215
Особенности конструирования деталей	215
Конструктивные элементы деталей	216
Литье по выплавляемым моделям	221
Особенности конструирования деталей	224
Конструктивные элементы деталей	227
Литье в оболочковые (корковые) формы	232
Основные рекомендации по конструированию деталей	233
Разработка чертежа литой детали	236
<b>Глава V. Конструирование армированных отливок</b>	<b>240</b>
<b>Глава VI. Конструирование лито-сварных деталей</b>	<b>251</b>
Выбор материала	251
Методы конструирования	254
Примеры конструирования	259
<b>Литература</b>	<b>270</b>

## ГЛАВА I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

#### СПОСОБЫ ЛИТЬЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Основную массу литых деталей (95% по весу) изготавливают в разовых песчаных формах, что объясняется универсальностью способа, возможностью получения отливок разнообразного веса и габаритов, внедрением новых технологических процессов, широкой механизацией и автоматизацией изготовления форм и стержней.

Более качественные (по механическим свойствам, плотности, чистоте поверхности, точности размеров и пр.) литые детали получают специальными способами литья.

Структура отечественного литейного производства на 1965 г. приведена в табл. 1 [39].

**1. Структура отечественного литейного производства на 1965 г. в зависимости от способа изготовления и назначения отливок (в тыс. т)**

Способ литья	Назначение отливок								Всего	
	Машиностроение									
	Массовое и крупносерийное производство	Серийное и мелкосерийное производство	Индивидуальное производство	Металлургическое оборудование и оснастка	Строительное и санитарно-техническое оборудование	Изложницы	Прочие			
В песчаные формы	4100	4950	1000	900	1650	2900	2400	17 900		
Под давлением . . .	150	—	—	—	—	—	50	200		
В металлические формы . . .	250	50	—	100	50	—	50	500		
По выплавляемым моделям	100	—	—	—	—	—	—	100		
В оболочковые формы	200	50	—	100	1450	—	50	300		
Центробежный	350	50	—				50	2 000*		
<b>Итого</b>	<b>5150</b>	<b>5100</b>	<b>1000</b>	<b>1100</b>	<b>3150</b>	<b>2900</b>	<b>2600</b>	<b>21 000</b>		

\* В том числе труб 1400 тыс. т.

Характеристики и области применения различных способов литья даны в табл. 2.

Выбор наиболее рационального способа изготовления литой детали часто затруднителен, так как одинаковые по качеству отливки, отвечающие требованиям технических условий, можно получить различными способами литья.

## 2. Области применения и характеристика различных способов литья

Способ литья	Область применения	Краткая характеристика
В песчаные формы	Изготовление отливок из любых литьевых сплавов, требующих применения большого количества стержней; для индивидуального и мелкосерийного производства, литья крупных отливок. В массовом и крупносерийном производстве при высокой степени механизации	Можно получать сложные тонкостенные отливки, но пониженной точности. Большая трудоемкость и высокая себестоимость
Под давлением	Изготовление тонкостенных, сложных по конфигурации отливок преимущественно из цветных сплавов, реже из стали. Рентабелен в массовом производстве	Способ высокопроизводителен. Получение отливок высокой точности с чистой поверхностью. Малая стойкость прессформ при получении отливок из сплавов с высокой температурой плавления (сталь, медные сплавы и др.); высокая стоимость пресс-форм
В металлические формы	Изготовление отливок с повышенными механическими свойствами и высокой герметичностью из чугуна, стали и цветных сплавов. Изготовление толстостенных отливок, простых и средних по конфигурации, различного веса. Рентабелен в серийном и массовом производствех при той же степени механизации, что и литье в песчаные формы	Получение отливок более высокой точности (чем при литье в песчаные формы), с меньшими припусками на механическую обработку. Трудно получить тонкостенные отливки сложной конфигурации
По выплавляемым моделям	Изготовление мелких и средних сложных отливок преимущественно из стали и специальных сплавов. Экономически целесообразно отливать детали, ранее изготовленные из проката или поковок и подвергаемые механической обработке, а также детали, требующие сложной механической обработки, или детали, механическая обработка которых крайне затруднена Способ экономически целесообразен при выпуске отливок не менее 100 т/год (простых по конфигурации не менее 500 шт., сложных не менее 50 шт. в год)	Получение отливок высокой точности с очень чистой поверхностью. Большая трудоемкость и высокая себестоимость отливок
В оболочковые формы	Изготовление тонкостенных отливок из любых сплавов. Способ рентабелен в серийном и массовом производстве или производстве отливок весом до 25–30 кг, с последующим их использованием без механической обработки или с незначительной механической обработкой	Получение точных отливок Технологический процесс легко механизировать Высокая стоимость синтетических смол

В этом случае на первое место выдвигают технико-экономическую эффективность технологических процессов, которая в значительной степени зависит от серийности выпуска литых деталей, характера производства, степени его механизации и автоматизации, конструктивных особенностей литых деталей, их габаритных размеров, конфигурации, веса, материала, заданной точности размеров, чистоты поверхности и других факторов.

Выбранный технологический процесс должен обеспечивать высокую производительность труда, наиболее экономичное расходование материалов, проектирование и изготовление необходимой литейной оснастки с минимальными затратами при условии длительной эксплуатации, минимальную себестоимость готовых деталей. Следовательно, при выборе наиболее рационального способа получения литых деталей нужно учитывать влияние всех факторов на стоимость готовой детали.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ОТЛИВОК ПО СЛОЖНОСТИ

Отливки по степени сложности в соответствии с прейскурантом Госплана СССР № 25-01 [48] подразделяются на пять групп.

I группа — простые отливки. Отливки преимущественно плоскостные, малоответственного назначения. Наружные поверхности гладкие и прямолинейные с наличием невысоких усиливающих ребер, буртов, фланцев, отверстий, невысоких выступов и углублений, не связанных между собой и уст-

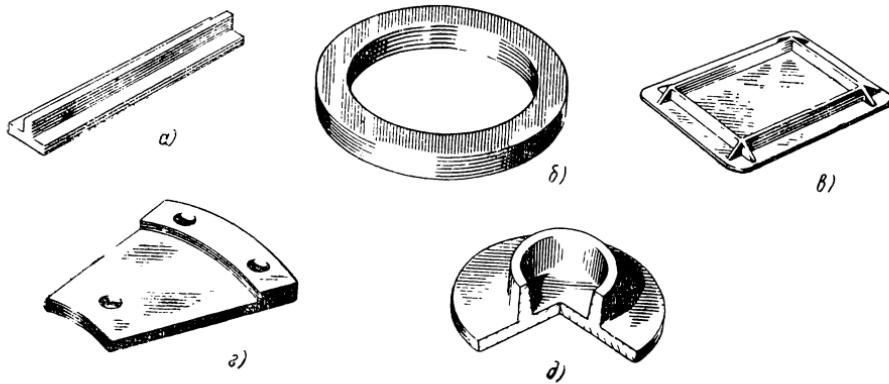


Рис. 1. Примеры простых отливок (I группа сложности):  
а — балка; б — бандаж; в — плита; г — сектор; д — крышка

новочной базой размерами и допусками. Внутренние полости отсутствуют. Поверхности механически не обрабатываются или обрабатываются (полностью или частично) только с одной стороны.

Типовые детали: крышки, рукоятки, вилки простой конфигурации, колодки, линейки, при克лоны, рычаги, диски, фланцы простой конфигурации, грузы, противовесы, бабы копровые и свайные, якоря адмиралтейские, роликоопоры вращающихся печей, стаканы, муфты, втулки, подушки, маховики без спиц, простые ограды, колеса для вагонеток, прижимные кольца, барабашки, гайки для шлангов, маховики для вентиляторов, пробки кранов (рис. 1).

II группа — несложные отливки. Отливки открытой коробчатой или цилиндрической формы. Наружные поверхности прямолинейные и криволинейные с наличием усиливающих ребер, буртов, муфт, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями (простейших геометрических фигур) без высту-

пов и углублений. Внутренние полости расположены в один ярус (по собранной форме) и со свободными широкими выходами наружу минимум в две противоположные стени.

Поверхности механически обрабатывают с одной-двух сторон или по диаметру и растачивают одно-три отверстия, связанные между собой жесткими размерами и допусками.

Типовые детали: проставки, плиты разметочные, кронштейны простой конфигурации, цилиндры, рамные уровни, колпаки, крышки с канавками по периметру, маховики со спицами, шкивы диаметром до 1 м, подшипники, футляры, корпуса патронов, револьверные головки, гильзы, фигурные фланцы, зубчатые колеса без литых зубьев диаметром до 1 м, железнодорожные колеса, сложные вилки, серьги простой конфигурации, барабаны для мельниц, буксы,

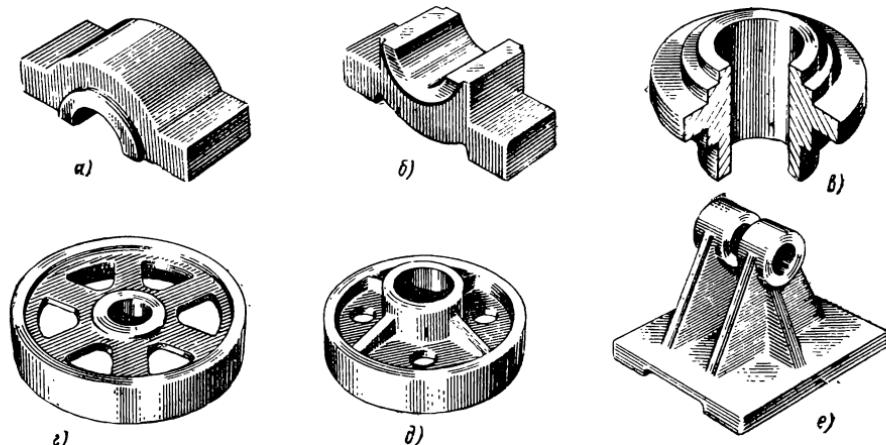


Рис. 2. Примеры несложных отливок (II группа сложности):  
а — крышка подшипника; б — корпус подшипника; в — ступица; г — зубчатое колесо; д — ролик; е — кронштейн

под пятники, корпуса редукторов весом до 500 кГ, колена специальные, фитинги, мульды завалочных и разливочных машин, маховые колеса, бандажи вращающихся барабанов, маслоты (рис. 2).

III группа — отливки средней сложности. Отливки открытой коробчатой или цилиндрической формы, ответственного назначения. Наружные поверхности криволинейные и прямолинейные с наличием нависающих частей, ребер, муфт, кронштейнов, бобышек, фланцев с отверстиями и углублениями, сравнительно сложной конфигурации. Внутренние полости средней сложности, с гладкой прямолинейной и одной-двумя криволинейными поверхностями, с незначительными выступами и углублениями на одной из гладких плоскостей, с небольшими по высоте ребрами, бобышками, кронштейнами, перемычками, расположенными в один и частично в два яруса со свободными широкими выходами полостей на поверхность отливки.

Поверхности механически обрабатывают с двух-трех прилегающих одна к другой сторон и растачивают до пяти отверстий, связанных между собой или с установочной базой жесткими размерами и допусками. Одна-две полости служат резервуарами для жидкости, работают без избыточного давления.

Типовые детали: шкивы диаметром выше 1 м, блоки, шпинделы, мостики, матрицы, цилиндры ребристые, зубчатые колеса с литым или нарезаемым зу-

бом диаметром до 3 м, чаши шлаковые, чаши шлаковозов, тигли для плавки легких сплавов, задние бабки, ножки, люнеты, планшайбы, суппорты металорежущих станков, кронштейны фигурные, колпаки, футляры, серьги фигурные, фитинги, патрубки, масленки, тройники с фланцами, корпуса редукторов весом свыше 500 кГ, черпаки драг, корпуса одно- и двухплунжерных топливных насосов (рис. 3).

IV группа — сложные отливки. Отливки закрытой и частично открытой коробчатой или цилиндрической формы, ответственного назначения. Наружные поверхности криволинейные и прямолинейные с незначительным количеством пересекающихся поверхностей, имеющих выступающие части и

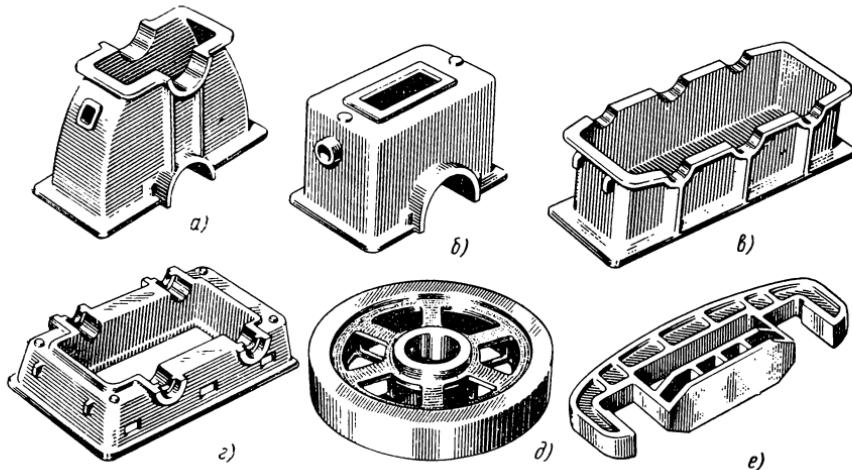


Рис. 3. Примеры отливок средней сложности (III группы сложности):

*a* — корпус; *b* — крышка редуктора; *c* — корпус редуктора; *d* — основание; *e* — зубчатое колесо; *f* — рама балансира

углубления сложной конфигурации. Внутренние полости сложной конфигурации с небольшим количеством (3—4) пересекающихся криволинейных и прямолинейных поверхностей, с большим количеством далеко отстоящих одно от другого выступающих и углубленных мест, ребер, перемычек, бобышек и кронштейнов, расположенных в один-два яруса, со свободным выходом на поверхность отливки минимум в одну сторону (по собранной форме).

Одна-четыре полости служат резервуарами для жидкости, работают без избыточного давления.

Поверхности механически обрабатывают с трех-пяти сторон и растачивают до семи отверстий, связанных между собой или с установочной базой жесткими размерами и допусками. Отдельные поверхности являются трущимися.

Типовые детали: станины металорежущих станков и ковочных машин; столы и основания металорежущих станков; силовые головки; вертикальные колонны; термоблоки; траверсы; барабаны со сложными необрабатываемыми канавками; корпуса: передней бабки, гидравлической головки, золотника; салазки; направляющие аппараты и лопасти гидротурбин; колонны сборных статоров гидротурбин; статоры гидротурбин; конусы и чаши засыпных аппаратов доменных печей; рамы разливочных тележек; вращающиеся платформы экскаваторов; станины прессов и молотов; каретки; фартуки; консоли; стойки; двухвенцевые зубчатые колеса; блоки одно- и двухцилиндровых дви-

гателей; корпуса насосов; корпуса топливных насосов с четырьмя и более плунжерами, основания; мостики; рамы; каркасы и окантовка люков; лонжероны, корпуса и крышки арматуры (рис. 4).

V группа — отливки особо сложные и уникальные. Отливки закрытой коробчатой и цилиндрической формы, весьма ответственного назначения; комбинированные, состоящие из двух-трех и более разветвлений. Наружные поверхности криволинейные, имеющие пересекающиеся под различными углами ребра, кронштейны и фланцы, с высокими выступающими чугунными местами. Внутренние полости сложной и особо сложной конфигурации с криволинейными поверхностями, имеющие пересекающиеся под раз-

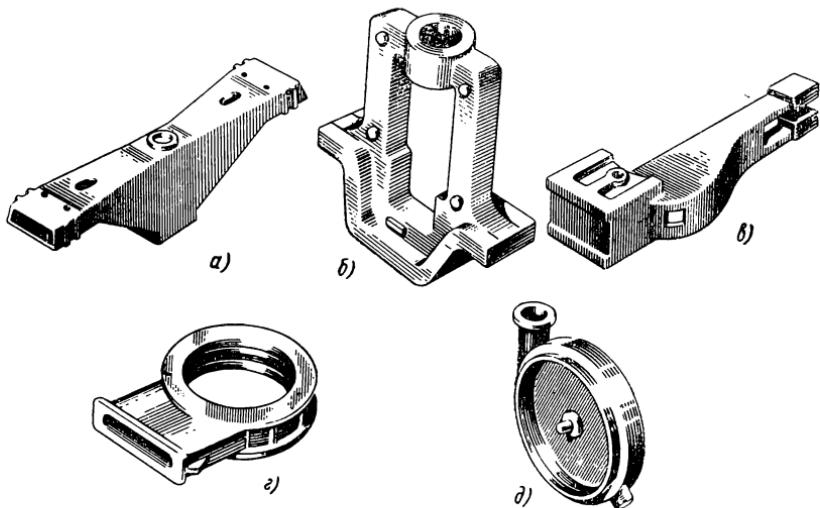


Рис. 4. Примеры сложных отливок (IV группа сложности):

*a* — шкворневая балка; *b* — станина прокатного стана; *c* — ползун; *d* — корпус шибера; *e* — улитка

личными углами сложные близко расположенные одна от другой выемки, выступы и заходы, с ленточными и кольцевыми каналами (двухтельные отливки), расположенные в два-три и более ярусов со свободным и с затрудненным выходом внутренних полостей на поверхность отливки. Поверхности механически обрабатываются со всех сторон. Большое количество растачиваемых отверстий, расположенных в разных направлениях, связанных между собой или с установочной базой жесткими размерами и допусками. Высокие требования к качеству рабочих поверхностей. Многие полости служат резервуарами для жидкостей, работающими без избыточного давления.

Типовые детали: станины и передние бабки крупных и специальных металорежущих станков, фасонные стальные цилиндры, блоки цилиндров и крышки цилиндров крупных дизелей; цилиндры и крышки цилиндров газовых и паровых турбин и турбокомпрессоров, литье коленчатые валы дизелей, детали воздуховодов, гидравлические коробки нефтебуровых установок, рабочие колеса гидротурбин и землесосов; постели, поперечины, основания, планшайбы и стойки уникальных станков; блоки автомобильных, тракторных и авиационных четырех- и более цилиндровых двигателей; сложные корпуса центробежных насосов, компрессоров, редукторов (рис. 5).

Государственным комитетом по машиностроению при Госплане СССР в 1965 г. разработана классификация литых деталей из серого чугуна, получаемых в разовых песчаных формах [14].

В основу классификации литых чугунных деталей положена технологическая сложность с учетом развеса и толщины стенок.

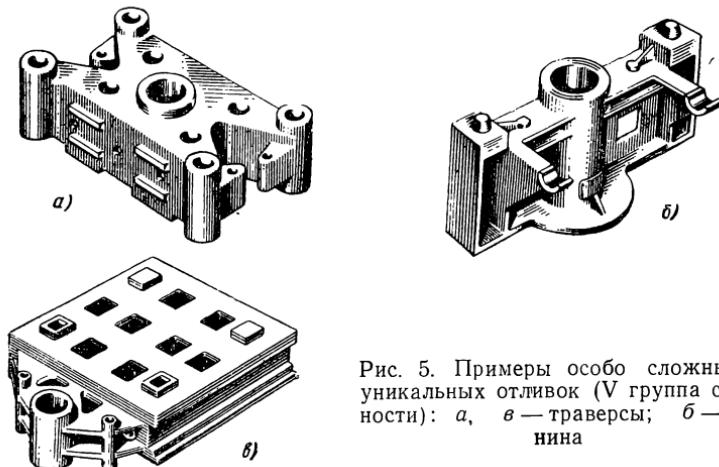


Рис. 5. Примеры особо сложных и уникальных отливок (V группа сложности): а, в — траперсы; б — станина

Для характеристики массивности отливок введен коэффициент габаритного объема

$$K_v = \frac{AB}{P} \cdot \delta m^3 / \kappa \Gamma,$$

где  $A, B$  — габаритные размеры отливки в  $\text{дм}$ ;  
 $P$  — черный вес отливки в  $\text{кГ}$

В соответствии с принятой классификацией все литые детали из серого чугуна делят на пять групп технологической сложности.

#### I группа сложности.

Массивные тонкостенные литые детали простой конфигурации, имеющие не менее двух необрабатываемых поверхностей и не более двух литых внутренних полостей простейшей геометрической формы;

$$K_v = 0,139 \div 0,240.$$

Типовые детали: грузы, противовесы, шаботы, поддоны, плиты, фланцы, муфты, кулачковые болванки, при克лоны, диски, подушки, а также массивные вилки, рычаги, кронштейны, крышки, шайбы, серьги, гайки, ступицы, упоры, образцы для испытания станков, резцодержавки и т. д.

#### II группа сложности.

1. Массивные толстостенные литые детали средней сложности, имеющие не менее одной литой внутренней полости средней сложности и не менее двух необрабатываемых поверхностей;

$$K_v = 0,241 \div 0,360.$$

Типовые детали: плиты, кронштейны, вилки, рычаги, серьги, маховики без спиц, ободья, стойки, планшайбы, цапфы, сегменты, скобы, подшипники, не-

сложные корпуса, револьверные головки, люнеты, основания, мостики, панели, бусксы, заглушки, опоры, блоки, ползуны и т. д.

2. Массивные толстостенные литые детали простейшей конфигурации, механически обрабатываемые со всех сторон или имеющие не более одной необрабатываемой поверхности;

$$K_v = 0,139 \div 0,350.$$

Типовые детали: планки, клинья, кольца, втулки, шкивы, стаканы, полумуфты, сухари, зубчатые колеса с нарезным зубом, проставки, корпуса патронов, суппорты, призмы, гильзы, диски, поршни, лабиринты, маслораспределители, направляющие рейки, ползунки, эксцентрики и т. д.

3. Простые литые детали со стенками средней толщины, имеющие не более двух литых внутренних полостей простейшей геометрической формы и не менее двух необрабатываемых поверхностей;

$$K_v = 0,241 \div 0,420,$$

Типовые детали: крышки, фланцы, поддоны, рукоятки, линейки, диски, кольца, маховики со ступицами, стойки и т. д.

4. Плоскостные детали со стенками средней толщины;

$$K_v = 0,139 \div 0,360.$$

Типовые детали-представители: крышки, фланцы, плиты, заглушки, прокладки и т. д.

### III группа сложности.

1. Массивные литые детали сложной конфигурации с резкими переходами сечений, сложными внутренними полостями и большим объемом механической обработки;

$$K_v = 0,351 \div 0,600.$$

Типовые детали: корпуса, столы продольно-строгальных и поперечно-строгальных станков, кронштейны, зубчатые колеса двух- и трехвенцевые, блоки, мостики, задние бабки, люнеты и крышки люнетов, колонны, салазки, кулаки и т. д.

2. Литые детали средней сложности со стенками средней толщины, имеющие не менее одной литой внутренней полости средней сложности

$$K_v = 0,421 \div 0,630.$$

Типовые детали: плиты, кронштейны, серьги, вилки, рычаги, стойки, простые корпуса, угольники, колеса, патрубки, корпуса и крышки подшипников, крышки, барабаны, ножки, траверсы, хоботы, корпуса и крышки редукторов, каретки, секторы, поперечины, обоймы, хомуты, стержни, лимбы и т. д.

3. Тонкостенные литые детали простой конфигурации, имеющие не более двух литых внутренних полостей простейшей геометрической формы и небольшой объем механической обработки;

$$K_v = 0,421 \div 0,700.$$

Типовые детали: крышки, фланцы, патрубки, угольники, плиты сушильные, кольца, защелки, прижимы, зажимы, приемники, кожухи, бачки и т. д.

4. Плоскостные тонкостенные детали;

$$K_v = 0,139 \div 0,420.$$

Типовые детали: плоские крышки, плиты, прокладки и т. д.

## IV группа сложности.

1. Сложные литые детали со стенками средней толщины, имеющие не менее двух внутренних полостей сложной конфигурации;

$$K_v = 0,631 \div 1,200.$$

Типовые детали: станины, каретки, передние бабки, основания, рамы, консоли, ползуны, кронштейны, хоботы, корпуса, коробки подач, силовые головки, салазки, тумбы, траверсы, столы, поперечины и т. д.

2. Особо тонкостенные литые детали средней сложности, имеющие не менее двух литых внутренних полостей несложной конфигурации;

$$K_v = 0,701 \div 1,300.$$

Типовые детали: крышки, сушители для стержней, кронштейны, щитки, педали, кожухи, балки и т. д.

## V группа сложности.

1. Особо сложные и уникальные литые детали, тонкостенные с большим количеством сложных внутренних полостей и неудобным выводом знаков стержней, с особыми требованиями к точности размеров и плотности металла;

$$K_v > 1,200.$$

Типовые детали: фартуки и бабки крупных станков, сложные станины, стойки, основания, сложные корпуса и т. д.

2. Особо тонкостенные сложные литые детали, имеющие не менее двух внутренних полостей сложной конфигурации;

$$K_v > 1,300.$$

Типовые детали: корпуса, сложные кожухи, фартуки и т. д.

## СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК

Стоимость отливок в зависимости от их сложности, марки металла и других факторов приведена в прейскуранте Госплана СССР № 25-01 издания 1960 г. Указанные в этом прейскуранте оптовые цены распространяются на отливки, изготавляемые всеми государственными предприятиями министерств (ведомств) СССР, союзно-республиканских и республиканских министерств (ведомств), поставляемые в черном виде.

Оптовые цены прейскуранта не распространяются на отливки, изготавляемые методами точного литья: по выплавляемым моделям, в оболочковых формах и методом последовательно направленной кристаллизации.

Средняя себестоимость 1 т литья в зависимости от вида литья приведена в табл. 3.

## 3. Средняя себестоимость 1 т литья в руб. [38]

Виды литья	Область применения	Вес в кг	Габаритные размеры в мм	Толщина стенок в мм	Выход годного в %	Коэффициент использования заготовок	Себестоимость 1 т литья в руб.
В песчаные формы	Отливки из любых литьевых сплавов	10—10000	Различные	≥ 3	30—50	0,71	Чугун серый 120; ковкий 150; стальное литье 125—250

Продолжение табл. 3

Виды литья	Область применения	Вес в кг	Габаритные размеры в мм	Толщина стенок в мм	Выход годного в %	Коэффициент использования заготовок	Себестоимость 1 т литья в руб.
Под давлением	Отливки из цветных сплавов и стали	0,001—13 (алюминий 34; цинк 90; сталь 0,05—0,2)	<1200	0,6—6	60	0,95	Алюминиевые сплавы 760—800; цинк и латунь 600—1500
В металлические формы (кошки)	Отливки из чугуна, стали и цветных сплавов	0,1—5000	Различные	≥3	40—50	0,74	Серый чугун 90—150; сталь 150—200; алюминиевые сплавы 600—750
По выплавляемым моделям	Мелкие сложные отливки из стали и специальных сплавов	0,01—135	0,5—1250	≥0,7	60	0,91	Углеродистые стали 600—1000
В оболочковые песчано-смоляные формы	Тонкостенные отливки из любых сплавов	0,1—80,0	450×450×150	2—4	50—60	0,90	Стальное углеродистое литье 120—1200

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОТЛИВОК ПО ВЕСУ

В зависимости от веса отливки подразделяют на группы (табл. 4).

## 4. Весовые группы отливок

Группа	Вес отливок в кг		
	из чеш. чугу	из цветных сплавов	
		тяжелых: бронза, латунь, цинковые	легких: алюминиевые, магниевые
1	До 1,5	До 0,25	До 0,2
2	1,5—6	0,25—1,0	0,2—0,4
3	6—8	1—4	0,4—0,8
4	8—20	4—10	0,8—1,6
5	20—50	10—20	1,6—3,2
6	50—100	20—50	3,2—6,3
7	100—250	50—200	6,3—12,5
8	250—500	200—500	12,5—25
9	500—1000	Св. 500	Св. 25
10	1000—2000	—	—
11	2000—5000	—	—
12	5000—10000	—	—
13	10 000—20 000	—	—
14	Св. 20 000	—	—

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ОТЛИВКИ

Для определения веса отливки необходимо по чертежу определить ее объем и умножить его на удельный вес металла или сплава. Удельные веса некоторых металлов и сплавов приведены в табл. 5 и 6 [63].

## 5. Удельные веса некоторых металлов и сплавов

Материал	Марка	Удельный вес в $\text{г/см}^3$	Материал	Марка	Удельный вес в $\text{г/см}^3$
Алюминий литой	—	2,56	Бронзы безоловянные	Бр.А5 Бр.А7 Бр.АМц 9-2Л Бр.АЖ 9-4Л Бр.АЖМц 10-3-1,5 Бр.АЖН 10-4-4Л Бр.АЖН 11-6-6 С-30	8,4 7,8 7,6 7,5 7,5 7,5 8,1 9,4
Алюминиевые сплавы	АЛ1 АЛ2 АЛ3 АЛ3 АЛ4 АЛ4В АЛ5 АЛ6 АЛ7 АЛ7В АЛ8 АЛ9 АЛ9В АЛ11 АЛ13 АЛ14В АЛ19 АЛ21 АЛ22	2,75 2,65 2,70 2,70 2,65 2,65 2,68 2,70 2,80 2,80 2,55 2,66 2,66 2,94 2,63 2,60 2,78 2,83 2,50	Бронзы оловянные	Бр.ОЦСН 3-7-5-1 Бр.ОЦС 3-12-5 Бр.ОЦС 5-5-5 Бр.ОЦС 6-6-3 Бр.ОЦС 4-4-17 Бр.ОЦС 3,5-6-5	8,7 8,69 8,8 8,82 8,9 8,8
Магний литой	—	1,74	Латуни	ЛА 67-2.5 ЛАЖМц 66-6-3-2 ЛАЖ 60-1-1Л ЛК 80-3Л ЛКС 80-3-3 ЛМцС 58-2-2 ЛМцОС 58-2-2-2 ЛМцЖ 55-3-1 ЛМцЖ 52-4-1 ЛС 59-1Л	8,5 8,5 8,5 8,3 8,6 8,5 8,5 8,3 8,5
Магниевые сплавы	Мл1 Мл2 Мл3 Мл4 Мл5 Мл6 Мл7-1 Мл9 Мл10 Мл11 Мл12 Мл14 ВМл1 ВМл3	1,75 1,77 1,78 1,84 1,81 1,82 1,76 1,80 1,77 1,80 1,80 1,84 1,79 1,83	Сплавы окалиностойкие	X6C X9C2Л Х14 Х18 Х21С Х25Н5 Х25Н10 Х21Н11В2Л Х25Н20С2 Х26Н30	7,7 7,7 7,65 7,6 7,5 7,7 7,7 7,95 7,8 8,0
Олово литое	—	7,29	Сплавы твердые, износостойкие	Г13Л Стеллит В2К Стеллит В3К Сормайт № 1 Сормайт № 2	7,9 8,5 8,5 7,4 7,6
Свинец литой	—	11,3	Цинко-алюминиевые сплавы	ЦАМ 4-3 ЦАМ 4-0,5 ЦАМ 4-1 ЦАМ 4-2,7 ЦАМ 10-0,5 ЦАМ 10-2 ЦАМ 10-5	6,25 6,70 6,68 7,0 6,2 6,21 6,30
Сталь углеродистая	От 15Л до 55Л	7,82—7,85			
Стали конструкционные легированные	40Г2Л 16ХГТЛ 35ХГСЛ 27ХГСНЛ 27ХГСН3ВЛ	7,8 7,8 7,8 7,78 7,87			

Продолжение табл. 5

Материал	Марка	Удельный вес в $\text{г}/\text{см}^3$	Материал	Марка	Удельный вес в $\text{г}/\text{см}^3$
Сплавы кислотостойкие	X18H9ТЛ Х25 Х28Л Х34Л Х18Н11Б Х18Н12М3Т	8,0 7,7 7,3—7,4 7,3—7,4 7,98 7,92	Чугун серый Чугун серый, модифицированный Чугун серый, высокопрочный (с глобуллярной формой графита); перлитный, ферритный Чугун высоколегированный Чугун белый Чугун ковкий Чугун антифрикционный	— — — — — — —	7,0—7,4 7,2 7,1—7,5 6,9—7,2 5,5—7,5 7,4—7,7 7,2—7,45 7,4—7,6
			Чугун жаростойкий	ЖЧС5,5 ЖЧСШ 5,5-0,1 ЖЧНДХ 15-7-2	6,9—7,0 7,0—7,1 7,2—7,4

П р и м е ч а н и я: 1. Удельный вес литьих металлов и сплавов не является строго постоянной величиной, а зависит от ряда технологических факторов.

2. Удельный вес чугуна повышается с уменьшением количества графита, содержания кремния, алюминия и прироста в чугуне. С увеличением температуры удельный вес чугуна уменьшается в соответствии с коэффициентом теплового расширения.

3. Углерод, марганец, хром, алюминий уменьшают удельный вес стали; никель, кобальт, медь, вольфрам — увеличивают. Удельный вес стали любой марки при комнатной температуре можно определить по формуле

$$\gamma = 7,88 + \Delta \gamma x \text{ Г}/\text{см}^3,$$

где  $x$  — содержание примесей в % (по весу);  
 $\Delta \gamma$  — изменение удельного веса на 1% примеси (табл. 6).

## 6. Изменение удельного веса стали при увеличении примеси на 1%

Обозначение элемента	Изменение удельного веса $\Delta \gamma$ в $\text{Г}/\text{см}^3$	Применимо при содержании данного элемента в % не более	Обозначение элемента	Изменение удельного веса $\Delta \gamma$ в $\text{Г}/\text{см}^3$	Применимо при содержании данного элемента в % не более
C	-0,040	1,50	Ti	-	
Si	-0,073	4,00	Ni	+0,004	5,00
Mn	-0,016	1,50	Cr	+0,001	1,20
P	-0,117	1,10	Co	-	
S	-0,164	0,20	W	+0,095	1,50
Al	-0,120	2,00	V	-	
Cu	+0,011	1,00	Mo	-	

Пример. Определить удельный вес углеродистой стали состава: 0,80% C; 0,12% Mn; 0,05% Si; 0,01% P; 0,03% S.

$$\gamma = 7,880 - 0,04 \cdot 0,8 - 0,016 \cdot 0,12 - 0,073 \cdot 0,05 - 0,117 \cdot 0,01 - 0,164 \cdot 0,03 = 7,836 \text{ Г}/\text{см}^3.$$

## ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ЧИСТОТА ПОВЕРХНОСТИ

Точность размеров, достигаемая при современных методах изготовления отливок, оцененная классами точности по стандартам на механически обработанные детали, приведена в табл. 7.

### 7. Точность отливок в зависимости от способа изготовления

Способ изготовления отливок	Классы точности по ОСТам 1013, 1014, 1015, 1010						
	3	4	5	7	8	9	10
Литье под давлением							
Литье по выплавляемым моделям							
Литье в оболочковые формы							
Литье в металлические формы:							
черное							
цветное							
Литье в песчаные формы:							
массовое							
серийное							
индивидуальное							

Чистота поверхности отливок, достигаемая при современных методах изготовления, указана в табл. 8.

### 8. Чистота поверхности отливки в зависимости от способа изготовления

Способы изготовления отливок	Классы чистоты поверхности по ГОСТу 2789-59							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Литье под давлением								
Литье по выплавляемым моделям								
Литье в оболочковые формы								
Литье в металлические формы:								
черное								
цветное								
Литье в песчаные формы								

## Допуски на размеры отливок из черных металлов

В связи с тем, что допускаемые отклонения на размеры отливок из серого и модифицированного чугуна (по ГОСТу 1855—55) и из стали (по ГОСТу 2009—55) по указанным стандартам одинаковые, поэтому они приведены в одной табл. 9.

Стандартом установлено три класса точности изготовления этих отливок: I, II, III классы.

Допускаемые отклонения по толщине необрабатываемых стенок и ребер из серого и модифицированного чугуна (по ГОСТу 1855—55) и из стали (по ГОСТу 2009—55) даны в табл. 10.

9. Допускаемые отклонения на размеры отливок из серого, модифицированного чугуна и стали, как изменяемых, так и неизменяемых механической обработкой  
Размеры в мм

Класс точности	Наибольший габаритный размер отливки	Номинальный размер											
		До 50	Св. 50	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 10000	
I	До 120	0,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Св. 120 до 260	0,3	0,4	0,6	1,0	—	—	—	—	—	—	—	
	» 260 » 500	0,4	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	—	—	—	—	—	
	» 500 » 1250	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	—	
	» 1250 » 3150	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	—	
	» 3150 » 5000	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	—	—	
II	До 260	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	—	—	—	—	—	—	
	Св. 260 до 500	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	—	—	—	—	
	» 500 » 1250	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	
	» 1250 » 3150	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	12	
	» 3150 » 6300	1,5	1,8	2,2	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12	—	
III	До 500	1,0	1,5	2,0	2,5	—	—	—	—	—	—	—	
	Св. 500 до 1250	1,2	1,8	2,2	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12	—	
	» 1250 » 3150	1,5	2,0	2,5	3,5	5,0	6,0	7,0	9,0	10	12	15	
	» 3150 » 6300	1,8	2,2	3,0	4,0	5,5	6,5	8,0	10	11	14	17	
	» 6300 » 10000	2,0	2,5	3,5	4,5	6,0	7,5	9,0	11	12	14	20	

Приложения: 1. Все величины допускаемых отклонений могут быть положительными (+) и отрицательными (—).  
 2. Номинальным размером называют наибольшее расстояние между противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от базовой поверхности или оси (указанной в чертеже отливки или детали) до обрабатываемой поверхности.  
 3. Класс точности указывают на чертеже отливки (или чертеже детали с литьевой технологической разработкой) в зависимости от предъявляемых требований к детали.  
 4. Допускаются различные классы точности для разных размеров одной и той же отливки. Отклонения н. размеры впервые осваиваемых и уникальных отливок допускается устанавливать соглашением.

**10. Допускаемые отклонения в мм по толщине необрабатываемых стенок и ребер из серого, модифицированного чугуна и стали**

Наибольший габаритный размер отливки	Толщина необрабатываемой стенки или ребра	Класс точности					
		I		II		III	
		Допускаемые отклонения отливок					
		Чугун	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь
До 500	До 6	0,2	0,3	0,4	0,8	0,8	1,0
	Св. 6 до 10	0,3	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0
	» 10 » 18	0,5	0,8	0,8	1,0	1,5	1,5
	» 18 » 30	0,8	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5
	» 30 » 50	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,0
	» 50 » 80	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,5
	» 80 » 120	1,0	1,5	1,8	2,5	2,5	3,0
Св. 500 до 1250	До 10	0,3	0,8	0,8	1,0	1,2	1,5
	Св. 10 до 18	0,5	1,0	1,2	1,5	1,5	2,0
	» 18 » 30	0,8	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0
	» 30 » 50	1,0	1,2	1,8	2,0	2,0	2,5
	» 50 » 80	1,2	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0
	» 80 » 120	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5
Св. 1250 до 2500	До 10	0,5	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5
	Св. 10 до 18	0,8	1,0	1,5	2,0	2,0	2,0
	» 18 » 30	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
	» 30 » 50	1,2	1,5	2,5	2,5	3,0	3,0
	» 50 » 80	1,8	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5
	» 80 » 120	2,0	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0
Св. 2500 до 4000	До 18	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
	Св. 18 до 30	1,2	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0
	» 30 » 50	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5
	» 50 » 80	2,0	2,0	3,0	3,5	3,5	4,0
	» 80 » 120	2,5	2,5	3,5	4,0	4,0	4,5
Св. 4000	До 18			2,0	2,0	3,0	2,5
	Св. 18 до 30			2,5	2,5	3,5	3,0
	» 30 » 50	—	—	3,0	3,5	4,0	4,0
	» 50 » 80			3,5	4,0	4,5	5,0
	» 80 » 120			4,0	4,5	5,0	6,0

П р и м е ч а н и я: 1. Все величины допускаемых отклонений могут быть положительными (+) и отрицательными (-).

2. Местные увеличения или уменьшения толщины необрабатываемой стенки или ребра отливки оговариваются в технических условиях.

3. По требованию потребителя допускается увеличение нижних отклонений за счет уменьшения верхних.

### Допуски на размеры отливок из жаропрочных и нержавеющих сплавов

При конструировании литых деталей из жаропрочных и нержавеющих сплавов допуски рекомендуется назначать в соответствии с нормалью АН 20-80.

Нормалью установлены следующие обозначения видов размеров литых деталей:

Расстояние между необрабатываемыми поверхностями:  
повышенной точности

нормальной точности . . . . .

Расстояния от обрабатываемых до необрабатываемых поверхностей

Толщина стенок полостей, образуемых стержнями

Радиусы сопряжений (некоординированные)

A  
H  
M  
T  
P

Литье обозначают двумя буквами Лт.

Предусмотрены четыре класса точности 1, 2, 3 и 4-й.

1-й класс точности достигается только в опытном производстве, а 2, 3 и 4-й назначается конструктором, исходя из требований к отливке с учетом технических возможностей и экономической целесообразности. Назначенный класс точности указывают на чертеже детали.

Следовательно, обозначение допуска должно состоять из вида размера, обозначения литья и класса точности, например, НЛт3 обозначает, что допуск 3-го нормального класса точности от необрабатываемой до необрабатываемой поверхности.

Допуск в словесном выражении на чертеже проставляют:

при техническом обоснованном назначении повышенной точности;

при назначении допусков, соответствующих нормали по величине, но с несимметричными отклонениями.

#### 11. Зависимость класса точности отливок от технологического процесса

Класс точности	Технологический процесс
Лт2	Литье по моделям из сплавов солей в форме с жидким наполнителем Модельные составы состоят из органических и минеральных солей Связующее наполнителя — глиноземистый цемент, эпоксидный, жидкое стекло
Лт3	Литье по моделям из органических масс в формы с жидким наполнителем В состав органических масс входят канифоль, полистирол, парафин, стеарин, церезин и др.
Лт4	Литье по моделям из органических масс в формы с сухим наполнителем Сухие наполнители — шамотная крошка, кварцевый песок и другие высокогранулярные материалы

#### 12. Допуски на размеры между необрабатываемыми поверхностями (виды А и Н)

Номинальный размер литой детали в мм	АЛт2	НЛт2	АЛт3	НЛт3	АЛт4	НЛт4	Отклонение в мм
1—3	0,10	0,10	0,16	0,15	0,20	0,20	
3—10	0,15	0,15	0,30	0,20	0,25	0,25	
10—18	0,15	0,15	0,20	0,20	0,25	0,25	
18—30	0,15	0,20	0,20	0,25	0,25	0,30	
30—50	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,40	
50—80	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	
80—120	0,30	0,40	0,40	0,50	0,50	0,60	
120—180	0,40	0,50	0,50	0,60	0,60	0,70	
180—260	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	0,90	
260—360	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	1,20	

Примечания: 1. Отклонение может быть верхним (+) и нижним (-).  
2. На толщины стенок полостей, образуемых стержнями, приведенные допуски не распространяются.

#### 13. Допуски на размеры от обработанной до необрабатываемой поверхности (вид М)

Максимальный габаритный размер литой детали в мм	MЛт2	MЛт3	MЛт4	Отклонение в мм
10—30	0,20	0,30	0,40	0,40
30—50	0,25	0,40	0,50	0,50
50—80	0,30	0,50	0,60	0,60
80—120	0,40	0,60	0,70	0,70
120—180	0,50	0,70	0,80	0,80
180—260	0,60	0,90	1,00	1,00
260—360	0,80	1,00	1,20	1,20

Примечание. Отклонение может быть верхним (+) и нижним (-).

Примеры получения классов точности в зависимости от технологического процесса изготовления отливки приведены в табл. 11.

Допуски, установленные нормалью, включают сумму всех отклонений размеров, получаемых на различных этапах изготовления отливки (табл. 12—15).

Наибольшие величины припусков на механическую обработку отливок, выполняемых с допусками по нормали АН 20-80, приведены в табл. 16.

#### 14. Допуски на толщину стенок полостей (вид Т)

Толщина стенок в мм	TЛt2	TЛt3	TЛt4
	Отклонение в мм		
1,2—1,5	0,2	0,3	0,4
1,5—2,0	0,3	0,4	0,5
2,0—3,0	0,4	0,5	0,6
3,0—5,0	0,5	0,6	0,7

П р и м е ч а н и е. Отклонение может быть верхним (+) и нижним (-).

#### 15. Допуски на размеры радиусов сопряжений (вид Р)

Радиус в мм	RЛt2	RЛt3	RЛt4
	Отклонение в мм		
Св. До 2	0,2	0,3	0,4
» 2 до 4	0,3	0,4	0,5
» 4 » 7	0,4	0,5	0,6
» 7 » 10	0,5	0,6	0,7
» 10 » 16	0,6	0,7	0,8

П р и м е ч а н и е. Отклонение может быть верхним (+) и нижним (-).

#### 16. Наибольшие припуски на механическую обработку отливок

Номинальный размер отливки в мм	Припуски на одну сторону в мм для класса точности		
	Lт2	Lт3	Lт4
Св. До 30	0,5	1,0	1,0
» 30 до 50	0,5	1,0	1,5
» 50 » 80	0,7	1,5	1,5
» 80 » 120	1,0	1,5	2,0
» 120 » 200	1,5	2,0	2,5
» 200 » 250	2,0	2,5	3,0

П р и м е ч а н и я: 1. Данные таблицы не распространяются на технологические припуски, назначаемые для устранения литьевых дефектов или получающиеся после отрезки прибылей, а также на припуски, назначаемые для литьих поверхностей деталей, подвергающихся полированию. Припуски такого рода регламентируются внутриводственными технологическими документами.

2. Припуски на механическую обработку устанавливают в соответствии с допуском на размер от обрабатываемой поверхности до базы обработки, а также в зависимости от дополнительных условий.

#### Допуски на размеры отливок из цветных сплавов

Межведомственная нормаль<sup>1</sup> НО.010.006 [58] предусматривает установление допусков на размеры отливок из цветных металлов и сплавов с наибольшим габаритным размером до 2000 мм. Если нет специальных указаний, отклонения от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (непараллельность, овальность и т. д.), а также местные

<sup>1</sup> Комиссия по точности отливок при литьевой секции центрального правления НТО Машпрома приняла решение о распространении этой нормали на возможно большее количество предприятий Советского Союза с тем, чтобы после опробования нормали можно было решить вопрос о разработке единого государственного стандарта.

отклонения размеров отливки не должны выходить за пределы установленных допусков.

Формовочные уклоны в отливках величинами допусков не учитываются. За счет формовочных уклонов, которые для отдельных поверхностей технологически необходимы, размеры отливок можно увеличивать или уменьшать на величину этих уклонов. Если отдельные размеры детали являются посадочными и величина формовочных уклонов при этом превышает поле допуска, соблюдение установленных в чертеже допусков обеспечивают дополнительной обработкой, а допуски проставляют непосредственно у размеров. При отсутствии допуска непосредственно у размера изменение размера отливки за счет формовочных уклонов не является браковочным признаком.

#### 17. Группы точности отливок из цветных металлов и сплавов

Метод литья	Наибольший габаритный размер отливки в мм	Точность отливки	Группа точности
Под давлением	≤ 50	Повышенная Нормальная	IV V
	> 50	Повышенная Нормальная	V VI
По выплавляемым моделям	≤ 50	Повышенная Нормальная	V VI
	> 50	Повышенная Нормальная	VI VII
В кокиль и оболочковые формы	≤ 120	Повышенная Нормальная	VI VII
	> 120	Повышенная Нормальная	VII VIII
Центробежное	≤ 80	Повышенная Нормальная	VI VII
	> 80	Повышенная Нормальная	VII VIII
В песчаные формы	≤ 500	Повышенная Нормальная	VII VIII
	> 500	Повышенная Нормальная	VIII IX

П р и м е ч а н и е. Нормальную точность на размеры, как правило, применяют для сложных отливок.

Повышенную точность применяют для отливок простой формы, при литье под давлением цинковых сплавов, при литье в формах, изготавляемых на формовочных машинах по металлическим моделям и т. п. Применение повышенной точности требует согласования с технологом-литейщиком.

## 18. Величины допусков по группам точности отливок

Размеры в мм

Номинальные размеры	На все размеры отливок, кроме толщины стенок, ребер, фланцев и радиусов закруглений		На размеры толщин стенок, ребер и фланцев при габаритных размерах отливок				На размеры радиусов закруглений
	Выполнение в одной части формы	Выполнение в двух и более частях или стержнями	<50	>50	<120	>120	
<i>III группа точности</i>							
Св. До 3      3 до 6	0,04 (а)	0,06 (б)	—	0,06 (б)	0,08 (б)	—	0,2
» 6 » 10	0,048 (а)	0,08 (б)	—	—	—	—	0,25
» 10 » 18	0,058 (а)	0,10 (б)	—	—	—	—	0,3
» 18 » 30	0,07 (а)	0,12 (б)	—	—	—	—	—
» 30 » 50	0,084 (а)	0,14 (б)	—	—	—	—	—
» 50 » 80	0,10 (а)	0,17 (б)	—	—	—	—	—
» 80 » 120	0,12 (а)	0,20 (б)	—	—	—	—	—
	0,14 (а)	0,23 (б)	—	—	—	—	—
<i>IV группа точности</i>							
Св. До 3      3 до 6	0,10	0,16	—	0,20	0,20	—	0,3
» 6 » 10	0,10	0,16 (в)	—	—	—	—	0,4
» 10 » 18	0,12 (б)	0,20 (в)	—	—	—	—	0,5
» 18 » 30	0,12 (б)	0,24 (в)	—	—	—	—	—
» 30 » 50	0,14 (б)	0,28 (в)	—	—	—	—	—
» 50 » 80	0,17 (б)	0,34 (в)	—	—	—	—	—
» 80 » 120	0,20 (б)	0,40 (в)	—	—	—	—	—
» 120 » 180	0,23 (б)	0,46 (в)	—	—	—	—	—
	0,26 (б)	0,53 (в)	—	—	—	—	—
<i>V группа точнос</i>							
Св. До 3      3 до 6	0,12	0,20	—	0,24 (д)	0,30 (д)	—	0,50
» 6 » 10	0,12	0,20	—	—	0,40 (д)	—	0,60
» 10 » 18	0,16	0,24 (г)	—	—	—	—	0,80
» 18 » 30	0,20	0,30 (г)	—	—	—	—	—
» 30 » 50	0,24	0,40 (г)	—	—	—	—	—
» 50 » 80	0,30	0,50	—	—	—	—	—
» 80 » 120	0,40	0,60	—	—	—	—	—
» 120 » 180	0,50 (г)	0,8	—	—	—	—	—
» 180 » 260	0,6 (г)	1,0 (д)	—	—	—	—	—
» 260 » 360	0,8	1,2 (д)	—	—	—	—	—
<i>VI группа точности</i>							
Св. До 3      3 до 6	0,20	0,30	0,40 (ж)	0,50	—	—	0,8
» 6 » 10	0,20	0,30 (е)	0,40 (е)	0,50	0,50 (ж)	—	1,0
» 10 » 18	0,20 (в)	0,30 (е)	0,40 (е)	—	—	—	1,2
» 18 » 30	0,30 (в)	0,50 (е)	—	—	—	—	—
» 30 » 50	0,40 (в)	0,60 (е)	—	—	—	—	—
» 50 » 80	0,50	0,80 (е)	—	—	—	—	—
» 80 » 120	0,60	1,0	—	—	—	—	—
» 120 » 180	0,80	1,2	—	—	—	—	—
» 180 » 260	1,0 (е)	1,6 (ж)	—	—	—	—	—
» 260 » 360	1,2 (е)	1,8 (ж)	—	—	—	—	—
» 360 » 500	1,4 (с)	2,2 (ж)	—	—	—	—	—
500 » 630	1,6 (с)	2,4 (ж)	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 18

Номинальные размеры	На все размеры отливок, кроме толщины стенок, ребер, фланцев и радиусов закруглений		На размеры толщин стенок, ребер и фланцев при габаритных размерах отливок				На размеры радиусов закруглений
	Выполнение в одной части формы	Выполнение в двух и более частях или стержнями	<50	>50	<120	>120	

*VII группа точности*

До 3	0,4	0,6	—	—	1,0	1,6	1,6
Св. 3 до 6	0,4	0,6	—	—	1,0	1,6	2,0
» 6 » 10	0,4 (д)	0,6 (ж)	—	—	1,2	2,0	2,4
» 10 » 18	0,4 (д)	0,6 (ж)	—	—	1,6	2,4	3,0
18 » 30	0,5 (д)	0,8 (ж)	—	—	—	3,0	4,0
30 » 50	0,6 (д)	1,0 (ж)	—	—	—	—	—
50 » 80	0,8 (д)	1,2 (ж)	—	—	—	—	—
80 120	1,0	1,6 (ж)	—	—	—	—	—
120 180	1,2	2,0	—	—	—	—	—
180 » 260	1,6	2,4	—	—	—	—	—
260 360	1,8 (ж)	3,0 (з)	—	—	—	—	—
360 » 500	2,2 (ж)	3,6 (з)	—	—	—	—	—
500 » 630	2,4 (ж)	4,0 (з)	—	—	—	—	—
630 800	3,0 (ж)	5,0 (з)	—	—	—	—	—
800 » 1000	3,6 (ж)	5,6 (з)	—	—	—	—	—
1000 » 1250	4,0 (ж)	6,4 (з)	—	—	—	—	—
» 1250 » 1600	5,0 (ж)	8,0	—	—	—	—	—

*VIII группа точности*

До 3	—	—	—	—	1,6	—	—
Св. 3 до 6	0,8	—	—	—	1,6	2,4	2,4
6 » 10	0,8	1,6	—	—	2,0	2,4	3,0
10 » 18	0,8 (ж)	1,6	—	—	2,4	3,2	4,0
18 » 30	0,8 (ж)	1,6	—	—	3,0	4,0	6,0
30 » 50	1,0 (ж)	1,6 (з)	—	—	—	—	—
50 80	1,2 (ж)	2,0 (з)	—	—	—	—	—
80 » 120	1,6 (ж)	2,4 (з)	—	—	—	—	—
120 » 180	2,0	3,0	—	—	—	—	—
180 » 260	2,4	4,0	—	—	—	—	—
260 » 360	3,0 (з)	4,6	—	—	—	—	—
360 » 500	3,6 (з)	5,6	—	—	—	—	—
500 » 630	4,0 (з)	6,4 (и)	—	—	—	—	—
630 » 800	5,0 (з)	8,0 (и)	—	—	—	—	—
800 » 1000	5,6 (з)	9,0 (и)	—	—	—	—	—
1000 » 1250	6,4 (з)	10,0 (и)	—	—	—	—	—
1250 » 1600	8,0	12,0 (и)	—	—	—	—	—
1600 » 2000	9,0	14,0	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 18

Номинальные размеры	На все размеры отливок, кроме толщины стенок, ребер, фланцев и радиусов закруглений		На размеры толщин стенок, ребер и фланцев при габаритных размерах отливок				На размеры радиусов закруглений
	Выполнение в одной части формы	Выполнение в двух и более частях или стержнями	<50	>50	<120	>120	
<i>IX группа точности</i>							
Св.	До 3 3 до 6	—	—	—	—	—	—
»	6 » 10	—	—	—	—	—	—
»	10 » 18	1,6	2,4	—	—	—	4,3
»	18 » 30	1,6	2,4	—	—	—	6,0
»	30 » 50	1,6 (з)	2,4	—	—	—	8,0
»	50 » 80	2,0 (з)	3,0	—	—	—	—
»	80 » 120	2,4 (з)	4,0	—	—	—	—
»	120 » 180	3,0	5,0	—	—	—	—
»	180 » 260	4,0	6,4	—	—	—	—
»	260 » 360	4,6	8,0	—	—	—	—
»	360 » 500	5,6	9,0	—	—	—	—
»	500 » 630	6,4 (и)	10,0 (к)	—	—	—	—
»	630 » 800	8,0 (и)	12 (к)	—	—	—	—
»	800 » 1000	9,0 (и)	14 (к)	—	—	—	—
»	1000 » 1250	10 (и)	16 (к)	—	—	—	—
»	1250 » 1600	12 (и)	20	—	—	—	—
»	1600 » 2000	14	22	—	—	—	—

П р и м е ч а н и е. Буквами в скобках обозначено примерное соответствие допускам:  
 (а) — 3-го класса точности по ОСТУ НКМ 1017;  
 (б) — 4-го класса точности по ОСТУ 1014;  
 (в) — 5-го класса точности по ОСТУ 1015;  
 (г) — 5-го класса точности по ОСТУ 1010;  
 (д) — 7-го класса точности по ОГТУ 1010;  
 (е) — 7-го класса точности по ОСТУ 1010 и ГОСТУ 2689—54;  
 (ж) — 8-го класса точности по ОСТУ 1010 и ГОСТУ 2689—54;  
 (з) — 9-го класса точности по ОСТУ 1010 и ГОСТУ 2689—54;  
 (и) — 10-го класса точности по ОСТУ 1010 и ГОСТУ 2689—54;  
 (к) — 11-го класса точности по ОСТУ 1010 и ГОСТУ 2689—54.

В зависимости от метода литья, габаритных размеров отливок и требуемой точности нормаль устанавливает девять групп точности (табл. 17). Величины допусков I и II группы точности не регламентированы (перспективные). III группу точности применяют в особых случаях. Величины допусков для III—IX групп точности приведены в табл. 18.

Поля допусков на размеры отливок устанавливают симметричными для всех размеров при литье в песчаные формы (в землю), а также на следующие размеры деталей, получаемых другими видами литья: расстояния между центрами, расстояния от поверхности до оси, толщины стенок, ребер, фланцев, глубины впадин и радиусы закруглений.

На все другие размеры отливок, кроме литья в песчаные формы (в землю), расположение поля допуска устанавливают одностороннее (в тело). В технически обоснованных случаях расположение поля допуска относительно номинального размера можно изменять в соответствии с конкретными условиями, причем в этом случае допускаемые отклонения проставляют непосредственно у размера.

Нормаль НРО.010.082 для предприятий приборостроения [47]. Эти допуски применяют на предприятиях, методическое руководство которыми в области

нормализации осуществляют следующие базовые организации: Государственный Всесоюзный центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации (ЦНИИКА), Научно-исследовательский институт теплоэнергетического приборостроения (НИИ Теплоприбор), Научно-исследовательский и конструкторский институт испытательных машин, приборов и средств измерения масс (НИКИМП) и др.

Нормаль устанавливает допуски на размеры между необрабатываемыми, а также между необрабатываемыми и обрабатываемыми поверхностями окончательно обработанной детали, поступившей на сборку.

Классификация размеров и обозначения приведены в табл. 19.

Обозначение класса точности размеров литьих деталей слагается из букв Лт и цифры, соответствующей классу точности (например, Лт1 — 1-й класс точности).

Допуск на размер литьей детали обозначают тремя буквами и цифрой, первая буква соответствует обозначению размера (см. табл. 13), остальные знаки соответствуют обозначению класса точности (например, ДЛт1 — допуск на необрабатываемую длину 1-го класса точности).

Предельные отклонения размеров видов Д, Т и М для различных классов точности отливок приведены в табл. 20 и 21, а допуски на размеры вида Р — в табл. 22.

Допуски включают в себя сумму всех отклонений размеров, имеющих место на различных стадиях изготовления литьей детали.

В специальных технических условиях на поставку деталей допускается оговаривать:

местные утонения толщин стенок, превышающие допуск;

отклонения размеров крупногабаритных деталей каркасного типа, вызываемые короблением при термообработке, когда не применяют горячую правку; назначаемые отклонения размеров, превышающие допуски по нормали, устанавливают в этих случаях на основании замеров опытных партий деталей; пониженную точность на поставку первых партий деталей.

В допусках не предусмотрено изменение размеров за счет литейных уклонов, которые являются обязательными для отдельных поверхностей литьих деталей; литейные уклоны оговаривают в чертеже детали с указанием направления уклона (в сторону увеличения или уменьшения размера). Если направление уклона не оговорено, то его выполняют в сторону увеличения размера.

В каждом классе точности допуски на любые размеры одного вида (Д, Т или М) берут постоянными для данной детали и устанавливают по наибольшему габаритному размеру.

Номинальные размеры толщин стенок и радиусов бобышек берут с учетом нижнего отклонения размера.

Модельную оснастку изготавливают по номинальным размерам детали (с учетом установленной усадки, условий формовки и припуска), без назначения «гарантийных припусков» в сторону увеличения толщин стенок.

Допуски на размеры между необрабатываемыми поверхностями и поверхностями, которые будут обрабатывать, или между двумя обрабатываемыми поверхностями берут в соответствии с допусками для размеров вида Д или Т (рис. 6, размеры А и Б), а не вида М, как для обработанной детали (размер В).

Допуски на размеры, измеряемые от обработанных поверхностей, механическая обработка которых не предусмотрена по чертежу детали и не гарантирована припуском, берут по настоящей нормали.

Для деталей, изготавляемых литьем под давлением, допуски на размеры, выполняемые в двух половинах формы или подвижными стержнями, устанавливают как на размер вида М.

Класс точности литьей детали назначают по одному классу, соответствующему точности большинства размеров. При этом исходят из требований к де-

## 19. Классификация размеров и их обозначения

Вид размера	Обозна- чение	Определение вида размера
Размеры необрабатываемых длин	Д	Все линейные размеры (длины, диаметры) литых деталей, за исключением толщин тел и размеров между необрабатываемыми и обрабатываемыми поверхностями
Размеры обрабатываемых толщин	Т	Все толщины стенок, ребер, фланцев и т. п. (входящие в понятие толщины тела), когда они не подвергаются механической обработке
Размеры между необрабатываемыми и обрабатываемыми поверхностями	М	Все линейные размеры между необрабатываемыми и обрабатываемыми поверхностями (включая толщины тел)
Размеры радиусов закруглений	Р	Размеры незакоординированных радиусов, закругления углов в местах перехода сечений деталей

**20. Пределные отклонения размеров литьих деталей 1 и 2-го классов точности**  
Размеры в **мм**

Класс точности	Обозначение допуска	Предельное отклонение при наибольшем габаритном размере							
		До 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 60	Св. 60 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400
1	ДЛт1	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20
	ТЛт1	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15
	МЛт1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,25	0,30
2	ДЛт2	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,30	0,40
	ТЛт2	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,30
	МЛт2	0,10	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50

**21. Предельные отклонения размеров литых деталей 3—7-го классов точности**  
**Размеры в мм**

Класс точности	Обозначение допуска	Предельные отклонения при наибольшем габаритном размере									
		До 60	Св. 60 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000
3	ДЛт3 ТЛт3 МЛт3	0,2 0,2 0,3	0,3 0,3 0,4	0,4 0,3 0,5	0,5 0,4 0,6	0,6 0,4 0,7	0,8 0,5 1,0	— — —	— — —	— — —	— — —
4	ДЛт4 ТЛт4 МЛт4	0,4 0,4 0,5	0,5 0,5 0,5	0,5 0,5 0,6	0,6 0,6 0,7	0,8 0,7 1,0	1,0 0,8 1,5	1,2 0,9 1,8	1,5 1,0 2,0	— — —	— — —
5	ДЛт5 ТЛт5 МЛт5	0,6 0,6 0,6	0,7 0,7 0,7	0,8 0,8 0,8	0,9 1,0 1,0	1,0 1,0 1,2	1,2 1,0 1,7	1,5 1,2 2,0	1,7 1,2 2,2	2,0 1,2 2,5	2,5 1,4 3,0
6	ДЛт6 ТЛт6 МЛт6	0,8 1,0 1,0	0,9 1,0 1,0	1,0 1,2 1,2	1,1 1,2 1,2	1,2 1,2 1,5	1,4 1,3 2,0	1,7 1,5 2,2	2,0 1,5 2,5	2,4 1,5 2,7	2,8 1,8 3,1
7	ДЛт7 ТЛт7 МЛт7	1,0 1,2 1,2	1,1 1,2 1,2	1,2 1,5 1,5	1,3 1,5 1,5	1,4 1,5 1,7	1,7 1,7 2,0	2,0 1,7 2,5	2,3 2,0 2,7	2,7 2,0 3,0	3,1 2,3 3,5

Примечание. Отклонение может быть верхним (+) и нижним (-).

**22. Допуски на размеры радиусов сопряжений (вид Р)**

Размер радиуса в мм	Класс точности						
	Лт1	Лт2	Лт3	Лт4	Лт5	Лт6	Лт7
Допускаемые отклонения в мм							
До 4	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Св. 4 до 10	0,10	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
» 10 » 16	0,15	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
» 16 » 25	0,20	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0
» 25 » 40	0,30	0,8	1,2	1,4	1,8	2,0	2,4
» 40 » 60	—	—	1,6	2,0	2,4	2,6	3,0
» 60 » 100	—	—	2,2	2,6	3,0	3,5	4,0
» 100 » 160	—	—	3,0	3,5	4,0	4,6	5,2

Примечание. Отклонение может быть верхним (+) и нижним (-).

## 23. Условия получения различных классов точности

Способ литья	Сложность отливки	Класс точности при наибольших габаритных размерах детали в мм							
		До 100	Св. 100 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 2500
Под давлением	Простая Сложная	Лт2* Лт2	Лт2* Лт2	Лт2* Лт2	—	—	—	—	—
По выплавляемым моделям	Простая Сложная	Лт2 Лт2	Лт2 Лт3	Лт3 Лт4	Лт3 Лт4	—	—	—	—
В кокили или оболочковые формы	Простая Сложная	Лт4* Лт4	Лт4* Лт4	Лт4* Лт4	Лт4 Лт4	Лт4 —	Лт4 —	Лт4 —	Лт4 —
В кокили с песчаными стержнями	Простая Сложная	Лт5 Лт5	Лт5 Лт5	Лт5 Лт5	Лт5 Лт5	Лт5 Лт5	Лт5 Лт5	Лт5 —	Лт5 —
В сухие и сырые песчаные формы, изготовленные на формовочных машинах, а также вручную с применением подмодельных плит	Простая Сложная	Лт5 Лт6	Лт5 Лт6	Лт5 Лт6	Лт5 Лт6	Лт5 Лт6	Лт6 Лт6	Лт6 Лт6	Лт6 —
В сухие и сырые песчаные формы, изготовленные вручную по индивидуальным моделям	Простая Сложная	Лт6 Лт7	Лт6 Лт7	Лт6 Лт7	Лт6 Лт7	Лт6 Лт7	Лт7 Лт7	Лт7 Лт7	Лт7 —

\* В особых случаях вместо Лт2 назначают Лт1, а вместо Лт4 — Лт3, предусмотрев специальную механическую обработку.

тали с учетом технических возможностей и экономической целесообразности. Назначенный класс точности указывается на чертеже детали.

В отдельных случаях допускается назначение допусков на толщины по другому классу, чем на длины.

Отклонения в числовом значении проставляются непосредственно на чертежный размер в следующих отдельных случаях:

при назначении допусков, соответствующих нормали по величине, но с несимметричными отклонениями;

при назначении, в случае необходимости, повышенной точности в соответствии с правилами, приведенными ниже, или по особым техническим обоснованиям;

при малом количестве размеров на чертеже детали, когда желательно облегчить контроль допусков при их назначении и в производстве детали.

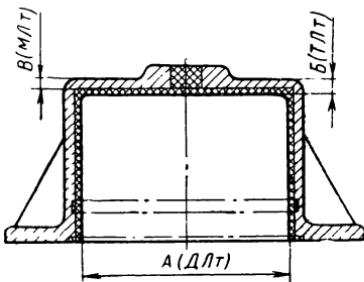


Рис. 6

Условия получения различных классов точности, определяемые способом литья, а также наибольшим габаритным размером и сложностью отливки, приведены в табл. 23. Сложность отливки определяется условиями выполнения размеров в литейной форме.

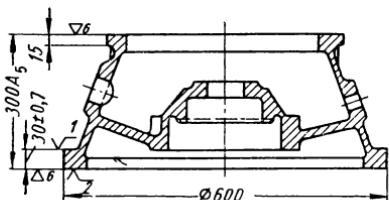


Рис. 7

припуском выполняют с полным допуском.

**Примеры.** 1. Размер фланца 30 мм между базой 1 и базой 2 (рис. 7), для которой назначен класс точности Лтб, может быть выполнен с отклонением  $\pm 0.7$  мм ( $\pm \frac{1.3}{2}$ ).

Не указанные на рис. 7 отклонения размера фланца 15 мм равны  $\pm 0,2$  мм.

2. Размер радиуса базовой бобышки (разрез по А—А) детали, для которой назначен класс точности Лтб, может быть выполнен с отклонением  $\pm 0,9$  мм ( $\pm \frac{1.7}{2}$ ); неуказанные отклонения размера радиуса бобышки (сечение Б—Б), удаленной от базы, равны  $\pm 2,2$  мм (рис. 8).

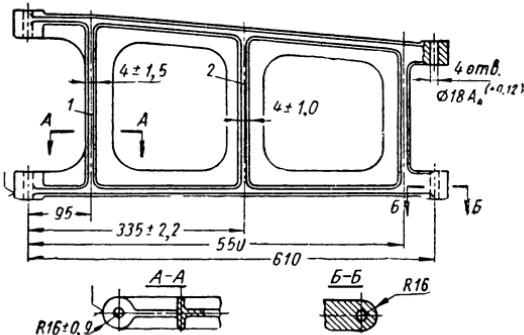


Рис. 8

Допуски на размеры необрабатываемых толщин ребер берут наименьшие для размеров вида Т заданного класса точности, при следующих условиях: ребра выполнены в одной половине литейной формы без стержней;

смещение ребер (которое должно быть оговорено на чертеже детали) должно быть не менее допуска МЛт, взятого по наибольшему размеру детали.

**Пример.** Для детали (см. рис. 8) назначен класс точности Лтб, толщину ребра 2 можно выполнить с отклонением  $\pm 1,0$  мм. Допускаемое смещение ребер проставлено на размере 335 мм. На ребро 1 проставлено отклонение  $\pm 1,5$  для случая, когда оно особо не оговаривается.

**Припуски на механическую обработку** для отливок из черных металлов установлены в зависимости от классов точности. Припуски для отливок из серого и модифицированного чугуна регламентированы ГОСТом 1855—55 (табл. 24), для отливок из стали — ГОСТом 2009—55 (табл. 25). Для отливок из цветных сплавов припуски на механическую обработку принимают по РТМ 516-64 (табл. 26).

**24. Припуски на механическую обработку отливок из серого и модифицированного чугуна**

Размеры в мм

Наиболеещий абаритный размер детали	Положение поверхно- сти при заливке	Номинальный размер											
		До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 10000	
<i>I класс</i>													
До 120	Верх Низ, бок	2,5 2,0	2,5 2,0										
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	2,5 2,0	3,0 2,5	3,0 2,5									
260 » 500	Верх Низ, бок.	3,5 2,5	3,5 3,0	4,0 3,5	4,5 3,5								
500 » 800	Верх Низ, бок	4,5 3,5	4,5 3,5	5,0 4,0	5,5 4,5	5,5 4,5							
800 » 1250	Верх Низ, бок	5,0 3,5	5,0 4,0	6,0 4,5	6,5 4,5	7,0 5,0	7,0 5,0	7,5 5,5	8,0 6,0				
1250 » 2000	Верх Низ, бок	5,5 4,0	6,0 4,5	6,5 4,5	7,0 5,0	7,0 5,0	7,5 5,5	8,0 6,0					
2000 » 3150	Верх Низ, бок	6,0 4,0	6,5 4,5	6,5 4,5	7,5 5,0	8,0 5,5	8,5 6,0	9,0 6,5	9,5 6,5				
3150 » 5000	Верх Низ, бок	6,0 4,5	6,5 5,0	7,0 5,0	7,5 5,5	8,0 6,0	9,0 6,5	9,5 7,0	10,0 7,5	11,0 8,5			
<i>II класс</i>													
До 120	Верх Низ, бок	3,5 2,5	4,0 3,0										
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	4,0 3,0	4,5 3,5	5,0 4,0									
260 500	Верх Низ, бок	4,5 3,5	5,0 4,0	6,0 4,5	6,5 5,0								
500 800	Верх Низ, бок	5,0 4,0	6,0 4,5	6,5 4,5	7,0 5,0	7,5 5,5							

Продолжение табл. 24

Наибольший габаритный размер детали	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер									
		До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300
Св. 800 до 1250	Верх Низ, бок	6,0 4,0	7,0 5,0	7,0 5,0	7,5 5,5	8,0 5,5	8,5 6,5	9,0 6,5	10,0 7,5		
» 1250 » 2000	Верх Низ, бок	7,0 4,5	7,5 5,0	8,0 5,5	8,0 6,0	9,0 6,5	9,0 6,5	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 9,0	
» 2000 » 3150	Верх Низ, бок	7,0 5,0	7,5 5,0	8,0 5,5	8,5 6,0	9,0 6,5	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 9,0		
» 3150 5000	Верх Низ, бок	7,5 5,5	7,5 5,5	8,0 6,0	8,5 6,0	9,0 6,5	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 10,0	
» 5000 6300	Верх Низ, бок	7,5 5,5	8,0 6,0	8,5 6,5	9,0 7,0	10,0 7,5	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 10,0	14,0 11,0	15,0 12,0
<i>III класс</i>											
До 120	Верх Низ, бок	4,5 3,5	4,5 3,5								
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	5,0 4,0	5,0 4,0	5,5 4,5							
260 500	Верх Низ, бок	6,0 4,5	6,0 4,5	7,0 5,0	7,0 6,0						
500 800	Верх Низ, бок	7,0 5,0	7,0 5,0	7,0 5,0	8,0 6,0	9,0 7,0					
» 800 1250	Верх Низ, бок	7,0 5,5	7,0 5,5	8,0 6,0	8,0 6,0	9,0 7,0	10,0 7,5				
1250 2000	Верх Низ, бок	8,0 6,0	8,0 6,0	8,0 6,0	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 8,0	12,0 9,0			
» 2000 3150	Верх Низ, бок	9,0 7,0	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 8,0	10,0 8,0	11,0 9,0	12,0 9,0	14,0 11,0	14,0 10,0	
» 3150 » 5000	Верх Низ, бок	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 8,0	10,0 8,0	11,0 9,0	12,0 9,0	14,0 11,0	15,0 12,0	16,0 13,0	
» 5000 » 6300	Верх Низ, бок	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 8,0	11,0 9,0	12,0 9,0	13,0 10,0	14,0 11,0	15,0 12,0	16,0 13,0	17,0
» 6300 10000	Верх Низ, бок	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 8,0	11,0 9,0	12,0 10,0	14,0 11,0	16,0 13,0	18,0 15,0	20,0 17,0	22,0 19,0
											24,0 21,0

**П р и м е ч а н и я.** 1. По соглашению сторон допускается уменьшать припуски на механическую обработку, указанные в таблице, до минимально необходимых.

2. На механическую обработку отливаемых отверстий должны приниматься припуски (верха или низа) независимо от расположения отверстий.

## 25. Припуски на механическую обработку отливок из стали

Размеры в мм

Наибольший габаритный размер детали	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер								
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300
<i>I класс</i>										
До 120	Верх Низ, бок	3,5 3,0								
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	4,0 3,0	5,0 3,5							
» 260 500	Верх Низ, бок	5,0 3,0	5,0 4,0	6,0 4,0						
» 500 » 800	Верх Низ, бок	5,0 4,0	6,0 4,5	7,0 5,0	7,0 5,0					
» 800 1250	Верх Низ, бок	7,0 5,0	7,0 5,0	8,0 6,0	8,0 6,0	9,0 6,0				
1250 2000	Верх Низ, бок	8,0 6,0	8,0 6,0	9,0 6,0	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 7,0			
2000 3150	Верх Низ, бок	9,0 7,0	9,0 7,0	10,0 7,0	10,0 8,0	11,0 8,0	12,0 8,0	12,0 9,0		
» 3150 5000	Верх Низ, бок	10,0 8,0	10,0 8,0	11,0 8,0	12,0 8,0	12,0 9,0	13,0 9,0	13,0 10,0	16,0 12,0	
<i>II</i>										
До 120	Верх Низ, бок	4,0 4,0								
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	5,0 4,0	6,0 4,0							
» 260 » 500	Верх Низ, бок	6,0 5,0	7,0 5,0	7,0 6,0						
» 500 800	Верх Низ, бок	7,0 5,0	8,0 6,0	9,0 6,0	10,0 7,0					
» 800 » 1250	Верх Низ, бок	8,0 6,0	9,0 7,0	10,0 7,0	10,0 8,0	11,0 8,0				

Продолжение табл. 25

Наибольший габаритный размер детали	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер									
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 10000
Св. 1250 до 2000	Верх Низ, бок	9,0 7,0	10,0 7,0	10,0 8,0	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 9,0				
» 2000 » 3150	Верх Низ, бок	10,0 7,0	11,0 8,0	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 10,0	13,0 10,0	14,0 11,0			
» 3150 » 5000	Верх Низ, бок	10,0 8,0	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 9,0	13,0 10,0	13,0 10,0	14,0 11,0	16,0 13,0		
» 5000 » 6300	Верх Низ, бок	12,0 9,0	13,0 9,0	13,0 10,0	14,0 10,0	14,0 11,0	15,0 11,0	15,0 12,0	16,0 14,0	20,0 16,0	
<i>III класс</i>											
До 120	Верх Низ, бок	5,0 4,0									
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	5,0 4,0	6,0 5,0								
260 500	Верх Низ, бок	6,0 5,0	8,0 6,0	9,0 6,0							
500 800	Верх Низ, бок	7,0 5,0	8,0 6,0	10,0 7,0	11,0 7,0						
» 800 1250	Верх Низ, бок	9,0 6,0	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 8,0	13,0 9,0					
1250 2000	Верх Низ, бок	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 9,0	14,0 10,0	16,0 11,0				
» 2000 3150	Верх Низ, бок	10,0 8,0	11,0 9,0	13,0 10,0	14,0 10,0	15,0 11,0	16,0 12,0	17,0 13,0			
» 3150 5000	Верх Низ, бок	12,0 9,0	13,0 10,0	14,0 11,0	15,0 11,0	16,0 12,0	17,0 13,0	18,0 14,0	20,0 16,0		
5000 6300	Верх Низ, бок		14,0 10,0	15,0 11,0	16,0 12,0	18,0 13,0	20,0 14,0	21,0 15,0	23,0 17,0	25,0 20,0	
6300 10000	Верх Низ, бок			16,0 12,0	18,0 13,0	20,0 14,0	22,0 15,0	23,0 16,0	25,0 18,0	28,0 22,0	33,0 26,0

Примечание. См. примечания к табл. 24.

**26. Припуски на механическую обработку наружных поверхностей простых отливок, изготавляемых из безоловянных бронз, латуней и алюминиевых сплавов при литье в песчаные формы**

Размеры в мм

Наибольшие габаритные размеры отливок	Положение поверхности при отливке	Номинальные размеры											
		До 120		Св. 120 до 260		Св. 260 до 500		Св. 500 до 800		Св. 800 до 1250		Св. 1250 до 2000	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
До 120	Верх Низ, бок	3 2	4 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 120 до 260	Верх Низ, бок	3 2	4 3	3 2	4 3	—	—	—	—	—	—	—	—
260 500	Верх Низ, бок	4 3	5 4	4 3	5 4	5 4	6 5	—	—	—	—	—	—
500 800	Верх Низ, бок	4 3	5 4	4,5 3,5	5 4	5 4	6 5	5,5 4,5	6 5	—	—	—	—
800 1250	Верх Низ, бок	5 3,5	6 5	5 4	7 5	5 4	7 5	6 5	8 6	6 5	8 6	—	—
» 1250 » 2000	Верх Низ, бок	5 4	7 5	5,5 4,5	7 5	6 5	8 6	6 5	8 6	7 6	9 7	7 6	9 7

**П р и м е ч а н и я:** 1. А — при машинной формовке; Б — при ручной формовке.

2. Припуски можно увеличивать против указанных в таблице: а) на внутренние поверхности простых отливок и наружные поверхности сложных отливок: припуски до 4 мм — на 1 мм, 4 мм и выше — на 2 мм; б) на внутренние поверхности сложных отливок: припуски до 4 мм — на 1,5 мм; 4 мм и выше — на 3 мм.

3. Для отливок из оловянных бронз можно уменьшать: припуски до 4 мм на 0,5 мм; 4 мм и выше на 1 мм.

4. Отливки относят к сложным, если их изготавливают по моделям или в механических формах со сложными отъемными частями, с несколькими плоскостями разъема, с двумя и более стержнями сложной конфигурации с вертикальными и комбинированными знаками. Для того, чтобы отнести отливку к сложным, достаточно одного из перечисленных признаков.

5. Величины припусков установлены на одну сторону, на диаметр припуск удваивается.

6. Припуски, указанные в таблице, — наибольшие. По соглашению сторон их можно уменьшать до минимально необходимых.

## ПРОСТАНОВКА РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

**Литейные базы.** Для определения расположения поверхностей деталей пользуются базовыми плоскостями (базами). В качестве базовых плоскостей принимают необрабатываемые (черновые базы) или обрабатываемые (чистовые базы) поверхности.

Базы делят на конструктивные и технологические. Литейные базы относят к технологическим.

Литейными базами служат необрабатываемые поверхности или их оси. От этих плоскостей проставляют размеры до всех необрабатываемых и до базовых обрабатываемых (чистовых баз) поверхностей.

В деталях простой конфигурации базами могут быть различные опорные поверхности и плоскости разъема (исключая плоскости разъема форм) в более сложных, корпусных деталях, литейными базами могут служить оси цилиндрических поверхностей.

Правильный выбор литейной базы во многом упрощает технологический процесс изготовления модели и отливки, а также последующие операции механической обработки отливки.

При выборе литейных баз исходят из следующих рекомендаций:

размеры литейной базовой поверхности должны быть возможно меньшими, тогда коробление ее будет минимальным, следовательно, допуск на базовый размер будет меньше;

точность сборки литейной формы не должна влиять на точность положения литейной базы;

литейные базовые поверхности должны образовываться одной половиной литейной формы, чтобы исключить влияние перекоса половины;

для каждой из трех осей координат назначают только одну литейную базовую поверхность.

Вводить две литейные базы и более не рекомендуется (кроме особых случаев).

Для выполнения всех операций изготовления детали (до сборки изделия) стремятся пользоваться одной и той же базой; этим достигают наибольшую точность изготовления изделия.

При невозможности назначения общей базы для литья и механической обработки, для последней назначают свою базу. При этом литую базу связывают по каждой оси обработки; расстояние между этими базами должно быть минимальным.

Рис. 9. Простановка размеров на чертеже литой детали; размеры связывают:

1 и 6 — обрабатываемые поверхности между собой; 3—5, 7 и 8 — необрабатываемые поверхности; 2 — необрабатываемую поверхность с обрабатываемой

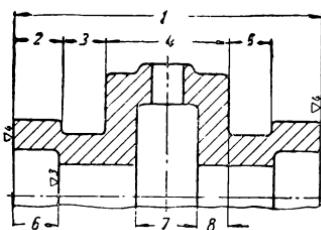
координат с базой механической обработки должно быть минимальным.

При назначении литейных баз и баз механической обработки стремятся к тому, чтобы эти базы находились в одной плоскости и были сторонами одной стенки. Если в конфигурации детали отсутствуют плоскости, удовлетворяющие этим условиям выбора баз, следует делать специальные технологические приливы, поверхности которых принимают за базы. Если такая база не может обеспечить операции механической обработки, то выбирают новую базу.

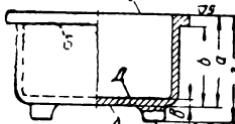
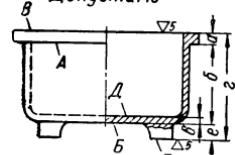
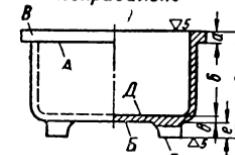
Новая база по своим размерам должна быть такой, чтобы можно было получить надежное, прочное крепление детали на станке. Базирующие поверхности должны быть прочными и не должны деформироваться от воспринимаемых ими усилий, возникающих при резании металла.

**Простановка размеров.** После определения литейных баз с ними связывают размерами все необрабатываемые поверхности, не допуская при этом простановки размеров цепочкой. По каждой оси координат литейные базы связываются с базами механической обработки так, чтобы на чертеже литой детали их было не более трех (по одному размеру от каждой из трех литейных баз, соответствующих трем осям координат, рис. 9). Проставлять два и более размера между необрабатываемой и обрабатываемой поверхностями в направлении одной и той же координатной оси не рекомендуется, так как все они, кроме одного, проставленного от литейной базы, являются замыкающими размерной цепи и их допуски будут суммироваться.

Примеры простановки размеров приведены в табл. 27



## 27. Примеры простановки размеров на литой детали

Эскиз	Простановка размеров
<i>Правильно</i> 	Литейная база <i>A</i> связана с базой механической обработки <i>B</i> размером <i>a</i> . Необрабатываемые поверхности <i>B</i> и <i>D</i> связаны с литейной базой <i>A</i> соответственно размерами <i>b</i> и <i>e</i> . Механически обрабатываемая поверхность <i>G</i> связана размером <i>g</i> с базой механической обработки <i>B</i> . Замыкающим размером является толщина фланца, которая по величине будет колебаться в пределах суммы допусков на два размера <i>a</i> и <i>b</i>
<i>Допустимо</i> 	Литейная база <i>A</i> связана с базой механической обработки <i>B</i> размером <i>a</i> и с необрабатываемыми поверхностями <i>B</i> и <i>D</i> размерами <i>b</i> и <i>e</i> . База механической обработки <i>B</i> связана с обрабатываемой поверхностью <i>G</i> размером <i>g</i> . Замыкающим размером является высота приливов <i>e</i> между обрабатываемой поверхностью <i>B</i> и необрабатываемой поверхностью <i>B</i> . Величина приливов <i>e</i> будет колебаться в пределах суммы допусков на три размера <i>a</i> , <i>b</i> и <i>g</i>
<i>Неправильно</i> 	За литейную базу <i>A</i> и базу механической обработки <i>B</i> приняты поверхности по 2-му варианту. Необрабатываемые поверхности <i>B</i> и <i>D</i> связаны с литейной базой размерами <i>b</i> и <i>e</i> , нанесенными цепочкой. Замыкающим размером будет также высота приливов <i>e</i> . Но пределы колебания размера <i>e</i> теперь уже будут состоять из суммы допусков на все четыре размера: <i>a</i> , <i>b</i> , <i>e</i> и <i>g</i> , что может привести в процессе механической обработки к срезу приливов с захватом поверхности <i>B</i> и нарушению размера <i>a</i>

Обозначения плоскостей: *A* — литейная база; *B*, *D* — необрабатываемые поверхности; *B* — база механической обработки; *G* — обрабатываемая поверхность.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТЛИВКАМ

На чертежах литых деталей должны быть указаны следующие технические требования:

1. Допускаемые отклонения по размерам, весу и припускам на обработку.

Класс точности литой детали выбирают в зависимости от требуемой точности необрабатываемых поверхностей. Детали, имеющие необрабатываемые посадочные места или сопрягаемые поверхности (храповики, зубчатые колеса и звездочки с необработанным зубом, кронштейны и т. д.), рекомендуется выполнять по I-II классам точности. Детали, имеющие обрабатываемые посадочные и сопрягаемые места и не требующие особой точности изготовления (шкивы, корпуса и крышки подшипников, коробки передач и т. д.), рекомендуется выполнять по III классу точности.

Допускается применение различных классов точности для размеров одной и той же отливки.

2. Величины не указанных на чертежах радиусов закруглений.

3. Допуски на смещение опок устанавливают в пределах  $\pm 1 \text{ мм}$ , а для крупных деталей  $\pm 1,5 \text{ мм}$ . Допускаемое смещение опок указывают обычно на чертежах корпусных деталей (корпуса и крышки редукторов, коробки передач, кронштейны коробчатой формы, шкивы, диски шкивов и т. д.).

4. Формовочные уклоны принимают по ГОСТу 3212—57.

Кроме приведенных обязательных пунктов технических условий на чертежах могут быть указаны дополнительные требования в зависимости от конструктивного назначения деталей.

5. Условные обозначения класса чистоты необработанных поверхностей по ГОСТу 2789—59.

6. При термической обработке должны быть указаны требуемые пределы твердости и места замера ее.

7. При предъявлении специальных требований к твердости, глубине отбела отливки, макро- и микроструктуре, гидроплотности, коррозионной стойкости, жаропрочности и другим параметрам, должны быть приведены пределы требуемых величин, а также метод и схема испытаний.

8. Данные (или ссылки на общие технические условия) о виде, количестве, размерах и местах расположения литейных дефектов (раковин, трещин, спаев и т. д.), допускаемых на отливках без устранения, а также о дефектах, допускаемых к устраниению и способы их устранения.

9. Место маркировки детали, характер ее (углубленная или выпуклая), а также шрифт и текст.

---

---

## ГЛАВА II

### ВЫБОР МАРКИ ЛИТЕЙНОГО СПЛАВА

При выборе материалов для деталей следует учитывать характер нагрузки на детали (статическая, динамическая или знакопеременная нагрузка), влияние размеров сечения детали (масштабный фактор), конструктивную форму (фактор формы) и, наконец, характер технологической обработки.

Выбор литейного сплава при конструировании литьих деталей, предназначенных для работы в заданных условиях, определяется служебными (механическими, физическими, химическими и др.) и технологическими (литейными, обрабатываемостью) свойствами, а также стоимостью.

Для изготовления литьих деталей применяют: чугун (серый, модифицированный, высокопрочный, ковкий, легированный), сталь (углеродистую, легированную), медные, алюминиевые, магниевые, цинковые, свинцовые, оловянные и никелевые сплавы.

При конструировании литьих деталей необходимо учитывать, что механические свойства металла могут быть неодинаковыми в различных по толщине сечениях отливки и даже по сечению (в центре и на периферии), а также в верхних и нижних частях отливки. Это особенно характерно для чугуна, у которого механические свойства в значительной степени определяются скоростью охлаждения отливки в форме и поэтому детали с различной толщиной стенок характеризуются разными механическими свойствами. Поэтому нельзя применять одни и те же формулы для расчетов сечений отливок из различных металлов и сплавов.

Как известно, металл при затвердевании приобретает различное кристаллическое строение (различную величину, форму и расположение зерен), зависящее от толщины сечения отливки, условий заливки и охлаждения. Кристаллическое строение, в свою очередь, определяет механические свойства литього изделия. Механические и иные свойства литьей детали в значительной степени могут быть изменены термической обработкой.

#### ЧУГУН

По ГОСТу 5200—50 чугуном называют сплав на основе железа, содержащий более 2% углерода. Нелегированным чугуном называют чугун, не содержащий других легирующих компонентов, кроме углерода.

Легированный чугун делят на низколегированный (не более 2,5% легирующих компонентов), среднелегированный (от 2,5 до 10% легирующих компонентов) и высоколегированный (более 10% легирующих компонентов).

Серый чугун. В соответствии с ГОСТом 1412—54 отливки из серого чугуна всех марок (кроме СЧ 00) должны отвечать определенным требованиям в отношении предела прочности при изгибе с определением стрелы прогиба или предела прочности при растяжении.

Так как механические свойства серого чугуна одного и того же химического состава в зависимости от толщины стенки, скорости охлаждения, технологии изготовления отливки, выплавки и состава шихты могут колебаться в

значительных пределах, то в технических условиях следует оговаривать только механические свойства и структуру, а химический состав должен быть ориентировочным (устанавливает литейщик).

Механические свойства серого чугуна определяются структурой металлической основы, а также формой и расположением графита. Включения графита действуют как внутренние надрезы, поэтому серый чугун с пластинчатым графитом характеризуется сравнительно низкой прочностью и особенно низкой пластичностью. Вместе с тем, наличие графита придает чугуну ряд ценных качеств (например, низкая чувствительность к вспышним надрезам, высокие циклическая вязкость и конструктивная прочность).

Серый чугун обладает лучшими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, малой усадкой, в значительно меньшей степени склонен к образованию напряжений и трещин), чем сталь. Детали из серого чугуна легко обрабатываются режущим инструментом, хорошо сопротивляются износу, впитывают и удерживают смазочные масла на трущихся поверхностях.

Серые чугуны и их механические свойства регламентированы ГОСТом 1412—54.

Изменение механических свойств серого чугуна приведено в табл. 1.

**1. Изменение механических свойств серого чугуна с увеличением диаметра литой заготовки**

Марка чугуна	Диаметр заготовки							
	30		50		100		200	
	$\sigma_b$ в $\text{kG/mm}^2$	Твердость HB						
СЧ 24-44	24	187—217	23	187—217	22	163—207	20	143—187
СЧ 28-48	28	170—241	27	170—241	26	170—229	25	170—217
СЧ 32-52	32		30		28		26	170—229
СЧ 35-56	35	197—255	31	197—255	30	197—255		197—241
СЧ 38-60	38		36		32		27	197—255

Твердость модифицированного чугуна с увеличением толщины образца уменьшается:

Толщина образца в мм	18	22	46	90	140
Твердость HB	248	223	223	223	220

Предел прочности при растяжении модифицированного чугуна зависит от диаметра литой заготовки:

Диаметр заготовки в мм . . .	32	50	76	100
Предел прочности при растяжении в $\text{kG/mm}^2$	37,1	37,6	36,8	32,5

Большое количество чугунных отливок, особенно металлургического оборудования, имеет толщину стенок 40—80 мм. Согласно ГОСТу 1412—54 механические свойства чугуна определяют на стандартных образцах, вырезанных из проб диаметром 30 мм, поэтому данные испытаний удовлетворяют при производстве чугунного литья с преобладающей толщиной стенок до 30 мм.

**2. Прочность чугунных деталей из серого и модифицированного чугунов**

Марка чугуна	К	Химический состав*			Предел прочности чугуна ( $\sigma_u$ или $\sigma_b$ ) в кГ/мм <sup>2</sup> при толщине стенок в мм					
		C	Mn	Si	10	15	20	25	30	35
СЧ 15-32	2,50	3,5—3,7	0,5—0,8	2,0—2,4	21,0—52,0***	20,0—50,0	18,0—45,0	16,7—41,5	15,0—37,5	13,7—34,5
	2,35				22,3—52,6	21,6—50,7	19,3—46,0	17,8—41,9	16,0—38,0	14,6—34,9
	2,25				23,6—53,3	22,6—51,3	20,6—47,0	18,8—42,3	17,0—38,5	15,6—35,3
СЧ 18-36	2,15	3,4—3,6	0,5—0,8	1,7—2,1	25,0—54,0	24,0—52,0	22,0—48,0	19,9—43,0	18,0—39,0	16,5—35,5
	2,11				25,8—55,3	24,8—53,2	22,8—48,8	20,8—44,7	19,0—40,7	17,5—37,2
	2,11				26,6—56,7	25,6—54,3	23,6—49,6	21,7—46,3	20,0—42,7	18,4—39,0
СЧ 21-40	2,10	3,3—3,5	0,6—0,9	1,6—1,9	27,5—58,0	26,5—55,5	24,5—50,5	22,5—48,0	21,0—44,0	19,4—40,6
	2,06				28,3—58,6	27,3—56,3	35,3—51,7	24,0—49,0	22,0—45,3	20,4—42,0
	2,04				29,1—59,3	28,1—57,2	36,1—52,9	25,0—50,0	23,0—46,6	21,4—43,4
СЧ 24-44	2,0	3,2—3,4	0,6—0,9	1,4—1,7	30,0—60,0	29,0—58,0	27,0—54,0	25,5—51,0	24,0—48,0	22,4—44,8
	1,98				31,0—60,5	30,0—58,8	28,0—54,7	27,0—51,9	25,0—49,0	23,3—45,7
	1,92				32,0—61,0	31,0—59,6	29,0—55,5	28,0—52,7	26,0—50,0	24,4—46,6
СЧ 28-48	1,85	3,1—3,3	0,7—0,9	1,2—1,5	33,0—61,0	31,0—57,0	29,5—54,5	28,0—52,0	26,3—48,5	
	1,82				31,0—60,5	30,0—58,8	28,0—54,7	27,0—51,9	25,0—49,0	
	1,80				32,0—61,0	31,0—59,6	29,0—55,5	28,0—52,7	26,0—50,0	
СЧ 32-52	1,78	3,0—3,2	0,7—1,0	1,0—1,3 1,3—1,6**	33,5—59,5	30,0—56,3	29,0—53,6	27,0—51,0	25,3—47,6	
	1,74				32,0—60,3	30,0—55,3	28,0—52,7	26,0—50,0	24,4—46,6	
	1,72				31,0—61,5	30,0—54,0	28,0—51,0	26,0—49,0	24,3—47,3	

\* Содержание фосфора в чугуне не более 0,3%; серы для марок СЧ 15-32, СЧ 18-36 и СЧ 21-40 не более 0,15%, для остальных марок не более 0,12%.

\*\* В жидкоком чугуне после модификации графитизирующими присадками.

\*\*\* Первое число — предел прочности при растяжении, второе — предел прочности при изгибе. Обозначения: ОЧ — отбеленный чугун.

Продолжение табл. 2

Выбор марки литейного сплава

Марка чугуна	<i>K</i>	Предел прочности чугуна ( $\sigma_u$ или $\sigma_b$ ) в кг/мм <sup>2</sup> при толщине стенок в мм							
		40	45	50	55	60	65	70	80
СЧ 15-32	2,50	12,6—32,0	11,8—29,5	11,0—27,5	10,4—26,0	9,9—25,0	9,4—23,5	9,0—22,6	8,5—21,3
	2,35	13,6—32,6	12,7—30,0	12,1—28,1	11,2—26,6	10,7—25,5	10,2—24,1	9,8—23,2	9,2—21,8
	2,25	14,7—33,2	13,6—30,5	12,9—28,7	12,1—27,2	11,5—26,0	11,0—24,7	10,5—23,8	9,9—22,3
СЧ 18-36	2,15	15,7—33,8	14,4—31,0	13,6—29,2	12,9—27,8	12,3—26,4	11,8—25,4	11,3—24,3	10,6—22,8
	2,11	16,5—35,3	15,3—32,7	14,5—30,9	13,8—29,4	13,2—28,0	12,6—26,9	12,1—25,9	11,4—24,2
	2,11	17,4—36,8	16,2—34,4	15,4—32,6	14,7—30,9	14,0—29,6	13,4—28,5	13,0—27,5	12,2—25,6
СЧ 21-40	2,10	18,2—38,2	17,1—36,0	16,3—34,2	15,5—32,5	14,9—31,2	14,3—30,0	13,8—29,0	12,9—27,0
	2,06	19,2—39,5	18,2—37,3	17,2—35,5	16,4—33,8	15,8—32,5	15,2—31,3	14,7—30,3	13,7—28,0
	2,04	20,1—40,8	19,1—38,6	18,1—36,8	17,4—35,2	16,7—33,9	16,1—32,5	15,6—31,6	14,6—29,6
СЧ 24-44	2,0	21,1—42,2	20,0—40,0	19,1—38,2	18,3—36,6	17,6—35,2	16,9—33,8	16,4—32,8	15,4—30,8
	1,98	22,0—43,1	20,9—41,0	20,0—39,1	19,2—37,6	18,5—36,1	17,8—34,8	17,3—33,8	16,3—31,8
	1,92	23,1—44,0	22,0—42,0	20,9—40,0	20,1—38,6	19,4—37,0	18,7—35,9	18,2—35,0	17,2—32,8
	1,88	24,0—45,0	22,9—43,0	21,8—41,0	21,0—39,6	20,3—38,0	19,6—37,0	19,1—36,0	18,1—33,8
СЧ 28-48	1,85	25,0—46,0	23,8—44,0	22,8—42,0	22,0—40,5	21,2—39,0	20,5—38,0	20,0—37,0	18,9—34,8
	1,82	26,0—47,2	24,8—45,4	23,8—43,4	23,0—41,9	22,2—40,6	21,5—39,3	21,0—38,4	19,8—36,2
	1,80	27,0—48,4	25,8—46,7	24,8—44,8	24,0—43,3	23,3—42,2	22,4—40,6	21,9—39,8	20,8—37,6
	1,78	28,0—49,7	26,8—48,1	25,8—46,2	25,0—44,6	24,2—43,8	23,5—41,9	22,8—41,2	21,8—39,0
СЧ 32-52	1,78	28,9—51,0	27,8—49,5	26,8—47,5	25,9—46,0	25,1—45,5	24,4—43,3	23,8—42,5	22,7—40,5
	1,74	29,8—52,0	28,7—50,3	27,6—48,3	26,7—46,8	26,0—46,3	25,2—44,0	24,5—43,1	23,5—41,0
	1,72	30,7—53,0	29,6—51,1	28,4—49,1	27,5—47,6	26,8—47,1	26,0—44,7	25,2—43,8	24,4—41,5

## 3. Рекомендации по применению серого чугуна (ГОСТ 1412—54)

Марка чугуна	Условия работы детали	Примерное назначение
СЧ 00	Детали неответственные	Опоки, рамки, грузы, простые опоры
СЧ 12-28	Слабонагруженные детали, износ которых не имеет большого значения	Строительные и бытовые отливки: колонны, оконные рамы, радиаторы, утюги, канализационные трубы и фасонные части к ним, посуда
	Слабонагруженные детали, деформация (коробление) которых должна быть минимальной	Корыта, крышки, кожухи, основания с привернутыми направляющими, плиты, стойки, подшипники, втулки, планшайбы, неответственные части сельскохозяйственных машин, швейных и пишущих машин
СЧ 15-32 СЧ 18-36	Детали, работающие при средних по величине напряжениях ( $\sigma_u \approx 1 \text{ кГ}/\text{мм}^2$ ), не допускающие большого коробления и старения	Автотракторное литье, ответственные части сельскохозяйственных машин, компрессорное литье, основания большинства станков, станины и другие детали сложной конфигурации
	Детали, работающие в условиях износа в сочетании с деталями из чугуна марки СЧ 21-40 при удельных давлениях между трущимися поверхностями $\leq 5 \text{ кГ}/\text{см}^2$	Салазки, столы, корпусы задних бабок, шестерни, кронштейны, люнеты, вилки переключения, шкивы, планшайбы
СЧ 21-40 СЧ 24-44	Детали, работающие при повышенных напряжениях ( $\sigma_u \approx 3 \text{ кГ}/\text{мм}^2$ )	Станины долбежных станков, вертикальные стойки фрезерных, строгальных и расточных станков
	Детали, работающие при условных удельных давлениях между трущимися поверхностями выше $5 \text{ кГ}/\text{см}^2$ (выше $1,5 \text{ кГ}/\text{см}^2$ в крупных отливках весом более $10 \text{ т}$ ) или подвергающиеся поверхности закалке	Станины с направляющими большинства металлорежущих станков, зубчатые колеса, маховики, тормозные барабаны, диски сцепления
	Детали, от которых требуется герметичность	Водо- и паропроводные отливки; гидроцилиндры, гильзы, корпуса гидравлических, золотников и клапанов среднего давления (до $80 \text{ кГ}/\text{см}^2$ ), вентили, задвижки, крышки, напорные трубы, фитинги и другая арматура
СЧ 28-48 СЧ 32-52 СЧ 35-56 СЧ 38-60	Детали, работающие при высоких условных напряжениях изгиба и растяжения ( $\sigma \approx 5 \text{ кГ}/\text{мм}^2$ )	Станины ножниц и прессов, блоки и плиты многошпиндельных станков, патроны токарных стакнов, зубчатые колеса
	Детали, работающие при удельных давлениях между трущимися поверхностями выше $20 \text{ кГ}/\text{см}^2$ или подвергающиеся поверхности закалке	Направляющие плиты, станины с направляющими револьверных, автоматических, токарных и других интенсивно нагруженных станков; муфты, кулачки; паропроводные и дизельные цилиндры, блоки автомобильных двигателей, коленчатые и кулачковые валы; рамы быстроходных двигателей
	Детали, от которых требуется высокая герметичность	Гидроцилиндры, корпусы гидравлических, золотников высокого давления

На заводе тяжелого машиностроения г. Электросталь экспериментально выведена зависимость между пределом прочности при изгибе  $\sigma_u$  и пределом прочности при растяжении  $\sigma_b$  для следующих марок чугуна:

Марка чугуна .		СЧ 15-32	СЧ 18-36	СЧ 21-40	СЧ 24-44	СЧ 28-48	СЧ 32-52
Коэффициент $K = \frac{\sigma_u}{\sigma_b}$		2,50	2,15	2,10	2,0	1,85	1,78

Марку серого или модифицированного чугуна в зависимости от преобладающей толщины стенки и заданных техническими условиями значений пределов прочности  $\sigma_u$  или  $\sigma_b$  выбирают по табл. 2, а в зависимости от конструкции и назначения детали — по табл. 3.

**Высокопрочный чугун с шаровидной формой графита.** Такой чугун имеет высокие механические свойства, обладает некоторыми специфическими технологическими и эксплуатационными свойствами: хорошей жидкотекучестью, малой величиной линейной усадки, незначительной склонностью к образованию горячих трещин, износостойкостью, высокими антифрикционными свойствами, высокой жаростойкостью при легировании его кремнием и алюминием; хорошо поддается механической обработке на станках, автогенной резке и допускает заварку литейных дефектов.

Высокопрочный чугун сохраняет свои механические свойства до температуры 450—500° С.

Отливки из высокопрочного чугуна почти однородны по всему сечению. Поэтому в пределах одной отливки допускается сочетание стенок 30—100 мм и 100—300 мм.

Ударно-эрзационная стойкость высокопрочного чугуна ВЧ 50-1,5 в 7 раз выше стойкости модифицированного чугуна и в 25 раз выше стойкости обычного серого чугуна марки СЧ 18-36.

Применяя различные виды термической обработки чугуна с шаровидным графитом (отжиг, нормализацию, изотермическую закалку), можно получать чугун с различной структурой и различными свойствами. Свойства чугуна с шаровидным графитом в ряде случаев позволяют применять его вместо стальных поковок, стального литья, ковкого чугуна, серого чугуна и бронзы.

По ГОСТу 7293—54 чугун с шаровидной формой графита делится на два класса: перлитный с пределом прочности  $\sigma_b = 45 \div 60 \text{ кГ/мм}^2$  и относительным удлинением  $\delta = 1,5 \div 2 \%$  и ферритный  $\sigma_b = 40 \div 45 \text{ кГ/мм}^2$  и  $\delta = 5 \div 10 \%$ .

Высокопрочный чугун может конкурировать с углеродистой сталью и значительно превосходит по своим свойствам серый чугун (табл. 4).

В **тяжелом машиностроении** из этого чугуна изготавливают детали горнозаводского оборудования дробильно-размольного оборудования (эксцентрики конусных дробилок весом 2500 кГ для дробления твердых горных пород), подъемно-транспортного оборудования (барабаны тельферов экскаваторов весом 1900 кГ, корпусы лебедок склоновых подъемников весом 1600 кГ, корпусы компрессоров, детали буровых машин, задвижки и арматуру крекинговых установок и др.), крупные штампы и коленчатые валы.

В **станкостроении** высокопрочный чугун применяют вместо серого чугуна для изготовления станин, кареток, барабанов, корпусов насосов гидроприводов и других деталей.

В **турбостроении** высокопрочный чугун используют для ряда ответственных деталей, ранее изготавливавшихся из стали.

В **автомобильном, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении** из высокопрочного чугуна изготавливают коленчатые валы, поршни, гильзы, шатуны, кулачковые валики, лемехи плугов и др.

Институтом проблем литья АН УССР совместно с Харьковским моторостроительным заводом «Серп и молот» разработана и внедрена в производство новая марка высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, условно обозна-

## 4. Сравнительная характеристика механических свойств отливок

Показатели	Серый чугун (ГОСТ 1412-54)	Ковкий чугун (ГОСТ 1215-41)	Углеродистая сталь (ГОСТ 977-65)	Модифицированный чугун МСЧ (ГОСТ 14112-54)	Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293-54)
Предел прочности при растяжении $\sigma_b$ в кГ/мм . . . . .	12—24	30—40	40—60	28—38	40—60
Предел текучести $\sigma_t$ в кГ/мм <sup>2</sup> . . . . .	—	12—28	20—35	—	30—42
Предел пропорциональности $\sigma_{pc}$ в кГ/мм <sup>2</sup> . . . . .	—	—	—	—	27—40
Предел прочности при сжатии $\sigma_c$ в кГ/мм <sup>3</sup> . . . . .	≤100	≤130	—	≤140	≤240
Предел прочности при изгибе $\sigma_u$ в кГ/мм <sup>2</sup> . . . . .	28—44	—	—	48—60	60—130
Модуль упругости $E$ в кГ/см <sup>2</sup> . . . . .	$13 \cdot 10^3$	$(15 \div 17) \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^3$	$(13 \div 10) \cdot 10^3$
Ударная вязкость (образец 20×20 без надреза) $a_k$ в кДж/см <sup>2</sup>	≤1,0	≤8,0	≤15,0	≤1,2	1,5—3,0
Относительное удлинение $\delta$ % . . . . .	—	≤12	10—24	—	1,5—10
Усталостная прочность (с надрубом сбразда) $\sigma_1$ в кг/мм <sup>2</sup>	≤14 ≤12	≤14 ≤12	23 16	≤15 ≤14	16—32 57
Стрела прогиба образца длиной 300 мм в мм . . . . .	2,5	—	—	3	4—16
Твердость HB . . . . .	143—241	149—201	—	170—269	156—269

## 5. Изменение механических свойств ковкого чугуна в зависимости от диаметра литой заготовки

Диаметр заготовки	Диаметр образца	Механические свойства		
		Предел прочности при растяжении $\sigma_b$ в кГ/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$	Относительное сужение поперечного сечения $\phi$
в мм				
16,0		39,7	25,0	26,2
19,0		38,7	20,5	19,7
22,5	16,0	37,9	15,5	14,2
25,4		37,8	14,5	13,0

ченная ВЧ 70-3-2, где 70 — минимальное значение относительного удлинения в %; 2 — минимальное значение ударной вязкости в кДж/см<sup>2</sup>. Эти свойства значительно превышают соответствующие показатели механических свойств, предусмотренные ГОСТом 7293—54 для наиболее прочной марки чугуна с шаровидным графитом ВЧ 60-2.

Чугун ВЧ 70-3-2 отличается высокой износостойкостью и усталостной прочностью, малочувствителен к концентриаторам напряжений. Износостойкость

## 6. Рекомендации по применению ковкого чугуна (ГОСТ 1215—59)

Марка чугуна	Примерное назначение
КЧ 30-6	Фитинги, вентили, детали сельскохозяйственных машин, корпусы пневматических инструментов, детали оптических приборов
КЧ 33-8	Детали тормозов, хомуты, педали, колодки, ключи
КЧ 35-10 КЧ 37-12	Картеры — заднего моста, дифференциала и руля, ступицы колес, кронштейны двигателя и рессор, тормозные колодки, педали, пробки, балансиры, катки, втулки в автомобильной и тракторной промышленности
КЧ 45-6 КЧ 50-4 КЧ 56-4	Зубчатые колеса, червячные колеса, поршни
КЧ 60-3 КЧ 63-2	Износостойкие детали: звенья цепей, банкоброши; подшипники, зубчатые колеса

## 7. Рекомендации по применению жаростойкого чугуна

Марка чугуна	Температура окружающей среды, °C	Примерное назначение
ЖЧХ-0,9	600	Шиберы газогенераторов, колосники, охлаждающие рамы к мартеновским печам
ЖЧХ-1,5	650	Колосник и колосникодержатели, охлаждающие рамы к мартеновским печам, дистанционные гребешки паровых котлов, рекуператорные трубы, гребки и зубья колчеданных печей
ЖЧХ-2,5	700	Колосники, дистанционные гребенки паровых котлов, зубья к гребкам колчеданных печей. Механическая обработка этого чугуна затруднительна.
ЖЧС-5,5	850	Рекуператорные трубы, дроссельные клапаны, охлаждающие рамы к мартеновским печам, отражательные щитки для угольных топок, подколосниковые балки для паровых котлов
ЖЧНДХ-15-7-2	600	Втулки клапанов, шаровые соединения выхлопов, гильзы цилиндров автомобильных двигателей, детали приборов авиадвигателей. Кроме жаростойкости детали должны быть износостойкими
ЖЧСШ-5,5-0,1	950 (1000)*	Рекуператорные трубы, колосники. При отливке деталей сложной конфигурации следует учитывать повышенную склонность этого чугуна к холодным трещинам, возрастающую с увеличением содержания кремния

\* При содержании кремния более 5,5%.

**8. Рекомендации по применению коррозионно-стойкого и жаропрочного чугуна**

Марка чугуна	Назначение и условия эксплуатации	Характерные детали
ЧНХТ	Для деталей поршневых двигателей внутреннего сгорания, газомоторных компрессоров и деталей машин целлюлозно-бумажного производства, работающих в условиях износа, газовых сред и водных растворов	Маслоты для поршневых компрессионных и маслосъемных колец, седла и направляющие втулки клапанов дизелей и газомоторных компрессоров. Детали сглаживающих прессов и гарнитура размольных мельниц бумагоделательных машин
ЧН1ХМД	Для деталей поршневых машин, двигателей внутреннего сгорания и компрессоров, работающих в условиях износа и газовой коррозии (продукты сгорания топлива, технический кислород и т. д.)	Блоки и головки цилиндров, выхлопные патрубки двигателей внутреннего сгорания, паровых машин и турбин. Поршни и гильзы цилиндров паровых машин и крупных тепловозных и судовых дизелей, детали кислородных и газовых мотокомпрессоров
ЧН1МШ	Для тех же деталей, которые указаны для чугуна марок ЧНХТ и ЧН1ХМД, но с повышенными механическими свойствами и термостойкостью при температуре эксплуатации до 500° С	Крышки и днища цилиндров дизелей, головки поршней, маслота для поршневых колец
ЧН15Д7Х2; ЧН15Д3ХШ	Для деталей с высокой коррозионной и эрозионной стойкостью в щелочах, слабых растворах кислот, серных кислотах любой концентрации до 50° С, в морской воде, в среде перегретых водяных паров. Чугуны имеют высокий коэффициент термического расширения, немагнитны при низком содержании хрома	Вставки гильз цилиндров, головки поршней, седла и направляющие втулки клапанов, выхлопные коллекторы двигателей внутреннего сгорания. Насосы, вентили, клиновые задвижки в нефтеперерабатывающей и химической промышленности, а также арматуроустройства. Немагнитные литьевые детали
ЧН19Х3Ш; ЧН1Г7Х2Ш	Для деталей, работающих под нагрузкой при повышенных температурах (до 600° С), а также деталей, указанных для чугуна марок ЧН15Д7Х2 и ЧН15Д3ХШ	Выпускные коллекторы, клапанные направляющие, корпуса турбонагнетателей и газовых турбин, головки поршней, корпуса насосов, вентили и немагнитные детали

чугуна этой марки в условиях трения со смазкой и абразивного трения выше износостойкости чугуна ВЧ 60-2 на 40—50%. Чугун ВЧ 70-3-2 применяют для производства нагруженных деталей машин (коленчатые валы, гильзы, распределительные валы и др.) взамен отливок, поковок и штамповок из углеродистой и легированной стали, ковкого чугуна и сплавов цветных металлов.

**Ковкий чугун** (ГОСТ 1215—59). Отливки из ковкого чугуна получают путем отжига белого чугуна с целью придания ему необходимых механических свойств и получения структуры, состоящей из феррита, перлита и углерода отжига.

Изменение механических свойств ковкого чугуна в зависимости от диаметра литой заготовки приведено в табл. 5.

Назначение различных марок ковкого чугуна указано в табл. 6.

**Жаростойкий чугун.** Отливки из этого чугуна можно эксплуатировать при температурах до 1000°С; основные требования к отливкам: ростоустойчивость и окалиностойкость. Механические свойства и химический состав этих чугунов регламентированы ГОСТом 7769—63.

Назначение различных марок жаростойкого чугуна (по ЦНИИТМАШ) указано в табл. 7.

**Коррозионно-стойкий и жаропрочный чугун.** Отливки из коррозионно-стойкого и жаропрочного чугуна, марки которых в отношении механических свойств и химического состава регламентированы ГОСТом 11849—66, предназначены для эксплуатации при температурах до 600°С.

Коррозионно-стойкие чугуны предназначены для эксплуатации преимущественно в газовых средах (продукты сгорания топлива), жаропрочные чугуны — для эксплуатации при повышенных температурах под нагрузкой. Рекомендации по выбору марок коррозионно-стойкого и жаропрочного чугунов в зависимости от конструкции и назначения детали приведены в табл. 8.

**Антифрикционный чугун.** ГОСТ 1585—57 предусматривает три группы отливок из антифрикционных чугунов:

серый с пластинчатым графитом марок АСЧ-1, АСЧ-2, АСЧ-3;

высокопрочный с шаровидной формой графита марок АВЧ-1, АВЧ-2;

ковкий с углеродом отжига глобулярной формы марок АКЧ-1, АКЧ-2.

Отливки из этого чугуна применяют для подшипников, втулок и других деталей.

Применение антифрикционного чугуна в подшипниках требует соблюдения следующих условий:

тщательный монтаж — точное сопряжение трещущихся поверхностей и отсутствие перекоса;

непрерывная и качественная смазка;

увеличение зазоров по сравнению с установленными для бронзы (увеличение составляет 15—30%, а при наличии значительного нагрева подшипника в работе до 50%);

приработка на холостом ходу и постепенное повышение рабочих нагрузок; недопустимость искрения.

При применении отливок из антифрикционного чугуна в узлах трения, работающих при окружных скоростях 2; 3 и 5 м/сек, необходимо руководствоваться специальными инструкциями.

## СТАЛЬ

Химический состав и механические свойства углеродистой стали регламентированы ГОСТом 977—65, низко- и среднелегированных — ГОСТом 7832—65, высоколегированных — ГОСТом 2176—57.

Структура и механические свойства углеродистой стали определяются практически только содержанием в ней углерода, так как влияние остальных элементов из-за их небольшого содержания очень незначительно. Практически

### 9. Изменение механических свойств стали с содержанием углерода 0,27% в зависимости от диаметра заготовки

Диаметр заготовки в мм	Механические свойства		
	Предел прочности при растяжении $\sigma_b$ в кГ/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$	Относительное суже- ние поперечного сечения $\phi$
		в %	
25	54,0	25,0	38,0
50	52,5	22,0	36,0
70	50,0	21,0	35,5

## 16. Характеристика и назначение сталей

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначение
<i>A. Конструкционные литье стали</i>			
20Л	ГОСТ 977-65	<p>Коррозионная стойкость низкая. Жидкотекучесть средняя. К литьным трещинам не склонна.</p> <p>Хорошая свариваемость ручной дуговой, автоматической дуговой сваркой в среде защитных газов и электродуговой сваркой. После сварки рекомендуется термообработка</p>	<p>Арматура, шаботы, детали трубопроводов, фасонные стальные отливки, изготавляемые методом выплавляемых моделей и применяемые для изготовления деталей общего назначения. Широко применяют в комбинированных литьо-сварных конструкциях. В нефтеперерабатывающем машиностроении: крышки, патрубки, фланцы приварные, детали арматуры и насосов, работающие при температуре от <math>-40</math> до <math>+450^{\circ}\text{C}</math> под давлением</p>
25Л			<p>Станины прокатных станов, шквины, траверсы, кронштейны, поршины, буksы, крышки цилиндров, плиты настольные, рамы роликовых транспортеров, рамы тележек мульд, корпусы подшипников, рычаги, балансиры, зубчатые колеса, шаботы, маховики, арматура паровых турбин и котлов, оси, валы, бабы и детали, идущие на сварные конструкции с большим объемом сварки; различные детали с.-х. машиностроения. В нефтеперерабатывающем машиностроении: крышки, патрубки, фланцы приварные, детали арматуры и насосов, работающие при температуре от <math>-40</math> до <math>+450^{\circ}\text{C}</math> под давлением</p>
30Л			<p>Корпусы и обоймы турбомашин, детали гидротурбин, станины прокатных станов, балансиры, рычаги, комбинированные конструкции с большим объемом сварки, корпусы червячных редукторов, муфты</p>
35Л		<p>Коррозионная стойкость низкая. Жидкотекучесть средняя. К образованию литьевых трещин мало склонна. Хорошая свариваемость ручной дуговой, автоматической дуговой сваркой в среде защитных газов и электрошлиаковой сваркой; необходим подогрев и последующая термообработка</p>	<p>Корпусы и обоймы турбомашин, детали гидротурбин, станины прокатных станов, балансиры, тяги, тормоза, шайбы, колеса, шестерни, маховики, бегунки, бабы паровых молотов и другие детали, работающие при вибрационной и ударной нагрузках, детали с.-х. машин и детали для нефтеперерабатывающей промышленности, не подлежащие сварке и работающие при температуре от <math>-30</math> до <math>+450^{\circ}\text{C}</math> под давлением</p>

Продолжение табл. 10

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначен
45Л			Ответственные детали, от которых требуется повышенная прочность и высокое сопротивление износу: зубчатые венцы, зубчатые колеса, станины, муфты, тормозные диски, стяжные кольца плавающих головок подогревателей и теплообменников, работающих при температуре от $-30$ до $+450^{\circ}\text{C}$ под давлением
55Л		Коррозионная стойкость низкая. Жидкотекучесть средняя. Мало склонна к образованию литьевых трещин. Трудно сваривается ручной дуговой сваркой; необходим подогрев и последующая термообработка	Зубчатые колеса, зубчатые муфты подъемно-транспортных машин, ходовые колеса, бегунки, валки крупных, средних и мелкосортных станов для прокатки мягкого металла
70Л	Марочник стали для машиностроения	Коррозионная стойкость низкая. Ударная вязкость в $\text{кДж}/\text{см}^2$ : 1,3 при $+20^{\circ}\text{C}$ ; 1,3 » $0^{\circ}\text{C}$ ; 0,9 » $-20^{\circ}\text{C}$ ; 0,8 » $-40^{\circ}\text{C}$ ; 0,6 » $-60^{\circ}\text{C}$	Ходовые колеса до диаметра 1000 мм мостовых бранов большой грузоподъемности
35ГЛ	ГОСТ 7832-65	Коррозионная стойкость низкая. Сталь склонна к образованию трещин при закалке в воду. Сваривается ручной дуговой и автоматической дуговой сваркой в среде защитных газов; необходим подогрев и последующая термообработка	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы, крестовины, траверсы, ступицы, вилки, зубчатые колеса, валы, кулачковые муфты, крышки подшипников, цапфы, прямые и обратные лопатки, ковши драглайнов, решетчатые стрелы и другие тяжелонагруженные детали экскаваторов. Щеки дробилок, бандажи бегунов и другие детали дробильно-размольного оборудования
20ГСЛ		Коррозионная стойкость низкая. Жидкотекучесть удовлетворительная. Сталь слабо склонна к образованию литьевых трещин. Сваривается ручной дуговой, автоматической дуговой сваркой в среде защитных газов и электрошлаковой сваркой. Рекомендуется последующая термообработка	Лопати гидротурбин с облицовкой листами из нержавеющей стали, зубчатые венцы, зубчатые колеса, втулки, лопатки, сектора, колонны
30ГСЛ		Коррозионная стойкость низкая. Сваривается ручной дуговой сваркой в среде защитных газов и электрошлаковой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Зубчатые колеса, ролики, обоймы, зубчатые венцы, рычаги, фланцы, шкивы, сектора, колонны
40ХЛ		Коррозионная стойкость низкая. К литьевым трещинам мало склонна. Сваривается ручной дуговой сваркой и электрошлаковой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Фасонные отливки, изготавливаемые по выплавляемым моделям, отливки небольших сечений и простой формы

Продолжение табл. 10

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначение
40Г2Л	Марочник стали для машиностроения	Коррозионная стойкость низкая	Детали, испытывающие большие напряжения, подвергающиеся износу и ударным нагрузкам: ходовые и зубчатые колеса, бандажи и другие детали
70ХЛ			Футеровка шаровых стержневых мельниц, бегунки, взамен стали Г13Л, когда требуется механическая обработка
25ХГСЛ			Детали фонтанной арматуры, корпуса и крышки превенторов, колонные головки и другие детали нефтяного машиностроения, испытываемые гидравлическим давлением
15Х1М1ФЛ	ТУ МВН 632-63 ПМТУ 44-62	Сваривается ручной дуговой сваркой; необходим предварительный и сопутствующий подогрев и последующая термообработка	Отливки турбин, детали арматуры для работы при температуре до 585° С
20ХМЛ	ГОСТ 7832-65 МВН 632-63	Сваривается ручной дуговой сваркой; необходим подогрев и последующая термообработка	Фасонное литье для деталей паровых и газопаровых турбин. Литая арматура и детали трубопроводов. Рабочая температура 500—510° С
1Х12ВНМФЛ (ЭИ802Л, Х11ЛБ, 15Х12ВНМФЛ)	ТУ заводов	Сваривается ручной дуговой сваркой, необходим предварительный и сопутствующий подогрев и последующая термообработка	Литые детали турбин (цилиндры, сопла, диaphragмы) и арматура с рабочей температурой до 580—600° С
1Х11МФБЛ, (15Х11МФБЛ, Х11ЛА)	ТУ 49-2004-59 ЛМЗ		Литые турбинные детали с рабочей температурой до 580° С
12Х11В2НМФЛ (ЦЖ5)	ТУ ВАЗ		Детали арматуры и другие для работы при температуре 590—610° С, лопатки
Х18Н9ТЛ (1Х18Н9ТЛ, ЭЯ1ТЛ)	ГОСТ 2176-57	Жаропрочная при температуре до 600° С; сваривается ручной дуговой сваркой	Литые детали газодувных машин, работающих в условиях воздействия агрессивных сред; отливки разного назначения для энергомашиностроения, химической и нефтяной, промышленности. Применяют для отливки деталей, работающих в разбавленных растворах азотной, уксусной и фосфорной кислот, растворах щелочей и солей

Продолжение табл. 10

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначение
X21H5TЛ	Исследования НИИХИММАШа	По коррозионной стойкости в азотной кислоте и в некоторых других средах может явиться заменителем стали X18H9TЛ. При конструировании отливок следует избегать резких переходов в сечениях отливок, выступов и больших припусков на механическую обработку. Сваривается ручной дуговой сваркой	Литые детали химического оборудования (корпусы насосов, кронштейны, крыльчатки, фитинги)
X5МЛ	ТУ Н656-53 ТУ Н701-57	Сваривается ручной дуговой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Фланцы, патрубки, детали трубопроводов, арматура, насосы, печные двойники и другие детали, работающие при температуре от -40 до +550° С под давлением в серосодержащих средах
X5TЛ			Печные двойники и арматура, детали трубопроводов, работающие при температуре 425° С под давлением в серосодержащих средах
X8ВЛ	ТУ Н806-56		Печные двойники, арматура, детали трубопроводов и другие детали, работающие при температуре 575° С под давлением в серосодержащих средах
35ХГСЛ	ГОСТ 7832-65	Коррозионная стойкость низкая. Сваривается ручной дуговой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Зубчатые колеса, звездочки, оси, валы, муфты и другие ответственные детали, работающие в условиях, требующих повышенной износостойчивости
30ХМП	Марочник УЗТМ	Коррозионная стойкость низкая. Сваривается ручной дуговой и автоматической сваркой в среде защитных газов; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, горизонтальные валки слябинга и другие детали
Л27СГТ	ТУ БСЛ 315 (ЧТЗ)	Коррозионная стойкость низкая. Сваривается ручной дуговой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Некоторые детали тракторов, подвергающиеся улучшению

Продолжение табл. 10

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначение
Г13Л	ГОСТ 2176—57	Коррозионная стойкость низкая. Модуль нормальной упругости 20800 кГ/мм <sup>2</sup>	Детали, к которым предъявляют высокие требования износостойчивости: щеки, конусы и била дробилок, бронефутеровочные плиты различных дробилок и мельниц, зубья и передние стени ковша экскаватора, черпаки и козырьки драг, звенья гусениц тракторов и экскаваторов, железнодорожные крестовины, малые конусы загрузочных устройств доменных печей

*Б. Теплоустойчивые, жаропрочные и коррозионно-стойкие литьевые стали и сплавы*

X25H13АТЛ	Заводские ТУ 256—58 Н3Л	При температуре выше 600—650° С и длительных сроках службы отливки можно применять только в условиях низких рабочих напряжений. Литейные свойства хорошие	Литые детали, предназначенные для работы при высоких температурах в окислительных средах с малым и средним содержанием сернистых газов; руばшки цилиндров газовых турбин
X25H20С2 (ЭИ283)	ГОСТ 5632—61, отливки по АМТУ 433-58	Окалиностойкая нержавеющая, по структуре принадлежит к austенитному классу, немагнитная	Детали печей с рабочей температурой до 1100° С в воздушной и углеводородной атмосферах
X28Л	ГОСТ 2176—57	Кислотостойкая и окалиностойкая до температуры 1000° С. Применяют без термообработки. Отливки пригодны для аппаратов, работающих под давлением. Ручной дуговой сваркой сваривается трудно	Печная арматура, плиты, брусья, литые детали химических аппаратов и сосудов, центробежных насосов, конденсаторов. Цилиндры, корпусы золотников, поршни, кулачки, трубы, мешалки, работающие в щелочах высокой концентрации, в азотной кислоте, в растворах солей при температуре до 1000° С
X34Л	ГОСТ 2176—57	—	Литые детали аппаратов и сосудов (мешалки, кулачки, цилиндры), работающие в среде газов SO <sub>2</sub> и SO <sub>3</sub> , щелочах высокой концентрации, в азотной кислоте, подверженные сильному абразивному износу

Продолжение табл. 10

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначение
X18H12M3ТЛ	ГОСТ 2176—57	Жаропрочная до температуры 800° С, кислотостойкая и не подвержена межкристаллитной коррозии	Оборудование для производства жирных кислот, ацетилцеллюлозы. Отливки, работающие в слабых растворах серной кислоты, в средах, содержащих ионы хлора
X28H48B5Л	ТУ ОН 48004/24-63	Относится к нержавеющим, окалиностойким сплавам. По структуре принадлежит к austenитному классу. Литейные свойства удовлетворительные	Детали печей с рабочей температурой до 1200° С
X21H6M2ТЛ	Марочник НИИХИММАШа	Коррозионная стойкость высокая в слабых растворах серной, фосфорной, муравьиной, лимонной и других кислот. По коррозионной стойкости в слабых растворах серной, фосфорной, муравьиной кислот может быть заменителем стали X18H12M2ТЛ. Сваривается ручной дуговой сваркой	Литые детали химического оборудования (корпусы насосов, кронштейны, крыльчатки, фитинги)
X23H7СЛ	МРТУ 2-04-12-63	Сваривается ручной дуговой сваркой	Детали трубчатых печей (трубные подвески, решетки, кронштейны) и другие детали, работающие при температуре до 1000° С
X24H12СЛ (ЭИ316)	ГОСТ 2176—57	Сталь окалиностойкая жаропрочная. По структуре принадлежит к austenитному классу. Сваривается ручной дуговой сваркой. Литейные свойства удовлетворительные	Детали печей с рабочей температурой до 1000° С (трубные подвески, решетки, кронштейны)
4Х9С21	ГОСТ 2176—57		Клапаны выпуска автомобильных, тракторных и дизельных моторов, трубы рекуператоров, теплообменники, колосники. Литые детали печей нефтезаводов, работающие при температуре до 700°
1Х12СЮЛ (ЭИ404, Х12ЮС)	ГОСТ 5632—61	Коррозионно-стойкая в серосодержащих средах	Печная арматура, клапаны автотракторных двигателей и другие детали, работающие с пониженной нагрузкой при температуре до 900° С

Продолжение табл. 10

Марка	ГОСТ, ТУ	Характерные особенности	Назначение
0Х12НД1	ВТУ	Сваривается ручной дуговой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Для элементов лито-сварных конструкций рабочих колес радиально-осевых гидротурбин
20Х13НЛ	Марочник МТМ	Сваривается ручной дуговой сваркой и электрошлаковой сваркой; необходим предварительный подогрев и последующая термообработка	Лопатки гидротурбин
1Х13Л	ГОСТ 2176—57	Сваривается ручной дуговой и автоматической сваркой в среде защитных газов. Подогрев и термообработку применяют в зависимости от вида сварки и назначения конструкции	Литые детали турбин для работы до температуры 500° С (лопатки, рабочие колеса, сегменты сопел)
2Х13Л	ГОСТ 2176—57		Фасонное литье: рабочие и направляющие лопатки компрессоров, рабочие колеса, арматура крекинг-установок, сегменты сопел, направляющие аппараты, корпусы насосов и другие детали для работы до температуры 500° С, предметы домашнего обихода
0Х18Н3ГЭД2Л	ТУ 1307	Кавитационная, с повышенной гидроизносостойкостью. Сталь аустенито-ферритная с метастабильным аустенитом. Сваривается ручной и автоматической дуговой сваркой	Отливки и лито-сварные конструкции деталей проточной части гидротурбин, работающие в условиях наносов при напорах, не превышающих 80 м
Х25ТЛ	ГОСТ 2176—57	Сталь окалиностойкая до температур 1100° С	Литые детали аппаратов и сосудов, работающие в разбавленных растворах азотной, фосфорной, уксусной, лимонной и других кислот; в средах производства мочевины, различных красителей; печная арматура, плиты

в углеродистых сталях для отливок содержание углерода не превышает 0,6% и поэтому структура таких сталей состоит из феррита и перлита. При увеличении содержания углерода повышается прочность и снижается пластичность стали. Это связано с уменьшением в ее структуре феррита и увеличением перлита. Большое влияние на механические свойства оказывает характер термической обработки стали.

При конструировании литых деталей из стали необходимо учитывать изменение механических свойств металла от одного сечения к другому (не так резко, как у чугуна).

Изменение механических свойств стали с увеличением диаметра литьй заготовки приведено в табл. 9.

Основным преимуществом низколегированных сталей являются более высокие, чем у углеродистых, значения предела прочности при тех же пластических свойствах (особенно после закалки и отпуска). Увеличение предела текучести дает возможность принимать более высокие допускаемые напряжения, т. е. уменьшать расход металла. Большинство низколегированных сталей обеспечивают одинаковую структуру и равномерные механические свойства по всему поперечному сечению отливок.

Среднелегированные стали отличаются от углеродистых не только повышенными прочностными свойствами, но и лучшими физическими и химическими свойствами, например, высокой стойкостью в условиях морской воды и в других средах.

Высоколегированные стали имеют специальное назначение (нержавеющие, жаропрочные, кислотостойкие, окалиностойкие, износостойкие и т. д.).

Рекомендации по выбору литейных марок стали в зависимости от конструкции и назначения детали приведены в табл. 10. Эти рекомендации составлены с учетом унификации марок стали [37].

В табл. 10 не вошли стали, химический состав и физико-механические свойства которых близки к приведенным в таблице. Кроме того, не включены стали нерационально легированные дефицитными элементами и не имеющие преимуществ перед другими, более рационально легированными сталью, а также стали нетехнологичные и малораспространенные. Перечень этих сталей приведен в табл. 11.

#### 11. Стали, не указанные в табл. 10, и их заменители

Марка стали	Причина	Заменитель	Марка стали	Причина	Заменитель
15Л 40Л 50Л 65Л	Включена аналогичная марка	20Л 45Л 55Л 70Л	ЭИ402М-Л ЛА1 ЛА3 ЛА4 ЛА5	Не распространены	— — — —
40РЛ 32Х06Л 40ХГРЛ 30ГЛ 40ГЛ 45ГЛ 25ГСЛ	Не распространены	45Л 35ХЛ, 40ХЛ 35ГСЛ 35ГЛ 35ГЛ 40ХЛ 20ГСЛ. 30ГСЛ	12ХМХЛ 20ХМФЛ	Мало распространены	—
15Х1МФКРЛ				Недостаточно освоенная	15Х1М1ФЛ
30ХГМЛ 20ХСЛ 30ХМФЛ 35ХМЛ	Включена аналогичная марка	30ХМЛ 25ХГСЛ 30ХМЛ 30ХМЛ	28ХМФЛ 0Х13Л 0Х17М5Л 25Х14Л Х23Н6СЛ Х6С2МЛ Х25М2Л Х25Н13Л Х20М12ТЛ 2Х18Н9Л 0Х17Н13М2ТЛ Х23М7СЛ	Мало распространены	— — — — — — — — — — — — — — — —
30ХНМЛ 35ХНЛ	Легированы дефицитными элементами	30ХМЛ 30ХМЛ			
30ХГСНМЛ 30Х10Г10Л 45Г17ЮЗЛ	Не распространены	35ХГСА 1Х18Н3Д3			
Х26М20Л	Устаревшая	—			

## МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Медные литейные сплавы делят на бронзы и латуни. Бронзы, в свою очередь, делят на оловянные (сплавы меди с оловом и другими элементами) и безоловянные (специальные сплавы меди с алюминием, железом, марганцем, никелем и другими элементами).

### 12. Рекомендации по применению литейных бронз

Марка	ГОСТ, ТУ	Условия работы детали	Примерное назначение
<i>Бронзы литейные оловянные</i>			
Бр. ОЦН 3-7-5-1	ГОСТ 613-50	Детали, работающие в среде морской и пресной воды, воздуха, масла, жидкого топлива и пара при температуре до 250° С, давлении до 25 кГ/см <sup>2</sup> и относительной скорости морской воды до 12 м/сек	Детали клапанов, задвижек, кранов, корпуса и крыльчатки насосов, крышки подогревателей и конденсаторов опреснителей, конденсатные и паровые коробки опреснителей, крышки и диски холодильников, опреснителей, корпуса и детали фильтров, втулки и подшипники судовых машин и механизмов, а также нефтяных насосов. Антифрикционные детали
Бр. ОЦС 5-5-5		Детали узлов трения, работающие в условиях спокойной и ударной нагрузок (удельная нагрузка $p \leq 100 \text{ кГ/см}^2$ , скорость скольжения $v \leq 6 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 75 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2\text{сек}$ ) со смазкой, а также детали, работающие в среде морской и пресной воды, масла, жидкого топлива и пара с температурой до 200° С при гидравлическом давлении до 10 кГ/см <sup>2</sup>	Подшипники, втулки, сальники, малонагруженные червячные венцы и шестерни, клапаны, золотники, арматура. Антифрикционные детали
Бр. ОЦС 3-12-5		—	Арматура, работающая в пресной воде и парах под давлением до 25 кГ/см <sup>2</sup> , может быть использована для антифрикционных деталей
Бр. ОЦС 6-6-3		Для червячных колес, скорость до 6 м/сек	Антифрикционные детали. Подшипники скольжения, червячные колеса, гайки ходовых винтов, втулки, детали арматуры (клапаны, задвижки, краны)
Бр. ОЦС 4-4-17		—	Антифрикционные детали. Подшипники скольжения, работающие при повышенных скоростях или затрудненных условиях смазки; гайки ходовых винтов
Бр. ОЦС 3.5-7-5		—	Антифрикционные детали. Тракторные детали

Продолжение табл. 12

Марка	ГОСТ, ТУ	Условия работы детали	Примерное назначение
Бр. ОЦ 10-2	АМТУ 211-51	Детали узлов трения, работающие при смазке водой и удельной нагрузке $p = 15 \text{ кГ/см}^2$ , скорости скольжения $v \leq 10 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 150 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2 \text{ сек}$	Облицовка гребных валов диаметром более 250 мм, работающих в паре с бакаутом, текстолитом и резиной
Бр. ОФ 10-1	АМТУ 211-51	Детали узлов, работающие при спокойной и ударной нагрузках и интенсивном износе в результате трения; удельная нагрузка $p \leq 250 \text{ кГ/см}^2$ , скорость скольжения $v \leq 5 \text{ м/сек}$ , $pv = 400 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2 \text{ сек}$	Втулки подшипников двигателей внутреннего сгорания, зубчатые и червячные колеса
Бр. ОФ 6,5-0,15	ГОСТ 5017-49	Детали узлов трения, изготовленные с холодным наклепом и работающие в условиях спокойной и ударной нагрузок; удельная нагрузка $p \leq 280 \text{ кГ/см}^2$ , скорость скольжения $v \leq 5 \text{ м/сек}$ , $pv = 450 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2 \text{ сек}$	Втулки подшипника верхней головки шатуна двигателей внутреннего сгорания
<i>Бронзы литейные безоловянные</i>			
Бр. АМц. 10-2	ГОСТ 493-54*	Детали, работающие в условиях спокойной и ударной нагрузок, в среде морской и пресной воды, влажного воздуха, масла, жидкого топлива и пара при температуре до $265^\circ\text{C}$ , давлении до $100 \text{ кГ/см}^2$	Араматура с условным проходом до 32 мм включительно, втулки и подшипники гидравлических и секторных рулевых машин, брашпилей, лебедок, кранов; роторы насосов переменной производительности, венцы червячных колес редукторов секторных рулевых машин, шпилей, брашпилей, лебедок, кранов, втулки сальников, шпинделя и крышки клапанов; штоки поршней водяных цилиндров насосов, различные детали тихоходных и малонагруженных узлов трения ручных машин
Бр. АМц 9-2Л		Детали узлов трения, работающие при жидкой или консистентной смазке минеральными маслами и удельной нагрузке $p \leq 100 \text{ кГ/см}^2$ , при скорости скольжения $v \leq 3 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 150 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2 \text{ сек}$	

Продолжение табл. 12

Марка	ГОСТ, ТУ	Условия работы детали	Примерное назначение
Бр. АЖ 9-4Л	ГОСТ 493-54*	<p>Детали, требующие повышенного сопротивления усталости, работающие в среде морской и пресной воды и влажного воздуха, масла, жидкого топлива и пара с температурой до 400° С</p> <p>Детали узлов трения, работающие при наличии смазки минеральными маслами и удельной нагрузке <math>p \leq 200 \text{ кГ/см}^2</math>, скорости скольжения <math>v \leq 10 \text{ м/сек}</math>, <math>pv \leq 300 \text{ кГм/см}^2 \text{ сек}</math></p>	Зубчатые колеса, венцы зубчатых колес и другие детали высокой прочности, арматура трубопроводов и систем для различных сред, коробки клапанов, крышки сальников, пробки кранов, втулки, сальники, подшипники скольжения, работающие при ударных нагрузках, фрикционные диски, упорные кольца, червячные колеса
Бр. АЖМц 10-3-1,5		Детали, работающие в среде пресной воды, воздуха, жидкого топлива, пара с температурой до 250° С, требующие высокой механической прочности и высокого предела усталости	Фасонное литье простой конфигурации
Бр. АЖС 7-1,5-1,5		—	Фасонное литье
Бр. АЖН 10-4-4Л		—	Несложное фасонное литье, венцы червячных колес, работающих в паре с закаленными червяками, зубчатые колеса, втулки и вкладыши подшипников, работающих в паре со стальными валами, детали клапанно-распределительных механизмов
Бр. АЖН 11-6-6		—	Фасонное литье
Бр. СН 60-2,5		—	Фасонное литье
Бр. С30		—	Заменитель баббита марки Б83 и БН. Биметаллические подшипники главного шпинделя металлообрабатывающих станков, работающие при высоких скоростях. Поверхность шейки стального вала должна быть термически обработана ( $HRC \geq 45$ ), смазка обильная

## 13. Рекомендации по применению литьевых латуней

Марка	ГОСТ, ТУ	Условия работы детали	Примерное назначение
ЛМцЖ 55-3-1	ГОСТ 1019-47*	Детали крупногабаритные и несложной конфигурации. Детали, работающие в среде пресной и морской воды, масла, жидкого топлива и пара при температуре до 250° С	Гребные винты и съемные лопасти (высшего класса), гайки и обтекатели гребневых винтов судов с металлическим и деревянным корпусом (при установке протекторов), зубчатые секторы, поршни насосов, патрубки, корпуса и тарелки клапанов, рабочие колеса циркуляционных насосов, втулки водяных цилиндров и сальников, grundбуксы, тарелки клапанов и пробки кранов для пресной воды, жидкого топлива и пара, втулки и вкладыши подшипников, детали узлов трения механизмов с ручным приводом
ЛАМцЖ 67-5-2-2	ТУ 485-8153-58	Детали узлов трения, работающие в условиях спокойной нагрузки при наличии консистентной или жидкой смазки маслом вязкостью не ниже 224° ВУ <sup>100</sup> и удельной нагрузке $p \leq 150 \text{ кГ/см}^2$ , скорости скольжения $v \leq 3 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 100 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2 \text{ сек}$	—
ЛНМцЖА 60-1-2-1	ГОСТ 1020-60	Детали, не имеющие притираемых поверхностей и работающие в среде пресной и морской воды, масла, жидкого топлива и пара при температуре до 220° С	Корпусы, тарелки и крышки клапанов; корпусы, клинья, диски, коробки сальников, детали задвижек и клинкетов; корпусы и пробки кранов; тройники, колена, разветвления, стаканы
ЛМц 58-2	ГОСТ 1019-47*	Детали простой конфигурации, толстостенные, работающие при ударной нагрузке. Детали узлов трения, работающие в условиях спокойной нагрузки при рабочей температуре, не превышающей 60° С, удельной нагрузке $p \leq 35 \text{ кГ/см}^2$ , скорости скольжения $v \leq 3 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 60 \text{ кГ}\cdot\text{м/см}^2 \text{ сек}$	Фланцы, трубные диски, подшипники, втулки, сальники, корпусы и крышки конденсаторов, аммиачных испарителей; корпусы и пробки кранов; тройники, колена, разветвители, стаканы, подшипники, втулки и другие антифрикционные детали
ЛК 80-3Л		Детали, работающие в среде пресной и морской воды, масла, жидкого топлива и пара при температуре до 250° С. Детали узлов трения, работающие в условиях спокойной нагрузки при наличии обиль-	Корпусы клапанных коробок с условным проходом до 400 мм, забортная и сточно-фановая арматура. Корпусы распылителей, распылительные и дистанционные шайбы, кольца форсунок двигателей внутреннего сгорания,

Продолжение табл. 13

Марка	ГОСТ, ТУ	Условия работы детали	Примерное назначение
ЛК 80-ЗЛ	ГОСТ 1019-47*	ной смазки минеральным маслом и удельной нагрузке $p \leq 76 \text{ кг}/\text{см}^2$ , скорости скольжения $v \leq 1,2 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 50 \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{см}^2 \text{ сек}$	седла, направляющие водоводители, клапаны поршневых насосов, втулки сальниковые паровых машин, шпинделы клапанов и клинкетов, уплотнительные кольца
ЛАЖМц 66-6-3-2		—	Гайки нажимных винтов, работающие в тяжелых условиях, ободья неответственных червячных колес

Латуни — сплавы меди с цинком, кремнием, алюминием, железом, марганцем, свинцом и др.

Основное преимущество медных сплавов: высокая коррозионная стойкость в различных атмосферах, низкие коэффициенты трения, повышенная герметичность (для некоторых сплавов).

Химический состав и механические свойства безоловянных бронз регламентированы ГОСТом 493-54\*, оловянных бронз — ГОСТом 613-65, латуней — ГОСТами 1019-47\* и 1020-60, а также ведомственными нормалами.

Назначение литейных бронз приведено в табл. 12, а латуней — в табл. 13.

### АЛЮМИНИЕВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

Алюминиевые литейные сплавы, благодаря низкому удельному весу, высокой удельной прочности, электро- и теплопроводности, широко применяют в машиностроении, приборостроении и электротехнической промышленности.

Химический состав алюминиевых литейных сплавов, их механические свойства, а также возможность их применения для отливки в песчаные формы, под давлением, в кокиль, по выплавляемым моделям и в оболочковые формы даны в ГОСТе 2685-63.

Изменение механических свойств алюминиевых литейных сплавов с увеличением диаметра литой заготовки приведено в табл. 14 [73], а рекомендации по применению — в табл. 15.

#### 14. Механические свойства алюминиевых литейных сплавов в зависимости от диаметра заготовки

Марка сплава	Вид термообработки	Диаметр заготовки в мм							
		15		30		45			
		$\sigma_{\text{B}}$ в $\text{кг}/\text{мм}^2$	$\delta$ в %	$\sigma_{\text{B}}$ в $\text{кг}/\text{мм}^2$	$\delta$ в %	$\sigma_{\text{B}}$ в $\text{кг}/\text{мм}^2$	$\delta$ в %		
АЛ1	T <sub>s</sub>	20,6 25,4	0,8 1,2	16,8 23,8	0,8 1,0	15,6 20,3	0,9 —	13,4 17,4	0,8 0,7

Продолжение табл. 14

Марка сплава	Вид термообработки	Диаметр заготовки в мм							
		15		30		45		60	
		$\sigma_{\theta}$ в $\text{Kg/mm}^2$	$\delta$ в %						
АЛ2 немодифицированный АЛ2 модифицированный	—	13,5	5,5	13,0	2,4	12,1	1,7	11,2	1,5
	—	18,2	15,1	17,8	12,8	17,0	9,7	15,9	7,4
АЛ3	— Т <sub>5</sub>	19,8 27,6	0,9 0,5	15,8 25,0	1,0 0,5	15,0 20,0	1,0 0,5	12,9 17,2	1,0 0,5
АЛ4 немодифицированный АЛ4 модифицированный	T <sub>6</sub>	22,6	4,0	21,9	3,5	18,1	2,3	15,4	1,0
	T <sub>6</sub>	26,1	5,0	22,2	4,0	19,2	2,2	17,4	2,0
АЛ5	— Т <sub>5</sub>	20,5 21,8	— 3,2	16,0 19,9	— 1,5	13,9 18,4	— 1,2	12,5 16,4	— 0,8
АЛ6	— T <sub>2</sub>	15,1 16,8	— 2,5	13,4 15,4	1,2 1,8	12,4 12,5	1,7 1,8	11,1 11,6	2,0 1,0
АЛ7	— T <sub>4</sub>	18,1 20,3	6,5 7,8	10,8 17,5	3,0 6,0	8,5 14,5	2,0 2,8	7,5 12,8	1,9 2,5
АЛ8 АЛ9	T <sub>4</sub>	26,6 20,3	9,3 5,3	18,8 17,1	4,3 2,5	18,1 15,3	4,0 1,7	17,2 14,7	2,7 1,4
АЛ13	—	15,5	1,8	12,7	1,0	11,7	0,8	11,0	0,6

Обозначения: Т<sub>2</sub> — отжиг; Т<sub>4</sub> — закалка; Т<sub>5</sub> — закалка и частичное старение; Т<sub>6</sub> — закалка и полное старение до максимальной твердости.

### 15. Рекомендации по применению литейных алюминиевых сплавов

Марка	Характерные особенности	Назначение
АЛ1	Литейные свойства неудовлетворительные. Механические свойства при комнатной температуре удовлетворительные. Коррозионная стойкость пониженная. Детали следует защищать анодированием в серной кислоте с наполнением анодной пленки хромником. Обрабатываемость резанием хорошая. Свариваемость удовлетворительная. Подвергается термообработке по режимам Т <sub>5</sub> или Т <sub>7</sub> . Предназначен для изготовления деталей, работающих при повышенных температурах	Детали средней нагруженности: поршины двигателей, малореактивные головки цилиндров двигателей, работающие в условиях температур до 275°С

Продолжение табл. 15

Марка	Характерные особенности	Назначение
АЛ2	Литейные свойства отличные, склонен к газовой пористости. Механические свойства средние. Коррозионная стойкость во влажной атмосфере удовлетворительная. Сплав плохо поддается анодированию, поэтому его следует защищать грунтом АЛГ1 с последующей горячей сушкой. Хорошо сваривается газовой сваркой. Обрабатываемость резанием плохая. Может подвергаться термообработке по режиму Т <sub>2</sub>	Детали сложной конфигурации, не несущие больших нагрузок: детали приборов, корпусы помп и других деталей с повышенной герметичностью, работающих при температурах не выше 200° С
АЛ3	Литейные свойства удовлетворительные. Широкие пределы содержания компонентов в сплаве приводят к значительным колебаниям механических свойств. Коррозионная стойкость пониженная. Детали, отлитые в песчаные формы или кокиль, следует защищать анодированием в серной кислоте с наполнением анодной пленки хромником. Детали, отлитые под давлением с большой пористостью, рекомендуется защищать грунтом АЛГ1. Обрабатываемость резанием хорошая, сваривается удовлетворительно	В зависимости от режима термообработки предназначен: при режиме Т <sub>1</sub> для машинагруженных деталей; при режиме Т <sub>2</sub> для деталей, требующих постоянства размеров и снятия остаточных напряжений; при режиме Т <sub>6</sub> для сильнонагруженных деталей, работающих при температурах до 175° С; Т <sub>6</sub> — детали, работающие при температурах 175—250° С
АЛ4	Литейные свойства хорошие. Механические свойства высокие. Коррозионная стойкость во влажной атмосфере удовлетворительная. Детали следует защищать грунтом АЛГ1 с последующей горячей сушкой. Недостаток сплава — повышенная склонность к газовой пористости. Обрабатываемость резанием хорошая. Сваривается удовлетворительно	Детали крупные, сложные по конфигурации; в зависимости от термообработки предназначен: при режиме Т <sub>1</sub> для средненагруженных деталей; при режиме Т <sub>6</sub> для сильно нагруженных деталей (картеры, блоки двигателей)
АЛ5	Литейные свойства хорошие. Механические свойства удовлетворительные. Коррозионная стойкость невысокая. Детали необходимо защищать анодированием в серной кислоте или грунтом АЛГ1. Обрабатываемость резанием хорошая. Сплав менее склонен к газовой пористости, чем АЛ2 или АЛ4	В зависимости от термообработки предназначен: при режиме Т <sub>1</sub> для средненагруженных деталей; при режиме Т <sub>6</sub> для крупных деталей под большой нагрузкой
АЛ6	Литейные и механические свойства удовлетворительные. Обрабатываемость резанием, свариваемость, коррозионная стойкость также удовлетворительные. Термически не упрочняется	Детали карбюраторов и аппаратура для приборостроения, детали, работающие при температуре не выше 225° С

Продолжение табл. 15

Марка	Характерные особенности	Назначение
АЛ7	Литейные свойства плохие, механические свойства высокие. Коррозионная стойкость пониженная. Детали следует защищать анодированием в серной кислоте с наполнением анодной пленки хромпиком и применять грунт АЛГ1 с последующей горячей сушкой. Обрабатываемость резанием хорошая. Свариваемость удовлетворительная. Термообработка по режимам $T_4$ или $T_5$	Мелкие детали, требующие повышенной прочности и пластичности, повышенной обрабатываемости резанием. Кронштейны и другие мелкие детали, работающие при температурах не выше 200°С
АЛ8	Литейные свойства плохие, механические свойства более высокие, чем у других алюминиевых сплавов. Коррозионная стойкость высокая; для ее повышения детали рекомендуется покрывать грунтом АЛГ1 с последующей горячей сушкой. Обрабатываемость резанием отличная; свариваемость удовлетворительная. Термообработка по режиму $T_4$	Детали, не имеющие высокой нагрузки и подверженные коррозионным воздействиям (в частности морской воды) при температуре не выше 150°С
АЛ9	Литейные свойства хорошие, механические — средние. Коррозионная стойкость удовлетворительная. Для защиты применяются грунты АЛГ1 с последующей горячей сушкой. Обрабатываемость резанием удовлетворительная; свариваемость хорошая. Заменяет сплавы АЛ2 и АЛ7. Термообработка по режимам $T_4$ или $T_5$	Детали самолетов, приборов, корпусы помп, карбюраторов, работающие при температурах не выше 185°С
АЛ11	Литейные свойства хорошие, механические — высокие. Способен к естественному старению в литом состоянии. Недостатком является низкая коррозионная стойкость. Обрабатываемость резанием и свариваемость хорошие. Специальной термообработки не требует	Детали, требующие постоянства размеров и снятия остаточных напряжений. Детали сложной конфигурации, работающие при температуре не выше 250°С
АЛ12	Литейные свойства низкие, механические — невысокие. Термообработка по режиму $T_2$ или $T_7$	Детали, требующие постоянства размеров и снятия остаточных напряжений: поршни, детали мало мощных двигателей, приборов и другие мелкие детали, работающие при температуре не выше 250°С
АЛ19	Литейные свойства пониженные, жидкотекучесть несколько выше, чем у сплава АЛ7, склонен к образованию трещин. Коррозионная стойкость пониженная. Обрабатываемость резанием хорошая; свариваемость удовлетворительная	В зависимости от режима термообработки применяют: при режиме $T_4$ для изготовления деталей, требующих повышенной пластичности; при режиме $T_5$ для изготовления деталей, требующих повышенного предела текучести

Продолжение табл. 15

Марка	Характерные особенности	Назначение
АЛ21	Литейные свойства удовлетворительные. Отличается высокой теплопрочностью. При нормальной температуре прочность удовлетворительная, однако пониженная пластичность ограничивает область применения сплава. Коррозионная стойкость пониженная. Отливки следует анодировать в серной кислоте с наполнением анодной пленки хромником. Обрабатываемость резанием хорошая; свариваемость удовлетворительная	Детали, работающие при повышенных температурах. В зависимости от режима термообработки сплава применяют: при режиме $T_2$ для деталей, требующих постоянства размеров или снятия остаточных напряжений; при режиме $T_b$ для деталей с максимальной прочностью, работающих при температурах 150—200°C; при режиме $T_c$ для деталей, работающих при температурах 275—350°C
АЛ22	По литейным свойствам превосходит сплав АЛ8, по коррозионной стойкости не уступает ему. Предназначен преимущественно для литья под давлением, но можно отливать в песчаные формы и кокиль. Обрабатываемость резанием хорошая; свариваемость удовлетворительная	Детали, работающие в морской воде
ВАЛ4	Литейные свойства удовлетворительные, механические — высокие. Основные преимущества сплава: способность упрочняться в результате естественного старения; детали при длительной эксплуатации сохраняют свои размеры; в результате естественного старения свойства сварного шва приближаются к свойствам основного сплава. Обрабатываемость резанием хорошая; свариваемость удовлетворительная. Коррозионная стойкость в литом состоянии близка к коррозионной стойкости сплавов АЛ2 и АЛ13. Механические свойства значительно повышаются после термообработки по режиму $T_b$ .	Детали приборов, требующих повышенной стабильности размеров. Детали сварных конструкций, требующие повышенной твердости и прочности

Примечание. Обозначение режимов термообработки см. табл. 14.

## МАГНИЕВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

Сплавы на основе магния обладают высокой удельной прочностью (предел прочности, отнесенный к единице удельного веса). Ниже приведена удельная прочность некоторых материалов в кг/мм<sup>2</sup>.

Серый чугун СЧ 12-28	1,6
» » СЧ 38-60	5,2
Среднеуглеродистая сталь 35Л . . . . .	6,4
Низколегированная сталь (после закалки и отпуска)	7,6—11,5
Бронза оловянная . . . . .	1,7—2,9
» безоловянная	5,3—6,7
Латунь кремнистая . . . . .	3,1—3,7
Цинковый сплав марки ЦАМ10-5	4,8
Алюминиевые сплавы марок АЛ4, АЛ5, АЛ9 (после термообработки) . . . . .	6,8—8,6
Магниевые сплавы марок Мл4, Мл5,	12,2—12,8

Химический состав и механические свойства различных марок магниевых литейных сплавов регламентированы ГОСТом 2856—55.

## 16. Механические свойства магниевых сплавов при разных температурах

Марка сплава	Средний химический состав сплава* в %	Вид термообработки	20° С			200° С			250° С			300° С			350° С				
			$\sigma_0$ в $\text{kg/mm}^2$	$\sigma_{0,2}$ в $\text{kg/mm}^2$	$\delta$ в %	$\sigma_0$ в $\text{kg/mm}^2$	$\sigma_{0,2}$ в $\text{kg/mm}^2$	$\delta$ в %	$\sigma_0$ в $\text{kg/mm}^2$	$\sigma_{0,2}/100$ в $\text{kg/mm}^2$	$\delta$ в %	$\sigma_0$ в $\text{kg/mm}^2$	$\sigma_{0,2}/100$ в $\text{kg/mm}^2$	$\delta$ в %	$\sigma_0$ в $\text{kg/mm}^2$	$\sigma_{0,2}/100$ в $\text{kg/mm}^2$	$\delta$ в %		
Мл9	3,4 Nd; 0,6 Zn	Закалка с 250° С, старение при 200° С в течение 16 ч	22	14	3	20	13	5	5	16	12	6	5**	12	9	20	2,7***	10	5,5 25
Мл10	2,2 Nd; 0,5 Zn	Закалка с 525° С, старение при 200° С в течение 16 ч	22	12,5	4	17	10	8	6	13	10	13	3	10	—	20	—	—	—
Мл11	3 редкоземельных металла; 0,5 Zr; 0,5 Zn	Отливки без термообработки	14	8	3	13	7,5	9	5,2	12	6	13	2,5	10	4,5	8	2,5	—	—
Мл14	2,5—4,0 Th; 1,7—2,5 Zn; 0,5—1,0 Zr	Закалка с 525° С, старение при 315 °С в течение 16 ч	19	9	6	—	—	—	—	—	—	—	—	7,7	4,2	20	6,5	6,5	4 25 2,8
Мл7-1 (жаропрочный)	5,7 Al; 0,4 Ca; 0,4 Mn; 0,5 Zn	То же	17	7	6	12,5	6	9	2,5	10	5,5	13	—	8	4,0	14	—	—	—

\* Остальное до 100% Mg. \*\* Старение в течение 30 ч. \*\*\* Старение в течение 5 ч.

Механические свойства некоторых жаропрочных магниевых литейных сплавов при разных температурах приведены в табл. 16, а изменение этих свойств в зависимости от диаметра заготовки — в табл. 17.

**17. Изменение механических свойств некоторых магниевых литейных сплавов с увеличением диаметра литой заготовки**

Марка сплава по ГОСТу 2856—55*	Термообра- ботка <sup>1</sup>	Диаметр заготовки в мм							
		15		30		45		60	
		$\sigma_b$ в кГ/мм <sup>2</sup>	$\delta$ в %						
Мл1	—	10,5	2,9	9,0	2,7	8,0	2,7	7,0	2,0
Мл2	—	10,0	3,0	9,0	2,5	7,0	1,5	—	—
Мл3	—	16,5	10,0	14,0	8,5	14,5	8,5	13,0	8,0
Мл4	T <sub>4</sub>	24,5	8,5	18,0	4,5	13,0	2,5	13,0	2,5
Мл5	—	—	—	19,0	6,0	19,0	3,0	15,0	1,0
	T <sub>4</sub>	25,5	10,0	21,5	6,0	17,5	4,5	14,0	2,5
	T <sub>6</sub>	—	—	22,0	7,0	22,5	3,0	14,5	2,0
Мл6	T <sub>4</sub>	—	—	22,5	7,5	22,5	2,0	—	—

<sup>1</sup> В графе условно обозначено: T<sub>4</sub> — закалка; T<sub>6</sub> — закалка и полное старение до максимальной твердости.

Магниевые сплавы хорошо поглощают вибрации, что очень важно для авиастроения, ракетостроения и транспорта. Удельная вибрационная прочность магниевых сплавов с учетом демпфирующей способности почти в 100 раз больше, чем у дуралюмина, и в 20 раз больше, чем у легированной стали.

Большую выгоду дает применение магниевых сплавов в деталях, работающих на продольный или поперечный изгиб. Удельная жесткость магниевых сплавов при изгибе и кручении превышает удельную жесткость алюминиевых сплавов на 20% и сталей на 50%.

Магниевые сплавы широко применяют и в других отраслях промышленности: автомобильной (картеры двигателей, колеса машин), в радиоэлектронике, оптике и точной механике (корпуса телевизионных камер, фотоаппаратов, биноклей), в общем машиностроении (ползуны строгальных станков, головки фрезерных станков, станины), в электротехнике (корпуса передвижных электродвигателей), при изготовлении переносных машин (корпуса сверлильных машин, турбобуров, трамбовок, отбойных молотков, электрических пил и др.).

Магниевые сплавы легко обрабатываются резанием. Мощность, требуемая для снятия одинакового объема металла, при обработке алюминиевых сплавов в 1,5—2,5 раза и при обработке стали в 6—7 раз превышает таковую при обработке магниевых сплавов.

Из магниевых сплавов можно получать отливки сложной формы литьем в песчаные и оболочковые формы, литьем в кокиль и под давлением, а также в гипсовые формы и по выплавляемым моделям.

В песчаные формы можно отливать крупные детали весом более 300—500 кГ, длиной более 3 м. Значительные успехи достигнуты в получении крупных тонкостенных деталей методом направленной кристаллизации.

При замене алюминиевых сплавов магниевыми в отливках в ряде случаев достигают облегчения веса детали на 25—30% при равной прочности.

Магниевые литейные сплавы можно подразделить на четыре основные группы: к первой группе относят сплавы системы магний — марганец (Мл2);

ко второй — сплавы системы магний — алюминий — цинк ( $Mg_3$ ,  $Mg_4$ ,  $Mg_5$ ,  $Mg_6$ ,  $Mg_7\cdot1$ ); к третьей — сплавы, легированные редкоземельными металлами и цирконием ( $Mg_9$ ,  $Mg_{10}$ ,  $Mg_{11}$ ,  $Mg_{12}$ ,  $BMg_3$ ); к четвертой — сплавы, имеющие в своем составе торий ( $Mg_{14}$ ,  $BMg_1$ ).

Магниевые сплавы, по сравнению с другими, имеют пониженную коррозионную стойкость, поэтому требуют особо тщательной защиты от коррозии — нанесения неметаллических и металлических покрытий, а также создания соответствующих конструкций.

Основными операциями в нанесении покрытий являются: получение качественной оксидной пленки, тщательная очистка поверхности от загрязнений, правильное нанесение и сушка лакокрасочных покрытий.

После сверления, фрезерования, других видов обработки острые кромки деталей обязательно закругляют радиусом не менее 1 мм. Затем детали оксидируют, после чего прогревают при 100—105° С для удаления влаги из пор металла. Так как оксидирование деталей не гарантирует полной защиты от коррозии, то на оксидированную поверхность наносят лакокрасочные покрытия.

Грунтовать следует не позднее 48 ч с момента оксидирования, в противном случае оксидная пленка начнет терять адсорбционные свойства, а адгезия пленки лакокрасочного покрытия ухудшается.

Выбор лакокрасочного покрытия зависит от условий, в которых придется работать детали, и от возможности применения горячей сушки лакокрасочного покрытия. Для достижения высокого качества покрытия сушить необходимо при высокой температуре.

Коррозия в деталях из магниевых сплавов весьма быстро развивается в местах скопления влаги в углублениях, зазорах и на острых кромках, на которых плохо держится покрытие. Поэтому детали и узлы конструируют так, чтобы избежать карманов и зазоров, где возможно скопление влаги. В местах, где карманы неизбежны, предусматривают дренажные отверстия для стока воды.

Все образующиеся в конструкции зазоры следует заполнять уплотнительными или герметизирующими материалами, грунтами, смазками или обклепывать специальными изолирующими от влаги лентами.

При разработке конструкции с применением магниевых сплавов необходимо, как правило, избегать контакта деталей из магниевых сплавов с гигроскопичными материалами.

Из неметаллических материалов для работы в контакте с магниевыми сплавами можно рекомендовать: паронит УВ-10 (ТУ МХП 1369-50), картон вианит (ММТУ 189), резину, герметики У-30м, ТГ-18, ВТУР, К-50 и др. Однако они должны ставиться на оксидированную поверхность, тщательно зашрупованную грунтами АЛГ1 или АЛГ7. Для склейки по оксидированной поверхности можно применять клей марок БФ-2, БФ-4.

При соединении деталей из магниевых сплавов с другими деталями следует смазывать грунтом АЛГ отверстия под болты и заклепки, а также резьбовые отверстия. Болты, шпильки и стальные шайбы цинковать. Заклепки изготавливают из сплава АЛГ5 и, как исключение, из других алюминиевых сплавов, анодированных в серной кислоте с наполнением анодной пленки.

Не допускаются контакты непосредственно с алюминиевыми сплавами, кроме системы Al—Mg, с медью и медными сплавами, с никелем и его сплавами, со сталью и благородными металлами, а также с деревом и текстолитом. Для предохранения от контактной коррозии при соединении деталей из магниевых сплавов с деталями из других сплавов или с деревом, между ними необходимо ставить изоляционные прокладки: промасленную бумагу, пропитанную парафином, паронит УВ-10 и другие негигроскопичные материалы.

При производстве отливок магниевые сплавы выделяют вредные вещества, а при механической обработке обладают склонностью к самовозгоранию при температуре 430—450° С. Опасность самовозгорания обычно возникает при снятии тонких стружек на чистовых операциях. При механической обработке

## 18. Рекомендации по применению литейных магниевых сплавов

Марка	Характерные особенности	Назначение
Мл2	<p>В литом состоянии имеет низкие механические свойства; жидкотекучесть и коррозионная стойкость высокие. Хорошо обрабатывается резанием и сваривается.</p> <p>Температура при эксплуатации не выше 150° С</p>	Для отливок в песчаные формы ма- лонагруженных деталей простой кон- фигурации, подвергаемых сварке или испытывающих постоянное химиче- ское воздействие агрессивных сред. Горловины бензобаков, бензо- и мас- ляная аппаратура
Мл3	<p>Жидкотекучесть низкая; коррози- онная стойкость после оксидирова- ния удовлетворительная; обраба- тываемость резанием отличная; свари- ваемость удовлетворительная.</p> <p>Температура при эксплуатации не более 150° С</p>	Для отливок деталей несложной конфигурации, несущих нагрузки средней величины и требующих по- вышенной герметичности; детали арматуры, корпуса помп и насосов. Может быть использован для отли- вки деталей, испытывающих ударные нагрузки
Мл4	<p>Жидкотекучесть удовлетворитель- ная; коррозионная стойкость повы- щенная; обрабатываемость резанием отличная; свариваемость неудовлетвори- тельная. Ввиду склонности к об- разованию микрорыхлоты, высокой горячеломкости и большой усадки не рекомендуется применять для литья в кокиль и литья под давлением. В ряде случаев может быть замените- лем следующих алюминиевых спла- пов: АЛ2, АЛ6, АЛ7, АЛ11. Темпе- ратура при эксплуатации не выше 150° С</p>	Для отливок деталей средней на- груженности. В термически обрабо- танном состоянии сплав можно при- менять для высоконагруженных де- талей, подверженных высоким стати- ческим и динамическим нагрузкам. Отливки из сплава повышенной чисто- ты могут работать в тяжелых ат- мосферных условиях (высокой влаж- ности, тропического и морского кли- мата)
Мл5	<p>Коррозионная стойкость в оксидиро- ванном состоянии удовлетворитель- ная; обрабатываемость резанием от- личная; свариваемость удовлетвори- тельная. Может заменить алюминиевые сплавы АЛ2, АЛ6, АЛ7, АЛ9 и АЛ11.</p> <p>Температура при эксплуатации не выше 150° С</p>	Для производства высоконагружен- ных деталей методом литья в землю, в кокиль и под давлением. Отливки из сплава повышенной чистоты могут работать в тяжелых атмосферных условиях с высокой влажностью тро- пического и морского климата
Мл6	<p>Коррозионная стойкость и свари- ваемость удовлетворительные; обра- батываемость резанием отличная. Вследствие высокой хрупкости тре- бует термообработки.</p> <p>Температура при эксплуатации не выше 150° С</p>	Для отливок высоконагруженных деталей, требующих повышенного предела текучести
Мл7-1 (жаро- прочный)	<p>Коррозионная стойкость в оксида- рованном состоянии удовлетвори- тельная; обрабатываемость резанием отличная; свариваемость удовлетво- рительная</p>	Для отливок средненагруженных деталей, работающих при темпера- турах до 200° С. Напряжения в ус- ловиях эксплуатации не должны пре- вышать 5,5 кГ/мм <sup>2</sup> при 150° С и 2,5 кГ/мм <sup>2</sup> при 200° С

Продолжение табл. 18

Марка	Характерные особенности	Назначение
Мл9 Мл10	Коррозионная стойкость в оксидированном состоянии удовлетворительная; обрабатываемость резанием отличная. Отливки имеют высокую герметичность. С увеличением сечения стенок отливки механические свойства изменяются мало	Для отливок высоко- и средненагруженных деталей, работающих при температурах до 250—300° С
Мл11	—	Для отливки средненагруженных деталей, работающих при температуре до 250° С и деталей, требующих повышенной герметичности
Мл12	Коррозионная стойкость после оксидирования удовлетворительная; обрабатываемость резанием отличная. Сплав не сваривается	Для производства отливок высоко-нагруженных деталей, работающих при температурах не выше 250° С и требующих высокого предела текучести с однородными механическими свойствами в массивных сечениях
ВМл 3	Коррозионная стойкость после оксидирования удовлетворительная; обрабатываемость резанием отличная; свариваемость удовлетворительная	Для отливок деталей, требующих высокой плотности и герметичности, работающих при комнатной и при повышенной до 250° С температуре
ВМл 1	Коррозионная стойкость после оксидирования удовлетворительная; обрабатываемость резанием отличная; свариваемость удовлетворительная	Для отливок высоконагруженных деталей, работающих при температуре до 300° С
Мл14		Для отливок высоконагруженных деталей, работающих при температуре до 350° С

на ленточных пилах и абразивных кругах может образоваться взрывоопасная магниевая пыль. Во избежание взрыва недопустимо искрообразование при шлифовании деталей из магниевых сплавов.

Горящие магниевые сплавы тушат сухими молотыми флюсами, применяемыми для плавки магниевых сплавов, в ограниченной степени можно применять чугунные опилки без ржавчины, окись магния в порошке, сухой графит, сухой песок, густое минеральное масло.

В компактной форме при комнатной температуре магниевые сплавы практически неогнеопасны. Назначение и особенности литейных магниевых сплавов приведены в табл. 18.

## СПЛАВЫ-ЗАМЕНИТЕЛИ

Многие цветные металлы и их сплавы являются дефицитными. Поэтому при применении цветных металлов необходимо стремиться к замене остродефицитными менее дефицитными, не нарушая при этом технико-эксплуатационных характеристик.

В целях экономии цветных металлов (меди, свинца, олова) и их сплавов при возможности можно производить замены, приведенные в табл. 19.

## 19. Черные металлы — заменители сплавов цветных металлов

Цветные металлы	Сплавы-заменители	Условия работы	Примерное назначение
ЛМцЖ 55-3-1, ЛК 80-3Л, ЛМц 58-2, Бр. ОЦСН 3-7-5-1	Сталь 15Л, 25Л	Детали, подвергающиеся незначительному воздействию агрессивной среды	Детали насосов, арматура водяных, паровых и маслотрубопроводов, крышки и втулки сальников, клапаны трубопровода перегретого пара, крышки масляного, нефтяного и водяного клапанов, зубчатые колеса центробежных и поршневых насосов
ЛК 80-3Л ЛНМцЖА 60-1-2-1-1 Бр. ОЦС 5-5-5	Серый чугун СЧ 18-36, СЧ 21-40	Детали механизмов и арматуры, работающие при температуре среды до 225° С и давлении не выше 16 кГ/см <sup>2</sup>	Корпусы питательных насосов, грундбуксы, крышки, тройники, корпусы клапанов масляного охлаждения, корпусы центробежных и шестеренчатых насосов
Оловянные, безоловянные бронзы и латуни	Серый чугун СЧ 24-44, СЧ 28-48	Ответственные детали, подвергающиеся истиранию; детали, работающие при температуре 300° С и выше	Зубчатые колеса поршневых насосов, корпусы масляных и нефтяных клапанов, зубчатые колеса, цилиндровые втулки двигателей и компрессоров, поршни, корпусы форсунок
ЛК 80-3Л, ЛМц 58-2, Бр. ОЦ 10-2, ЛМцЖ 55-3-1	Высоко-прочный чугун ВЧ 45-5	Детали, подвергающиеся незначительному воздействию агрессивной среды. Детали крупногабаритные, подвергающиеся воздействию морской воды или атмосферной влаги	Детали насосов и арматура водяных, паровых, нефтяных и маслотрубопроводов. Крышки и втулки сальников, крышки масляного нефтяного и водяного клапанов, зубчатые колеса центробежных и поршневых насосов
Оловянные и безоловянные бронзы, алюминиевые и цинковые сплавы, оловянные и свинцововые баббиты	Антифрикционный чугун АСЧ-1, АСЧ-2. Антифрикционный высокопрочный чугун АВЧ-1	Детали узлов трения, работающие в паре с деталями, имеющими высокую твердость и чистоту обработки поверхности, при точном сопряжении поверхностей трения и качественной смазке, в условиях спокойных нагрузок при удельной нагрузке $p \leq 0,5 \div 12 \text{ кГ/см}^2$ , скорости скольжения $v \leq 0,20 \div 5 \text{ м/сек}$ , $pv \leq 1 \div 120 \text{ кГ\cdotм/см}^2\text{сек}$ . При этом зазоры увеличиваются по сравнению с зазорами, установленными для бронзы, на 15—30%	Грундбуксы и сальниковые втулки золотникового и поршневого штоков; вкладыши, втулки, кулисы реверсивной машины, втулки распределительных вертикальных и реверсивных валов; втулки масляных насосов и лебедок

## 20. Возможные замены дефицитных цветных сплавов менее дефицитными

Основной сплав	Сплав-заменитель
Высокооловянные бронзы	Малооловянные бронзы
Оловянные бронзы и оловянно-свинцовые баббиты	Безоловянные бронзы
Оловянные бронзы	Алюминиевые бронзы
Медь и медные сплавы с высоким содержанием меди	Медно-цинковые сплавы (латуни)
Бронзы и латуни	Алюминиевые сплавы
Медь, свинец и олово в антифрикционных и конструкционных сплавах	Цинковые сплавы
Высокооловянные баббиты	Малооловянные и безоловянные баббиты
Высокооловянные припои	Малооловянные припои

Кроме приведенных в табл. 19 заменителей, можно применять пластмассы, серые, антифрикционные, высокопрочные чугуны и стали. Сведения о замене остродефицитных цветных сплавов менее дефицитными даны в табл. 20.

### МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Допускаемые напряжения для нетиповых литых деталей<sup>1</sup>, для которых не разработаны специальные методы расчета, приведены в табл. 21—23. Эти таблицы разработаны в соответствии с рекомендациями дифференциального метода и скорректированы с учетом передового опыта ведущих заводов и конструкторских бюро; они предназначены для расчетов по приближенной расчетной схеме с учетом только основных нагрузок; для более точных расчетов с учетом также и дополнительных нагрузок (например динамических) табличные значения допускаемых напряжений можно увеличивать на 20—30%.

Расчеты допускаемых напряжений произведены по нижним значениям  $\sigma_e$ ,  $\sigma_t$ ,  $\sigma_{-1p}$ ,  $\sigma_{-1}$  и  $\tau_{-1}$ .

Все нагрузки разбиты на три категории: I — статические нагрузки; II — пульсирующие нагрузки, изменяющиеся от нуля до максимума; III — симметричные нагрузки, изменяющиеся от некоторой положительной до той же отрицательной величины.

Допускаемые напряжения во всех таблицах даны без учета концентрации напряжений и абсолютных размеров детали и вычислены в табл. 21 для стальных гладких полированных образцов диаметром 6—12 мм и в табл. 22 и 23 для необработанных круглых чугунных отливок диаметром 30 мм.

Концентрацию напряжений следует учитывать при определении максимальных напряжений в рассчитываемой детали умножением номинального напряжения  $\sigma_n$  или  $\tau_n$ , определенного без учета концентрации, на коэффициент концентрации  $k_\sigma$  или  $k_\tau$

$$\sigma_{\max} = k_\sigma \sigma_n; \quad \tau_{\max} = k_\tau \tau_n.$$

При выборе коэффициента концентрации напряжений следует иметь в виду, что для пластичных материалов (незакаленные стали) при статических напряжениях (нагрузки I категории) коэффициент концентрации не учитывается. Для однородных малопластичных материалов (стали, имеющие  $\sigma_e > 130 \text{ кГ/мм}^2$ ; стали при низких температурах) коэффициент концентрации

<sup>1</sup> Типовые детали (зубчатые и червячные зацепления, резьбовые соединения и т. п.) следует рассчитывать по специально разработанной методике для каждого типа.

**21. Механические характеристики и допускаемые напряжения для литьевых конструкционных сталей**

Марка стали	Термо-обработка	Механические свойства в кГ/мм <sup>2</sup>					Допускаемые напряжения в кГ/см <sup>2</sup> по категориям нагрузок															
		Предел прочности при растяжении $\sigma_a$		Предел выносливости $\sigma_T$			при растяжении $[\sigma]_a$					при изгибе $[\sigma]_u$			при кручении $[\tau]_{kp}$			при срезе $[\tau]_{cp}$			при смятии $[\sigma]_{cm}$	
		Предел текучести при растяжении $\sigma_{-1p}$	Предел текучести при изгибе $\sigma_{-1}$	При растяжении $\sigma_{-1}$	При изгибе $\sigma_{-1}$	При кручении $\tau_{-1}$	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	I	II
15Л	Нормализация	40	20	13	16	9	800	630	520	950	770	650	550	430	350	450	350	290	1200	850		
20Л		42	22	13,5	17	9,5	880	670	540	1000	810	680	600	470	380	480	380	310	1300	900		
25Л		45	24	15	18,5	10,5	950	730	600	1150	900	740	670	510	420	530	400	330	1500	1000		
30Л		48	26	15,5	19,5	11	1000	770	620	1250	960	780	700	540	440	580	440	350	1600	1000		
35Л		50	28	17	21	11,5	1100	840	680	1300	1000	840	770	580	460	600	460	370	1700	1200		
40Л		53	30	17,5	22	12	1200	880	700	1450	1100	880	850	620	480	660	490	400	1800	1200		
45Л		55	32	18,5	23,5	13	1250	940	740	1500	1150	940	870	660	520	700	520	420	1850	1300		
50Л		58	34	19,5	24,5	13,5	1350	990	780	1600	1200	980	950	770	540	750	560	440	2000	1200		
55Л		60	35	21	26	14,5	1400	1050	840	1650	1250	1050	980	730	580	770	580	460	2100	1400		
25ГЛ		50	30	14	20	11	1200	750	550	1450	1000	800	850	580	450	650	450	350	1800	1200		
30ГЛ		61	40	17	24	13	1600	950	680	1900	1300	1000	1100	700	520	880	550	400	2400	1400		
40ГЛ		65	40	18	26	14	1600	1000	720	1900	1350	1100	1100	730	550	880	600	450	2400	1500		
25Г2Л		60	35	17	24	13	1400	900	680	1600	1200	950	980	680	520	770	550	400	2100	1300		
40ХГЛ		91	55	25	36	20	2200	1350	1000	2600	1850	1450	1500	1000	800	1200	830	650	3300	2000		
40ХГСЛ		85	64	24	34	18	2100	1300	950	2500	1750	1350	1500	1000	750	1150	750	550	3200	2000		
30ХМЛ	Улучшения	82	69	23	33	18	2300	1300	920	2700	1750	1300	1600	1000	720	1250	770	550	3400	2000		
20Х2МЛ		81	63	23	32	18	2100	1250	920	2500	1650	1250	1450	950	720	1150	750	570	3200	1900		
XH20		82	49	23	33	18	1900	1200	920	2300	1600	1250	1300	950	720	1100	750	570	2900	1800		

22. Механические характеристики и допускаемые напряжения для отливок из серого чугуна<sup>1</sup>

Марка чугуна	Механические свойства в кГ/мм <sup>2</sup>								Допускаемые напряжения в кГ/см <sup>2</sup> по категориям нагрузок												
	Предел прочности				Предел выносливости				Форма сечения	при изгибе [σ] <sub>u</sub>			при кручении [τ] <sub>g</sub>			при растяжении [σ] <sub>g</sub>			при сжатии [σ] <sub>c</sub>		
	при изгибе σ <sub>u</sub>	при растяжении σ <sub>g</sub>	при сжатии σ <sub>c</sub>	при кручине τ <sub>g</sub>	при изгибе σ <sub>-1</sub>	при кручине τ <sub>-1</sub>	при изгибе σ <sub>-1</sub>	при кручине τ <sub>-1</sub>		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	при изгибе σ <sub>u</sub>	при растяжении σ <sub>g</sub>	при сжатии σ <sub>c</sub>	при кручине τ <sub>g</sub>	при изгибе σ <sub>-1</sub>	при кручине τ <sub>-1</sub>	при изгибе σ <sub>-1</sub>	при кручине τ <sub>-1</sub>		700	400	300	530	300	220	330	200	140	1450	830	140
СЧ 15-32	32	15	65	24	7	5	·	·	I	700	400	300	530	300	220	330	200	140	1450	830	140
СЧ 18-36	36	18	70	26	8	6	·	·	I	800	500	350	580	360	260	400	250	180	1550	950	180
СЧ 21-40	40	21	75	28	10	8	·	·	I	880	570	430	620	450	350	450	300	220	1650	1100	220
СЧ 24-44	44	24	85	30	12	10	·	·	I	970	670	520	650	520	430	530	350	280	1850	1250	280
СЧ 28-48	48	28	100	35	14	11	·	·	I	1000	750	600	770	600	480	620	450	350	2200	1550	350
СЧ 32-52	52	32	110	39	14	11	·	·	I	1150	800	600	850	600	480	700	480	370	2400	1650	370
СЧ 35-56	56	35	120	40	15	11,5	·	·	I	1250	850	650	900	650	500	780	550	420	2600	1850	420
СЧ 38-60	60	38	130	46	15	11,5	·	·	I	1300	850	650	1000	650	500	850	570	430	2800	1900	430

<sup>1</sup> Механические свойства и соответствующие им допускаемые напряжения приведены для отливок с необработанной поверхностью. Для отливок с обработанной поверхностью допускаемые напряжения на изгиб могут быть повышенны на 20%.

## 23. Механические характеристики и допускаемые напряжения для отливок из ковкого чугуна

Марка чугуна	Механические свойства в кГ/мм <sup>2</sup>								Допускаемые напряжения в кГ/см <sup>2</sup> по категориям нагрузок												
	Предел прочности				Предел усталости				Форма сечения	при изгибе [σ] <sub>u</sub>			при кручении [τ] <sub>θ</sub>			при растяже- нии [σ] <sub>θ</sub>			при сжатии [σ] <sub>c</sub>		
	при наги- ббе σ <sub>u</sub>	при рас- тяжении σ <sub>θ</sub>	при ска- тии σ <sub>c</sub>	при кру- чении τ <sub>θ</sub>	при изги- ббе σ <sub>u</sub> —1	при кру- чении τ <sub>θ</sub> —1	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
КЧ 30-3	49	28	31	34	9	8	. I	1100 900 770	600 500 420	400 350 300	680 500 430	470 350 300	350 270 220	900	370	230	1000	370	230		
КЧ 30-6	49	28	31	34	9	8	. I	1000 830 700	580 480 400	400 350 300	650 490 400	450 350 300	350 270 220	850	350	230	950	370	230		
КЧ 33-8	53	31	34	34	9,5	9	. I	1150 950 800	620 500 430	430 350 300	700 530 450	500 380 320	400 300 250	950	420	270	1100	430	270		
КЧ 35-10	58	35	38	35	10,5	9,5	. I	1200 1000 850	680 550 480	480 400 350	750 550 470	550 400 350	430 320 270	1000	420	270	1100	430	270		
КЧ 37-12	58	35	38	37	10,5	9,5	. I	1250 1000 870	700 570 480	480 400 350	800 600 500	550 420 350	430 320 270	1000	430	270	1200	450	270		
ПФКЧ 40-2	61	38	41	45	11	10,5	. I	1300 1100 900	720 600 500	500 400 350	880 620 520	600 450 380	470 350 300	1100	470	300	1200	480	300		
ПФКЧ 50-3	72	47	52	52	13,5	12	. I	1450 1200 1000	850 700 600	600 500 420	900 670 570	670 500 420	550 400 350	1200	550	350	1350	570	350		

при наличии концентраторов напряжений вводят в расчет даже при нагрузках I категории ( $k>1$ ).

При действии переменных напряжений и при наличии концентраторов эффект концентрации напряжений для пластичных материалов учитывать обязательно, так как усталостная трещина возникает и развивается именно в зоне концентрации напряжений.

Для хрупких неоднородных материалов (чугун) коэффициент концентрации напряжений при статических нагрузках не учитывают, так как опыты показывают, что эффект внутренней концентрации напряжений от графитовых включений и мельчайших трещинок перекрывает почти полностью эффект концентрации напряжений, обусловленный очертаниями детали. По тем же причинам коэффициент концентрации не учитывают для хрупких неоднородных материалов и при переменных напряжениях. Поэтому для чугуна в большинстве случаев при всех категориях нагрузок (I—III) коэффициент концентрации приближенно принимается равным единице.

Для учета размеров детали следует допускаемые напряжения, приведенные в таблицах,  $[\sigma]_{табл}$  корректировать по формуле

$$[\sigma] = [\sigma]_{табл} \cdot \varepsilon,$$

где  $\varepsilon=1,4 \div 5$  — коэффициент влияния абсолютных размеров (масштабный фактор).

Масштабный фактор учитывают при всех расчетах на прочность.

Значения коэффициента концентрации напряжений и масштабного фактора выбирают, пользуясь специальной литературой.

---

## ГЛАВА III

### КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ, ОТЛИВАЕМЫХ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ

#### ВНЕШНЯЯ ФОРМА ЛИТОЙ ДЕТАЛИ

При конструировании литой детали необходимо учитывать трудоемкость ее изготовления, удобство изготовления и сборки формы.

Внешние очертания отливки должны представлять собой сочетания прямолинейных контуров, сочленяемых плавными криволинейными переходами, обеспечивающими некоторую деформацию отливки при усадке ее во время охлаждения в форме и снижение концентрации остаточных напряжений в местах сопряжения прямолинейных участков. Необходимо стремиться к максимальному уменьшению общих габаритов и особенно высоты детали, к устранению чрезмерно выступающих частей, больших тонкостенных ребер, глубоких впадин и поднутрений.

Конструкция отливки должна обеспечивать минимальное количество разъемов модели, отсутствие отъемных частей, минимальное количество стержней. При освещении литой детали параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разъема формы или стержневого ящика, появление теневых участков в отдельных местах контура свидетельствует о несовершенстве конструкции отливки (рис. 1). Теневые участки образуются при неправильном расположении выступающих пластиков, бобышек, ребер, выемок, уклонов стенок, поднутрений и требуют применения отъемных частей модели или стержней. Отливки, у которых отсутствуют теневые участки, имеют упрощенную внешнюю форму, менее трудоемки в изготовлении и более качественные по сравнению с отливками, имеющими теневые участки.

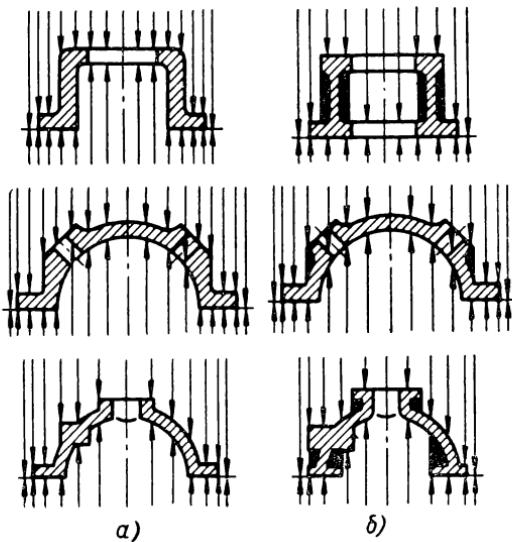


Рис. 1. Технологичные (а) и нетехнологичные (б) конструкции деталей

Большое количество стержней увеличивает трудоемкость изготовления и сборки форм, способствует появлению брака по перекосу и искажению размеров из-за неточностей установки стержней (рис. 2). Для уменьшения количества стержней ребра жесткости, полки для упора и крепления других деталей желательно располагать при формовке перпендикулярно плоскости

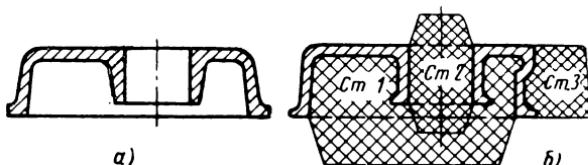


Рис. 2. Технологичная (а) и нетехнологичная (б) конструкции

разъема модели и формы. При вертикальных ребрах и полках они свободно протягиваются из формы, при горизонтальных — желательно располагать их в плоскости разъема, иначе выполнить их можно только с применением стержней.

### КОНСТРУКТИВНЫЕ УКЛОНЫ

При конструировании литых деталей необходимо предусматривать беспрепятственное удаление модели из формы и стержня из стержневого ящика.

Для этого стенки деталей (а также моделей), перпендикулярные к плоскости разъема модели, выполняют с уклоном, называемым конструктивным (рис. 3). Конструктивные уклоны создают также благоприятные условия для направленного затвердевания отливки, способствующего получению качественного изделия.

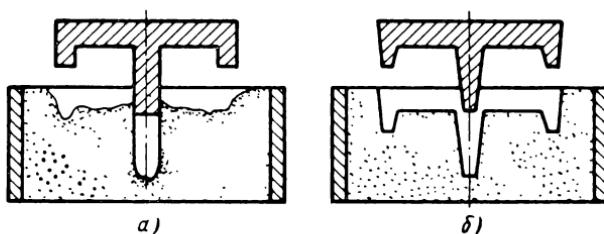
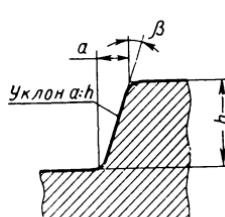


Рис. 3. Разрушение полуформы при извлечении из нее модели без конструктивного уклона или с недостаточным уклоном (а) и извлечение модели с надлежащим конструктивным уклоном (б)

Конструктивные уклоны на чертежах указывают величиной  $a$  в  $\text{мм}$  или относением  $\frac{a}{h}$  (табл. 1).

Угол наклона конструктивного уклона местных невысоких утолщений стенок (бобышек, приливов, платиков, планок)  $\beta$  рекомендуется увеличивать до  $30\text{--}50^\circ$  (рис. 4).

## 1. Величина уклона в зависимости от высоты поверхности детали

Эскиз	$h$ в мм	$\frac{a}{h}$	$\beta$
	До 25	1 : 5	$11^{\circ}30'$
	Св. 25 до 500	$1 \frac{10}{20}$	$5^{\circ}30'$ $3^{\circ}$
	Св. 500	1 : 50	$1^{\circ}$

Правильный выбор величины и направления конструктивных уклонов позволяет установить наиболее рациональную толщину стенок отливки, обеспечивающую минимальный расход материала.

Если конструктивные уклоны на чертеже детали не указаны, то уклоны назначают на чертеже модели. Подобные уклоны называются формовочными и выполняются в соответствии с ГОСТом 3212—57.

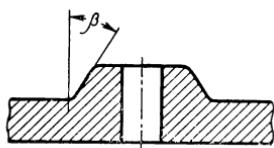


Рис. 4. Увеличенный до 30—50° конструктивный уклон

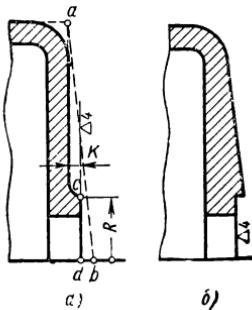


Рис. 5. Пример искажения конфигурации детали формовочным уклоном

Формовочные уклоны очень часто могут искажать форму необрабатываемых поверхностей и изменять вес отливок преимущественно в сторону увеличения. Искажение конфигурации детали формовочным уклоном показано на рис. 5. Деталь (рис. 5, а) имеет обрабатываемые поверхности (полукруг с радиусом  $R$ ) и необрабатываемые. Чертеж был выполнен без конструктивного уклона. При изготовлении модели технологом-литейщиком был дан формовочный уклон. Так как размер  $K$  оказался небольшим, при выполнении формовочного уклона необрабатываемая поверхность  $ab$  перекрыла обрабатываемую  $cd$ . В результате вместо выступающего по чертежу полукольца после обработки получилась углубленная поверхность (рис. 5, б), которая привела к искажению формы детали. Поэтому целесообразно на чертеже литой детали указывать конструктивные уклоны.

Величины и направления конструктивных уклонов сопрягаемых деталей, согласованные с разъемами моделей, должны быть увязаны между собой. Это особенно необходимо при соединении нескольких деталей, образующих общую поверхность.

Пример назначения уклонов показан на рис. 6.

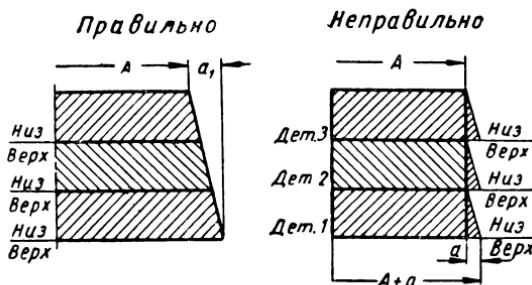


Рис. 6. Соединение нескольких деталей, образующих общую поверхность

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

В основу конструкции литой детали в зависимости от требований технических условий должны быть положены принципы направленного или одновременного затвердевания при охлаждении.

Направленное затвердевание обеспечивает получение отливок плотных, без усадочных раковин и пористости. Однако конструирование с учетом этого принципа приводит к большему расходу жидкого металла, усложнению фор-

мовки, увеличению опасности возникновения трещин из-за большой разницы температур в различных частях отливки и торможения усадки прибылями.

Поэтому в соответствии с принципом направленного затвердевания обычно конструируют такие литые детали, к которым предъявляют повышенные требования в отношении плотности и герметичности (толстостенные чугунные и стальные отливки, отливки из алюминиевых сплавов, литые

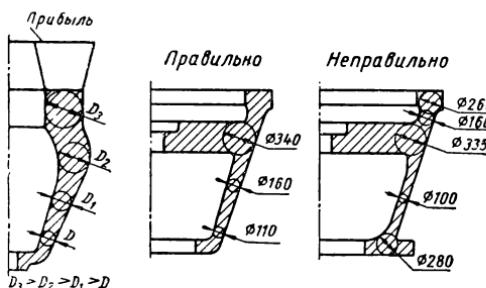


Рис. 7. Применение принципа направленного затвердевания при охлаждении

детали, работающие под давлением). При направленном затвердевании отливки кристаллизация металла происходит снизу вверх, начиная от тонких сечений отливки, расположенных в нижней части формы, к более массивным сечениям, располагающимся в верхней части формы. В этом случае каждая выше расположенная часть детали будет питать жидким металлом нижние части, являясь для них как бы прибылью.

Для того, чтобы обеспечить направленное затвердевание жидкого металла в конструкции детали, должны быть выполнены следующие условия.

Толстые стенки или местные скопления металла в отливках следует подтягивать до верхних по заливке поверхностей, на которых устанавливают прибыли. Без соблюдения этого условия толстые стенки или местные масси-

ные сечения будут отделены более тонкими, быстрее остывающими сечениями, и поэтому действие прибыли изолируется: она не сможет питать жидким

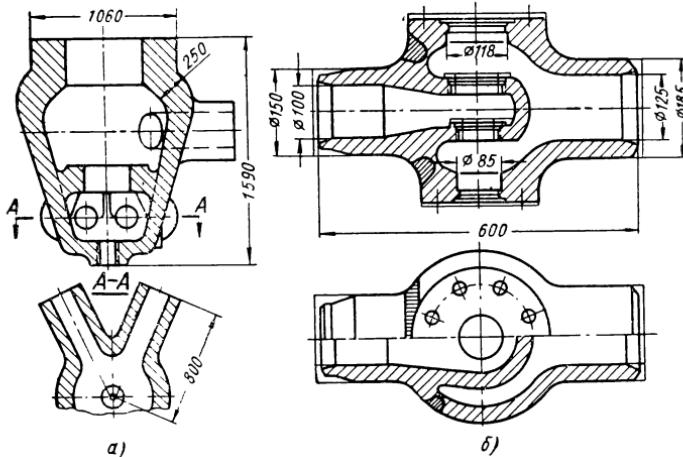


Рис. 8. Примеры выполнения отливок с соблюдением принципа направленного затвердевания:  
а — автоматический затвор (хромомолибденовая сталь); б — корпус (сталь 1Х20Н12ТЛ и ЛАЗ, сварно-литой вариант)

металлом через затвердевшее тонкое сечение расположенную ниже массивную часть. Правильность конструкции в этом случае проверяют методом впи-

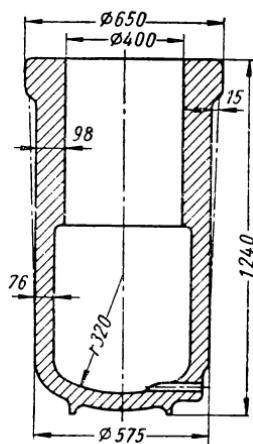


Рис. 9

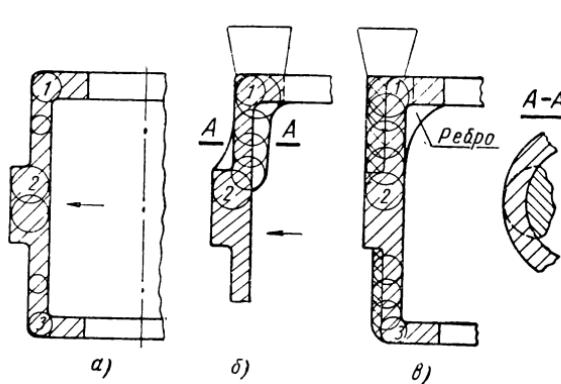


Рис. 10

санных окружностей, при котором окружность, вписанная в любое сечение детали, должна свободно проходить по любым вышележащим сечениям в направлении кристаллизации (рис. 7). В зависимости от конфигурации детали,

соотношения диаметров двух рядом лежащих окружностей рекомендуется принимать в пределах от 1:1,1 до 1:1,5.

Примеры технологических отливок, сконструированных с соблюдением принципа направленного затвердевания, показаны на рис. 8.

Стальная отливка резервуара (рис. 9) сконструирована в соответствии с принципом направленного затвердевания, но при этом было нарушено соотношение между толщинами стенок (1:1,1) и в отливке образовалась усадочная пористость. Конструкцию отливки изменили, усилив действие принципа направленного затвердевания, после чего наружные стенки получили очертание, показанное на рисунке штрих-пунктирной линией.

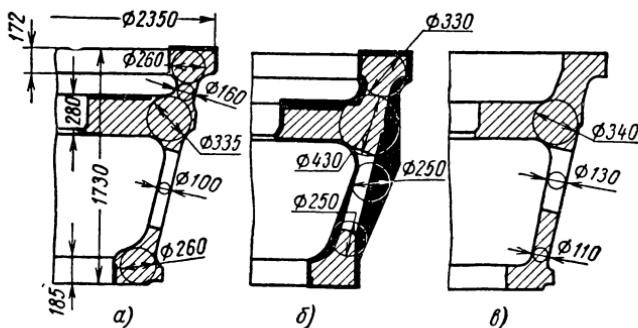


Рис. 11. Ступица колеса

В некоторых случаях конструкцию отливки трудно выполнить с соблюдением принципа направленного затвердевания (рис. 10, а). В подобных конструкциях следует применять технологические приливы путем объединения некоторых термических узлов в один укрупненный, как это показано на рис. 10, б (узлы 1 и 2 на рис. 10, б и узлы 1, 2, 3 на рис. 10, в).

Решение, показанное на рис. 10, в, более рационально, так как технологические приливы расположены на внешней поверхности отливки, откуда их легко удалить.

Если направленное затвердевание обеспечивают применением холодильников, технологические приливы применять не рекомендуется.

Наиболее рациональное решение — расчленение отливки на две или несколько частей, соединяемых затем сваркой или другим способом. Например, отливка на рис. 10, а может быть расчленена по горизонтальной плоскости, проходящей над узлом 2.

Несоблюдение при конструировании принципа направленного затвердевания приводит к браку отливки или к увеличению ее веса и себестоимости изготовления.

Нерациональная конструкция ступицы колеса, выполненная без учета принципа направленного затвердевания, показана на рис. 11, а. Вес отливки составил 34 т. Во избежание брака технолог на чертеже детали изменил сечение отливки. Вес отливки возрос до 50 т (рис. 11, б). Технологичная конструкция той же ступицы, выполненная с учетом принципа направленного затвердевания, приведена на рис. 11, в. Вес отливки составил только 17 т.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА ОДНОВРЕМЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

Конструирование в соответствии с принципом одновременного затвердевания при охлаждении рекомендуется применять для мелких и средних тонкостенных чугунных деталей и деталей из бронзы с небольшой усадкой. При-

менение этого принципа возможно только в том случае, когда к литой детали не предъявляют высоких требований в отношении плотности и прочности.

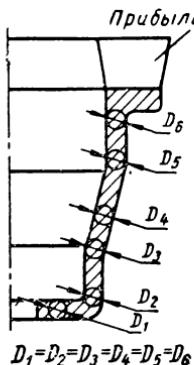


Рис. 12. Конструкция, выполненная с соблюдением принципа одновременного затвердевания при охлаждении

При изготовлении таких деталей обычно ограничиваются проверкой плотности гидравлическим испытанием при значительных запасах прочности; характер распределения напряжений должен допускать наличие центральной

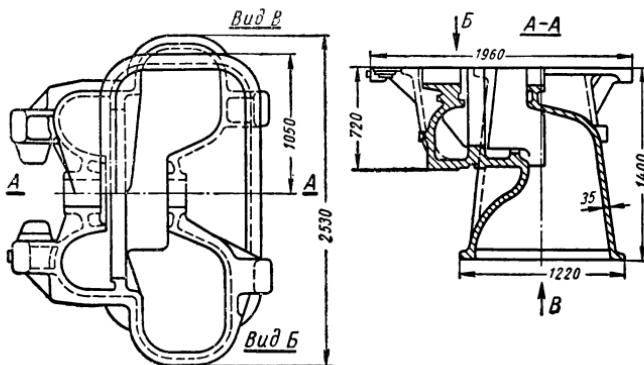


Рис. 13. Нижняя половина цилиндра газовой турбины (сталь Х25Н13ТЛ)

пористости. Отливки, сконструированные с учетом принципа одновременного затвердевания, показаны на рис. 12 и 13. Сечения отливок имеют одинаковую толщину, начиная с нижней и кончая верхней частью детали.

### ТОЛЩИНА СТЕНОК

Толщина стенок литых деталей выбирается в зависимости от механических и технологических свойств сплава, конфигурации и габаритных размеров отливки и назначения стенки.

Правильно выбранная толщина стенок обеспечивает не только необходимую жесткость, герметичность и другие требуемые служебные свойства изделий, но и является одним из важнейших условий получения годных отливок с высоким коэффициентом использования металла.

Чрезмерная толщина стенок увеличивает вес литой детали, вызывает появление усадочных рыхлот, пористости и других дефектов, снижает прочность изделия и часто приводит к браку. Необходимая жесткость отливки может быть достигнута при тонких стенках с ребрами жесткости.

Наименьшая толщина стенок должна обеспечивать требуемую расчетную прочность и удовлетворять требованиям технологии литья.

Детали с заниженными (по сравнению с технологически допустимыми) толщинами стенок очень трудно, а часто и вообще невозможно получить литьем из-за большого брака по незаполнению формы, трещинам и прочим дефектам. В отливках с очень тонкими стенками и сложной конфигурацией ввиду механического торможения усадки со стороны формы могут возник-

## 2. Наименьшая толщина стенок отливок при литье в песчаные формы

Размеры в мм

Материал	Величина отливки	Наименьшая толщина стенок
Сталь	Мелкие Средние Крупные	8 12 20
Чугун серый обычный и с шаро-видным графитом	Мелкие (вес $\leq 2 \text{ кг}$ ) Средние (вес $\leq 50 \text{ кг}$ ) Крупные (вес $> 50 \text{ кг}$ )	3—4 6—8 10—20
Чугун фосфористый	Мелкие (с наибольшей площадью стенки $100 \text{ см}^2$ )	2
Чугун ковкий	50×50 100×100 200×200 350×350 500×500	2,5—3,5 3—4 3,5—5,5 4—5,5 5—7,0
Бронза оловянная	При наибольшей протяженности стенки: до 50 св. 50 до 100 » 100 » 250 » 250 » 600	3 5 6 8
Специальные бронзы и латуни	Мелкие Средние	$\geq 6$ $\geq 8$
Кремнистая бронза	—	$\geq 4$
Алюминиевые сплавы	Мелкие отливки с наибольшей протяженностью стенки не более: 200 800	3—5 5—8
Магниевые сплавы	Мелкие Средние отливки с протяженностью стенки не более 400	4 6
Цинковые сплавы	—	$\geq 3$

нуть значительные напряжения, превышающие предел прочности сплава, которые неизбежно приведут к появлению трещин. Следовательно, толщина стенок литых деталей определяется не только условиями работы и конструкцией детали, но и литейными свойствами сплава, а также технологическими особенностями получения отливки. Наименьшие толщины стенок литых деталей из различных сплавов, получаемых в песчаных формах, в зависимости от величины жидкотекучести, приведены в табл. 2 [40].

Для отливок из серого чугуна и углеродистой стали наименьшую толщину стенок определяют по графику на рис. 14 в зависимости от величины  $N$ , которую вычисляют по формуле

$$N = \frac{2l + b + h}{3},$$

где  $l$ ,  $b$  и  $h$  — соответственно длина, ширина и высота отливки в м.

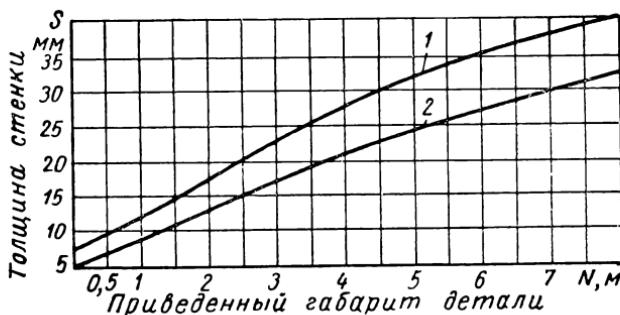


Рис. 14. График для определения толщины стенки детали из углеродистой стали (кривая 1) и серого чугуна (кривая 2)

При  $N \geqslant 8$  толщину стенок принимают для стальных и чугунных отливок соответственно не менее 40 и 30 мм. Приведенный габаритный размер  $N$  для коробчатых отливок кубической формы рекомендуется определять по формуле

$$N = \frac{2l + b + h}{4}$$

При выборе толщины стенки литой детали следует принимать во внимание так называемую критическую (наибольшую) толщину стенок, при которой создаются наиболее благоприятные условия первичной кристаллизации сплава.

Наибольшую толщину стенок отливок из углеродистой стали принимают:

Содержание С в %	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Критическая толщина стенки в мм	9	13,5	18,5	27	39

Для металлоемких неответственных деталей (грузов, балансиров, опорных плит) толщины стенок не лимитируют.

Стенки литой детали по возможности делают без резких переходов от тонких к толстым сечениям; при этом создаются условия более равномерного охлаждения отливки, уменьшающие опасность появления внутренних напряжений, коробления и трещин.

Местное увеличение сечения отливки на 20% без принятия специальных мер для выравнивания скорости охлаждения допускается только на участках, удаленных от места подвода металла.

**Толщина стенок чугунных литьих деталей.** Для деталей, габаритные размеры которых меньше 0,5 м (радиаторы, ребристые цилиндры и др.), толщину стенок можно принимать 1,5—2,0 мм.

Толщина внутренних стенок должна быть меньше толщины наружных на 10—20%.

Толщину стенок литьих деталей из модифицированного чугуна увеличивают на 15—20% по сравнению с отливками из серого чугуна (худшая жидкотекучесть), а из ковкого чугуна принимают (размеры в мм):

Размеры детали	50×50	100×100	200×200	350×350	500×500	700×700
Толщина стенки	2,5—3,5	3,0—4,0	3,5—4,5	4,0—5,5	5,0—7,0	6,0—8,0

При конструировании деталей из магниевого чугуна с толщиной стенок 10—20 мм следует избегать устройства Х- и Т-образных сопряжений (см. стр. 100) с соотношением толщин сопрягаемых стенок, равным единице, так как не всегда конструкция детали и условия ее изготовления позволяют установить холодильник для повышения плотности узла и его прочностных свойств.

При конструировании высоких деталей толщину вертикальных стенок следует увеличивать по расположению их в форме в направлении источника питания.

Толщины стенок чугунных отливок, кроме графика на рис. 14, можно выбирать также по табл. 3.

### 3. Толщина стенок чугунных отливок

Приведенный габарит в м	Толщина наружных стенок в мм	Толщина внутренних стенок в мм	Приведенный габарит в м	Толщина наружных стенок в мм	Толщина внутренних стенок в мм
0,75	8	6	2,5	18	14
1,0	10	8	3,0	20	16
1,5	12	10	3,5	22	18
1,8	14	12	4,5	25	20
2,0	16	12	—	—	—

Минимальные толщины наружных стенок станочных отливок принимают по табл. 4.

Для отливок эмульсионных и масляных баков, корыт и других деталей, которые должны иметь гидравлически непроницаемые полости, толщину стенки следует увеличивать на 10—20% от величин, указанных в табл. 4.

Технологически минимальные толщины внутренних стенок станочных отливок устанавливают в зависимости от толщины наружных стенок (размеры в мм):

Наружные	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28
Внутренние	4	5	5	6	7	8	10	12	14	16	16	18	20	22

Толщину стенок и сопряжений в чугунных отливках станин металлорежущих станков рекомендуется выбирать по рис. 15 и табл. 5, составленной по данным специального конструкторского бюро по станкостроению [22].

Если по конструктивным соображениям отдельные стенки детали должны быть на 20—30% тоньше технологически допустимых, то в этом случае рекомендуется ввести механическую обработку утоненных стенок или прилить

## 4. Минимальные толщины наружных стенок станочных отливок [11]

Наиболее габаритный размер отливки в мм (длина, ширина или высота)	Примерный вес (масса) отливки в кг не более	Минимальные толщины наружных стенок в мм		
		Группа отливок		
		A	B	V
≤125	1	4	5	10
126—250	5	5	6	12
251—500	25	6	8	12
501—750	100	7	10	14
751—1000	250	8	12	16
1001—1500	500	10	14	18
1501—2000	750	12	16	20
2001—2500	1500	14	18	20
2501—3000	3000	16	20	22
3001—5000	5000	18	22	25
≥5000	Св. 5000	20	25	28

Приложение. Группа А — отливки из серых чугунов марки СЧ 00, СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 24-44 и СЧ 28-48 (ГОСТ 1412—54) со сплошными слабо раскрытыми окнами — стенками, с небольшими, но частыми внутренними полостями, с большим количеством ребер, внутренних стенок, перемычек, буртов и т. п.

Группа Б — отливки из серых чугунов марки СЧ 00, СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 24-44, СЧ 28-48 (ГОСТ 1412—54) с сильно раскрытыми окнами — стенками, с большими горизонтальными поверхностями, с редкими, но большими по размерам внутренними полостями, с малым количеством внутренних стенок, ребер, перемычек, буртов и т. п.

Группа В — отливки из высокопрочных чугунов марок ВЧ 60-2, ВЧ 50-1,5, ВЧ 45-5, ВЧ 40-10 (ГОСТ 7293—54) и модифицированных чугунов марок СЧ 38-60, СЧ 35-56 и СЧ 32-52 (ГОСТ 1412—54).

к ним частую сетку низких, но широких ребер, создающих местные утолщения и способствующих лучшему заполнению стенок жидким металлом.

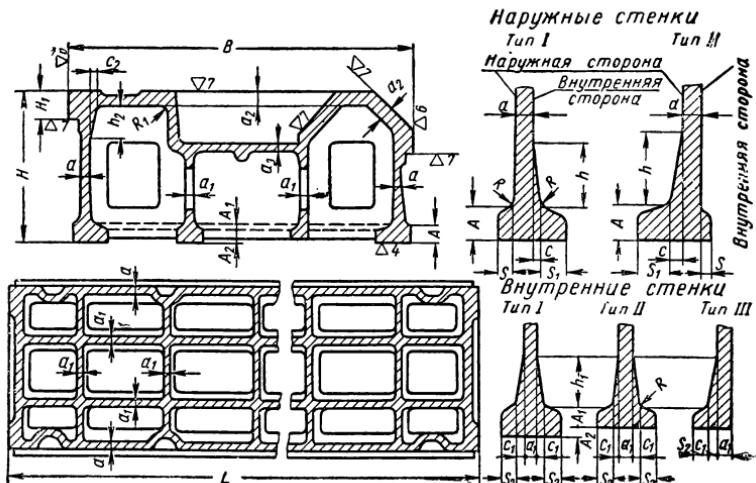


Рис. 15

**Толщина стенок стальных литьих деталей.** Для деталей с приведенным габаритом  $N < 0,5$  м минимальную толщину стенки принимают 4—5 мм и менее, при  $N > 8$  м — 30—40 мм и более.

Толщину стенок отливок из легированных сталей принимают на 20—30% менее, чем для однотипных деталей из углеродистых сталей.

##### 5. Толщины стенок и сопряжения в чугунных отливках станин металлорежущих станков (рис. 15)

Размеры в мм

Длина $L$	$H$	$B$	Стенки наружные вертикальные					Стенки внутренние вертикальные				Направляющие и горизонтальные стени			
			$a$	$R$	$S$	$S_1$	$A$	$a_1$	$S_2$	$A_1$	$A_2$	$a_2$	$H_1$	$a_3$	$R_1$
600—1000	300	$\begin{cases} < 400 \\ > 400 \end{cases}$	10 12	5	10	30	25	8 10	12	14	8	18	25	14	10
1000—1500	400	$\begin{cases} \leq 700 \\ > 700 \end{cases}$	12 14	8	12	35	30	10 12	12	16	8	20	30	16	10
1500—2250	500	$\begin{cases} \leq 1000 \\ > 1000 \end{cases}$	14 16	8	12	35	35	12 14	14	18	8	25	35	16	10
2250—3000	500	$\begin{cases} \leq 1200 \\ > 1200 \end{cases}$	16 18	10	15	40	40	14 16	14	20	10	25	40	18	15
3000—4000	600	$\begin{cases} \leq 1400 \\ > 1400 \end{cases}$	18 20	10	15	40	40	16 18	16	22	10	30	45	18	15
4000—5000	600	$\begin{cases} \leq 1600 \\ > 1600 \end{cases}$	20 22	10	20	45	45	18 20	16	24	12	30	45	20	15
5000—6500	700	$\begin{cases} \leq 1800 \\ > 1800 \end{cases}$	22 24	10	20	45	45	20 22	20	26	12	35	50	22	15
6500—8000	700	$\begin{cases} \leq 2000 \\ > 2000 \end{cases}$	24 26	15	20	55	50	22 24	20	28	15	35	55	24	15
8000—10 000	800	$\begin{cases} \leq 2000 \\ > 2000 \end{cases}$	26 28	15	20	55	50	24 26	20	30	15	40	60	26	20

**П р и м е ч а н и я:** 1. Размеры уклонов: для стенок станин наименьшего размера  $c = 6$ ;  $h = 50$ ;  $c_1 = 4$ ;  $h_1 = 35$ ; для стенок станин остальных размеров  $c = 8$ ;  $h = 70$ ;  $c_1 = 6$ ;  $h_1 = 50$ ; для стенок станин первых трех размеров  $c_2 = 8$ ;  $h_2 = 70$ ; для остальных  $c_2 = 10$ ;  $h_2 = 60$ .

2. Припуски на обработку выбирают по ГОСТу 1855—55; при составлении таблицы они не учтены.

Толщина внутренних стенок берется на 20—30% меньше наружных.

**Толщина стенок литьих деталей из сплавов на медной основе.** Толщину стенок деталей из медных (оловянных и безоловянных) сплавов, отливаемых в песчаные формы, выбирают по графику, показанному на рис. 16.

Для деталей с приведенным габаритом  $N < 0,1$  м минимальную толщину стенок можно принимать (в мм) не менее:

для медных безоловянных сплавов  
» оловянных сплавов

4  
2,5

Толщина внутренних литых стенок должна быть на 15—20% менее наружных.

**Толщина стенок литых деталей из алюминиевых и магниевых сплавов.** В связи с тем, что алюминиевые и магниевые сплавы имеют большую склонность к горячим трещинам и усадочным рыхлотам, при конструировании литых деталей из этих сплавов, в большей степени, чем из других сплавов, необходимо избегать неравномерности стенок, скоплений металла в отдельных местах и резких переходов от толстых сечений к тонким. Для увеличения прочности в тонкостенных деталях рекомендуется применять ребра жесткости. Примерные конструкции деталей из алюминиевых и магниевых сплавов показаны на рис. 17.

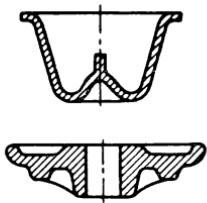
Толщину стенок деталей из алюминиевых сплавов, отливаемых в песчаные формы, выбирают по графику, показанному на рис. 18.

Для деталей с приведенным габаритом  $N < 0,1$  м минимальную толщину стенок можно принимать до 2 мм.

Отливки из магниевых сплавов имеют низкий модуль упругости  $E$  (для алюминиевых и магниевых сплавов соответственно 6700—7200 и 3900—4400 кГ/мм<sup>2</sup>), толщину стенок деталей из магниевых сплавов принимают на 15—25% больше, чем для однотипных деталей из алюминиевых сплавов.

Толщина внутренних литых стенок должна быть на 10—20% менее наружных.

#### Правильно



#### Неправильно

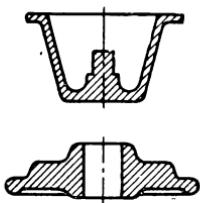


Рис. 17 Примерные конструкции деталей из алюминиевых и магниевых сплавов

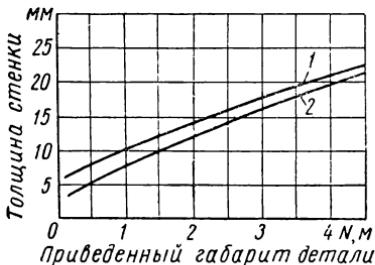


Рис. 16. График для определения толщины стенок деталей из сплавов на медной основе:

1 — не содержащих олово; 2 — содержащих олово

15—25% больше, чем для однотипных деталей из алюминиевых сплавов.

Толщина внутренних литых стенок должна быть на 10—20% менее наружных.

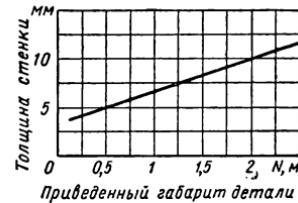


Рис. 18. График для определения толщины стенки детали из алюминиевых сплавов

**Толщина стенок литых деталей в сельхозмашиностроении.** Для определения толщины стенок деталей с.-х. машин рекомендуется пользоваться табл. 6, составленной по РМ ВИСХОМ 2-62.

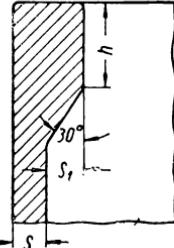
**Конструктивное оформление края стенки отливок больших габаритов.** Толщину краев стенок отливок больших габаритов рекомендуется увеличивать для выравнивания температуры по сечению при охлаждении и уменьшения напряжений (табл. 7).

Разница температур центра и края сечения мелких и средних отливок незначительна.

## 6. Рекомендуемые толщины стенок для деталей с.-х. машин

Наименование и марка металла или сплава	Толщина стенок отливок в мм						Рекомендуемые способы отливки деталей	
	мелких (0,1—2,5 кГ)		средних (2,5—10 кГ)		крупных (св. 10 кГ)			
	min	max	min	max	min	max		
<i>Серый чугун (ГОСТ 1412—54)</i>								
СЧ 15-32, СЧ 18-36	4—6	8—10	5—7	10—15	10—15	20—25	В землю, в кокиль и в оболочковые формы	
СЧ 21-40, СЧ 24-44	6—8	12—15	8—10	12—15	8—10	12—18		
СЧ 28-48	8—10	12—18	10—12	15—18	12—14	До 25		
СЧ 32-52	—	15—20	12—14	15—30	12—14	» 25		
<i>Ковкий чугун (ГОСТ 1215—59)</i>								
КЧ 30-6, КЧ 33-8	3—5	6—10	6—8	10—12	—	—	В землю, в кокиль и в оболочковые формы	
КЧ 35-10, КЧ 37-12	3—5	6—10	6—8	10—12	—	—		
<i>Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293—54)</i>								
ВЧ 45-5, ВЧ 40-10	3—5	До 10	5—10	15—20	15—20	До 50	В землю, в кокиль и в оболочковые формы	
ВЧ 45-0	8—10	12—15	8—10	15—20	18—20	» 50		
ВЧ 50-1,5; ВЧ 60-2	10—14	14—18	12—14	18—20	20—22	» 60		
<i>Углеродистая сталь (ГОСТ 977—65)</i>								
15Л, 20Л, 25Л	8—10	До 15	8—10	До 25	—	—	В землю, по выплавляемым моделям	
30Л, 35Л и выше	6—8	» 18	10—15	» 20	—	—		
<i>Алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685—63)</i>								
АЛ4, АЛ9 АЛ7, АЛ12	3—5	6—8	6—8	10—12	—	—	В землю, в кокиль, под давлением	
АЛ8	6—7	10—12	7—10	12—14	—	—		
АЛ18	4—5	6—8	7—9	10—12	—	—		
<i>Магниевые сплавы (ГОСТ 2856—55)</i>								
Мл4	6—8	10—14	10—14	14—18	—	—	В землю, в кокиль, под давлением	
Мл5, Мл6	5—7	10—12	8—10	12—15	—	—		
<i>Бронзы оловянные (ГОСТ 613—65)</i>								
Все марки	3—5	—	—	6—8	—	—	В землю, в кокиль, под давлением	
<i>Бронзы безоловянные (ГОСТ 493—54)</i>								
Все марки	4—6	—	—	—	—	—	В землю, в кокиль, под давлением	

## 7. Утолщение краев отливок больших габаритов

Эскиз	$S$	$s_1$	$h$
			
	До 16	$0,5S$	$S$
	Св. 16 до 25	$0,6S$	$1,5S$
	25 36	$0,7S$	$1,8S$
	36	$0,8S$	$2,0S$

## ПЕРЕХОДЫ И СОПРЯЖЕНИЯ СТЕНОК

Плавность перехода от тонких сечений к толстым, правильные сопряжения и достаточной величины радиусы закруглений обеспечивают получение отливок без литейных дефектов (усадочных раковин, пористости, трещин и т. д.).

В отливках со стенками разной толщины, с резкими и неправильно выполненными переходами сечений разной величины и с большими местными скоплениями металла возникают большие внутренние напряжения, приводящие к трещинам и короблению. В массивных сечениях стенок могут быть усадочные раковины и пористость. Пример устранения возможности образования усадочной раковины показан на рис. 19. При правильном выполнении отливки одновременно уменьшен ее вес.

**Лобовое сопряжение двух стенок различной толщины, лежащих в одной плоскости.** РТМ 12-60 установлены следующие соотношения переходов сечений в лобовых сопряжениях.

В правильно сконструированной детали отношение толщин стенок при переходе от одного сечения к другому не должно превышать 4 : 1 (рис. 20).

В деталях, имеющих отношение толщин стенок  $\frac{S}{S_1} \leq 2$ , переходы от одного сечения к другому необходимо выполнять с помощью радиусов закруглений (рис. 21), которые принимают:

для деталей из чугуна, магниевых и алюминиевых сплавов

$$R = 0,3h;$$

для деталей из стали и медных сплавов

$$R = 0,4h.$$

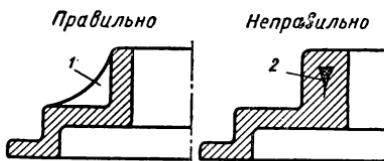


Рис. 19. Пример устранения возможности образования усадочной раковины:

1 — ребро жесткости; 2 — усадочная раковина

Такую же величину радиуса берут для деталей, не испытывающих ударных нагрузок, но имеющих  $\frac{S}{S_1} > 2$ .

Если на деталь действуют ударные нагрузки, то при  $\frac{S}{S_1} > 2$  переходы выполняют в виде клинового или ступенчатого сопряжения (рис. 22).

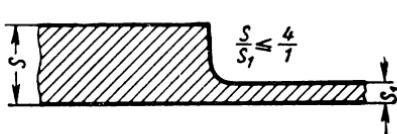


Рис. 20

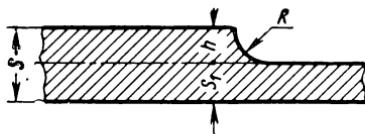


Рис. 21

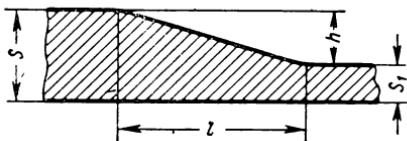


Рис. 22

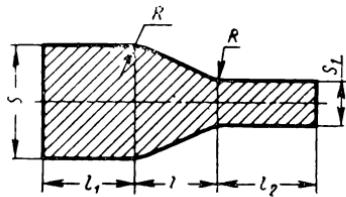


Рис. 23

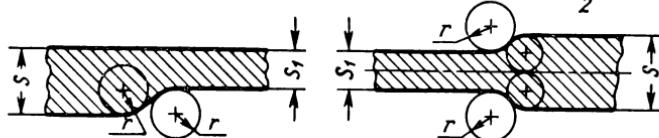


Рис. 24

Длину участка перехода от одной толщины к другой принимают:

для отливок из чугуна, магниевых и алюминиевых сплавов при  $\frac{S-S_1}{l} \leq \frac{1}{4}$ .  
 $l \geq 4h$ ;

для отливок из стали и медных сплавов при  $\frac{S-S_1}{l} \leq \frac{1}{5}$   
 $l \geq 5h$ .

Переход от толстого сечения к тонкому при значительном соотношении между  $S$  и  $S_1$  (рис. 23) осуществляют с помощью участка  $l$ , длину которого берут:

для отливок из чугунных, цветных и легких сплавов

$$l \geq 3 \left( \frac{Sl_1}{S+l_1} - \frac{S_1l_2}{S_1+l_2} \right);$$

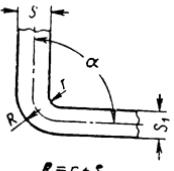
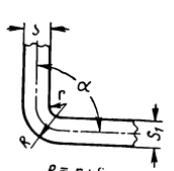
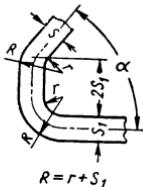
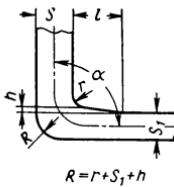
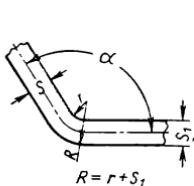
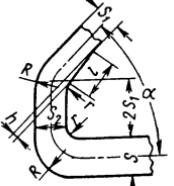
для стальных отливок

$$l \geq 4 \left( \frac{S l_1}{S + l_1} - \frac{S_1 l_2}{S_1 + l_2} \right).$$

При соотношении толщин стенок  $\frac{S}{S_1} > \frac{2}{3}$  допускается принимать радиусы закруглений, приведенные на рис. 24.

**L-образное (угловое) сопряжение.** По сравнению с другими видами сопряжений (кроме лобового) угловое сопряжение при правильном выборе радиусов закруглений имеет наименьшую склонность к образованию усадочной раковины. Соотношения размеров углового сопряжения (по РТМ 12-60) приведены в табл. 8 и 9.

### 8. Формы L-образного (углового) сопряжения

Характер сопряжения	Эскиз и величина радиуса $R$	Характер сопряжения	Эскиз и величина радиуса $R$
$S = S_1$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$		$S = 1,25 S_1$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$	
$S = S_1$ $\alpha < 75^\circ$		$S > 1,25 S_1$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$	
$S = S_1$ $\alpha > 105^\circ$		$S > 1,25 S_1$ $\alpha < 75^\circ$	

Радиусы закруглений  $r$  определяют по графикам (рис. 25), округляют и принимают по ряду предпочтительных чисел (ГОСТ 6636—60).

При угле  $\alpha = 90^\circ$  допускается применять угловые сопряжения конструкций, показанных на рис. 26 [74] и 27 [77].

Переходы от одного сечения к другому, приведенные на рис. 26—28, даны без учета увеличения толщины сопрягаемых элементов за счет припусков на механическую обработку.

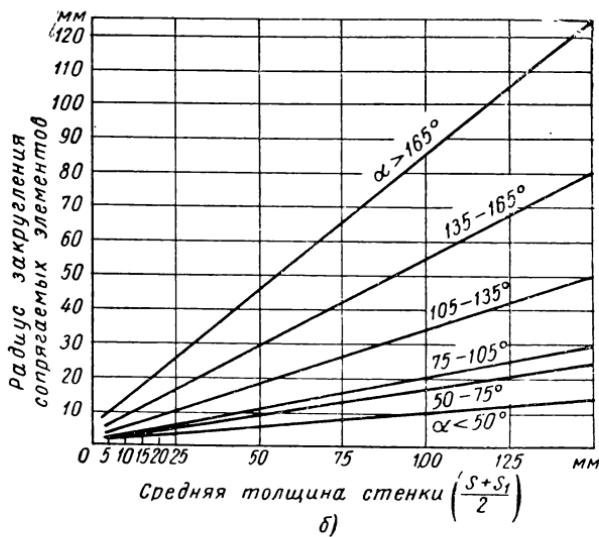
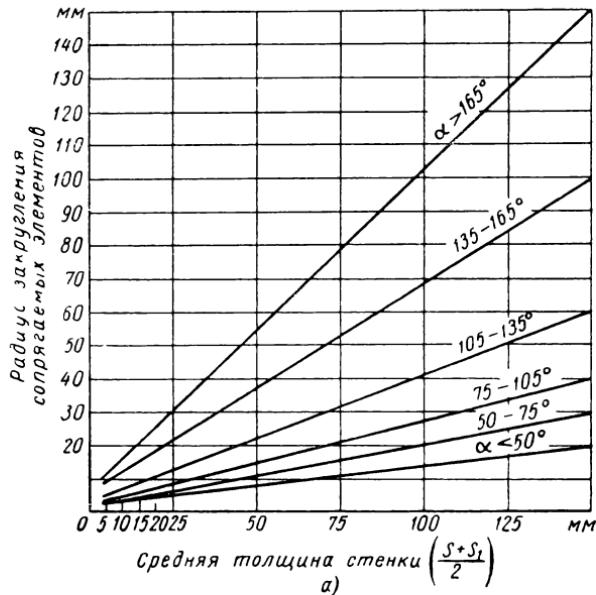


Рис. 25. Графики определения радиусов закруглений (галтелей)  $r$  при сопряжении элементов литой детали:  
а — из стали и медных сплавов; б — из чугуна, алюминиевых и магниевых

9. Значения  $h$  и  $l$  (см. эскизы табл. 8)

$S : S_1$	$h$	$l$	
		Сталь и медные сплавы	Чугун, алюминий и магниевые сплавы
$\begin{matrix} < 1,25 \\ 1,25-1,8 \\ 1,8-2,5 \\ > 2,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0 \\ S - S_1 \\ 0,8(S - S_1) \\ 0,7(S - S_1) \end{matrix}$	$\geq 5h$	$\geq 4h$

При литье чугунных деталей с большим припуском на механическую обработку для устранения скопления металла в узлах принимают [11]:

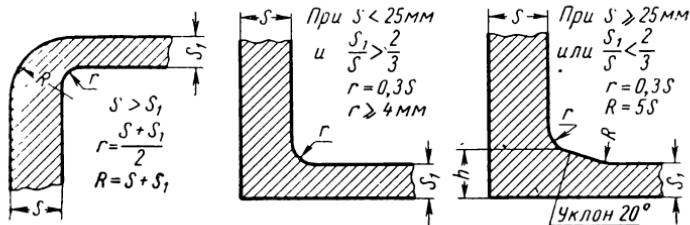


Рис. 26

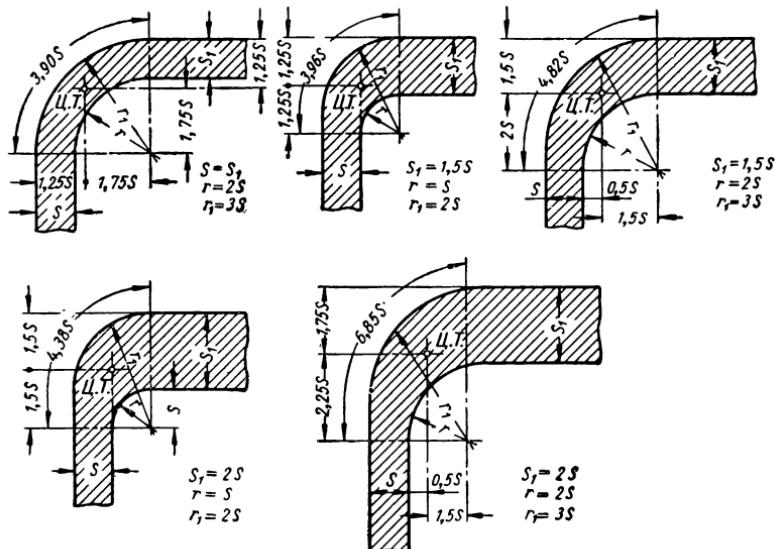


Рис. 27

при  $\frac{S}{S_1} \leq 1,75$  (рис. 28, а).

$$r \approx \frac{S + S_1}{4}$$

$$R \approx \frac{S + S_1}{2};$$

при  $\frac{S}{S_1} \geq 1,75$  (рис. 28, б)

$$r \approx \frac{S + S_1}{4};$$

$$r_1 \approx \frac{S + S_1}{5};$$

$$R \approx \frac{S + S_1}{2};$$

$$h \approx 0,6S;$$

$$l \geq 6(h - S_1).$$

**T-образное (тавровое) сопряжение.** Такое сопряжение очень опасно в отношении образования усадочных раковин и рыхлот, особенно при наличии острых углов и большой разнице в толщинах сопрягаемых стенок, а также при очень больших радиусах закруглений (рис. 29).

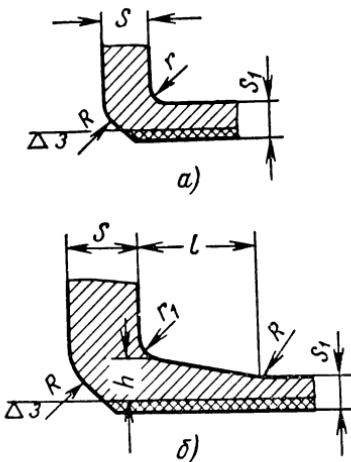


Рис. 28



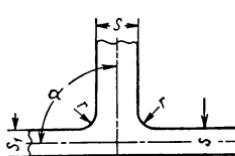
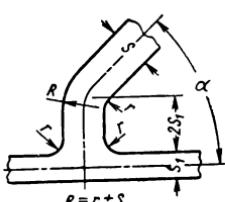
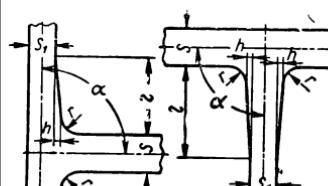
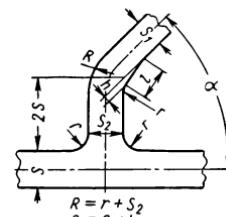
Рис. 29

Тавровые сопряжения, рекомендуемые РТМ 12-60, приведены в табл. 10 и 11.

Радиусы закруглений  $r$  определяют по графикам рис. 25, округляют и принимают по ряду предпочтительных чисел (ГОСТ 6636—60).

Допускается применять тавровые сопряжения конструкций, показанных на рис. 30 [74].

## 10. Тавровое сопряжение

Характер сопряжения	Величина радиуса $R$	Характер сопряжения	Величина радиуса $R$
$S \approx 1,25 S_1$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$		$S > 1,25 S_1$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$	
$S \approx 1,25 S_1$ $\alpha < 75^\circ$		$S > 1,25 S_1$ $\alpha < 75^\circ$	

11. Значения  $h$  и  $l$  (см. эскизы табл. 10)

$S : S_1$	$h$	$l$	
		Сталь и медные сплавы	Чугун, алюминиевые и магниевые сплавы
$<1,25$	0	$\geq 10h$	$\geq 8h$
$1,25 \div 1,8$	$0,5(S - S_1)$		
$1,8 \div 2,5$	$0,4(S - S_1)$		
$>2,5$	$0,35(S - S_1)$		

В чугунных деталях при тавровом сопряжении с учетом припусков на механическую обработку принимают [11]:

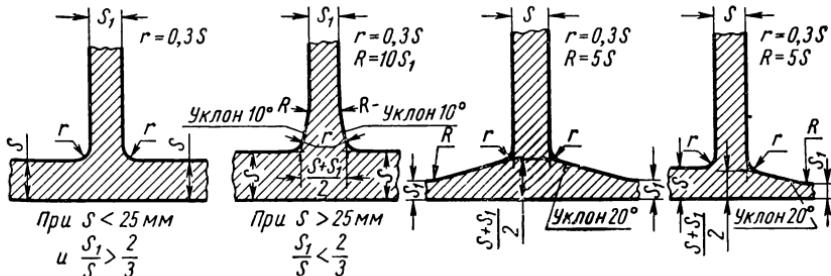


Рис. 30

при  $\frac{S}{S_1} \leq 1,75$  (рис. 31, а и б).

$$r \approx \frac{S}{S_1} \leq 1,75;$$

при  $\frac{S}{S_1} \geq 1,75$  (рис. 31, б)

$$r_1 \approx \frac{S + S_1}{4} \quad R \approx \frac{S + S_1}{2};$$

$$h \approx 0,6S; \quad l \geq 4(h - S_1);$$

при конструкции, соответствующей рис. 31, г.

$$r_1 \approx \frac{S + S_1}{5};$$

величины  $R$ ,  $h$  и  $l$  такие же, как для рис. 31, б.

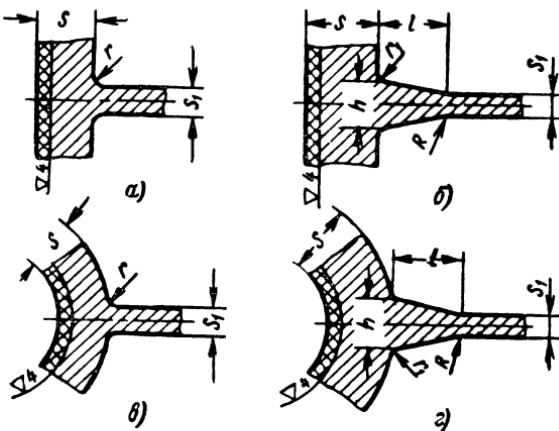


Рис. 31

**V-образное сопряжение.** При этом сопряжении не допускается угол  $\alpha$  выполнять острым, его необходимо закруглять радиусом  $r$  (рис. 32).

Радиусы закруглений принимают:  
при  $S=S_1$ ,  $S \geq 10$  мм и  $\alpha < 60^\circ$  (рис. 32, а)

$$r \geq S; \quad R = r + S_1;$$

при  $S \neq S_1$ ,  $\frac{S + S_1}{2} \geq 10$  мм и  $\alpha < 60^\circ$  (рис. 32, б)

$$r \geq \frac{S + S_1}{2}$$

$$R_1 = S_1 + r; \quad R_2 = S + r.$$

При конструировании детали, имеющей литые углы  $\alpha \leq 75^\circ$ , толщину стенки  $S_1$  в вершине угла берут меньше, чем у боковых стенок (рис. 33), так

как скорость затвердевания металла к вершине угла меньше. Величину радиуса  $R$  находят подбором.

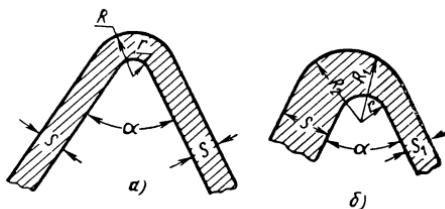


Рис. 32

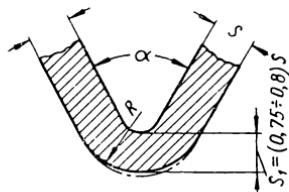


Рис. 33

**Вилкообразное сопряжение.** Не допускается проектировать сопряжение с острым углом  $\alpha$  (рис. 34), этот угол следует закруглять радиусом. Формы вилкообразных сопряжений приведены в табл. 12.

#### 12. Формы вилкообразного сопряжения

Характер сопряжения	Эскиз			$R$
$S < 25 \text{ мм}$ $\frac{S_1}{S} > \frac{2}{3}$		$\geq S_1$ (при $r \geq 10 \text{ мм и}$ $\alpha < 60^\circ$ )	$0.3S$	$r + S_1$
$S > 25 \text{ мм}$ $\frac{S_1}{S} < \frac{2}{3}$				$r + \frac{S + S_1}{2}$
$S < 25 \text{ мм}$ $\frac{S_1}{S} > \frac{2}{3}$		$0.3S$	$S_1$	$2S$
$S > 25 \text{ мм}$ $\frac{S_1}{S} < \frac{2}{3}$		$0.3S_1$	$S_1$	$\frac{S + 3S_1}{2}$

**K-образное сопряжение.** Такое сопряжение применяют преимущественно в ребристых конструкциях. В местах утолщения могут образоваться усадочные рыхлоты и раковины (рис. 35), поэтому большие скопления металла необходимо рассредоточить (рис. 36).

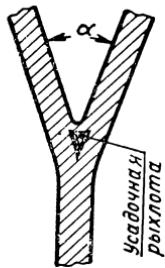


Рис. 34



Рис. 35

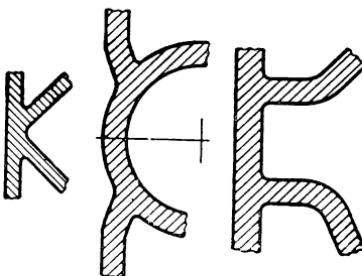


Рис. 36

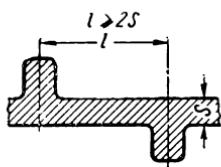


Рис. 37

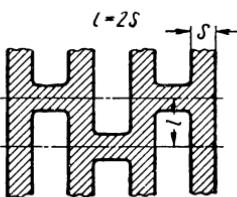


Рис. 38

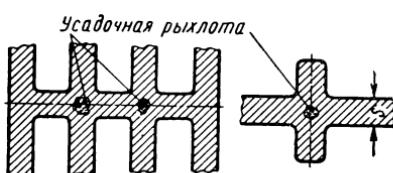


Рис. 39

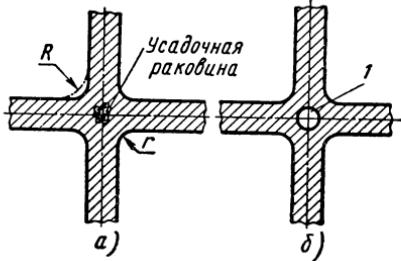


Рис. 40

**T-образное шахматное сопряжение.** Это сопряжение (рис. 37) также имеет большое распространение в ребристых конструкциях, его применяют вместо нерациональных крестообразных сопряжений (рис. 38).

При конструировании таких сопряжений рекомендуется соблюдать равнотенность ребер.

**X-образное сопряжение четырех стенок.** Это сопряжение (рис. 39, а) применять нецелесообразно, так как в месте сопряжения значительно увеличивается масса металла, замедляется охлаждение и увеличивается опасность появления

ления дефектов усадочного характера. Взамен X-образного сопряжения рекомендуется применять Н-образное сопряжение (рис. 39, б).

**Крестообразное сопряжение четырех стенок.** Такое сопряжение нерационально, так как увеличивает массу металла, способствует концентрации тепла, замедляет охлаждение. Слишком большой радиус закругления  $R$  (вместо  $r$ ) (рис. 40, а) усиливает этот эффект. Кроме того, при равных нагрузках на сходящейся стенке возникают напряжения с большим коэффициентом концентрации.

Крестообразное сопряжение применяют только в исключительных случаях, при этом необходимо предусмотреть отверстие 1, образуемое стержнем (рис. 40, б).

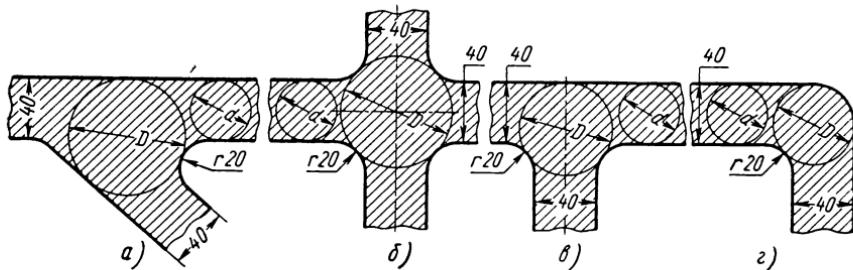


Рис. 41

**Графический метод определения величины возможных усадочных дефектов при сопряжении стенок.** Вероятность появления дефектов возрастает с увеличением массы металла в узле. Можно с достаточной степенью точности определить возможность их возникновения, пользуясь вписанными окружностями.

Например, при сопряжении стенок, показанных на рис. 41, принимая  $a = 40 \text{ мм}$  (толщина стенки), будем иметь:

$$\text{Рис. } D \cdot \frac{D}{d} \cdot \left( \frac{D}{d} \right)^2$$

Увеличение массы металла узла в %

	41, а	41, б	41, в	41, г
	77	72	60	53
	3,70	3,24	2,25	1,75
	270	224	125	75

Следовательно, наименьшая вероятность появления дефектов в сопряжении, показанном на рис. 41, г, наибольшая — в конструкции на рис. 41, а.

## РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ

Правильный выбор радиусов закруглений (галтелей) в местах переходов от одних сечений к другим в значительной степени определяет качество литой детали. Например, на первоначальном чертеже отливки рычага (рис. 42) радиус закругления  $R$  был запроектирован 2,3 мм, в результате почти все отливки оказались с трещинами. После увеличения радиуса закругления до 3 мм трещины не появлялись. Практика показывает, что слишком малая величина радиусов закруглений в узловых сопряжениях ведет к трещинам, чрезмерная величина — к появлению усадочной рыхлоты.

Неправильное назначение радиусов закруглений может привести также к аварии различных машин во время эксплуатации. Анализ работы поршневых компрессоров, проведенный на ряде химических и нефтеперерабатывающих предприятий, показал, что аварии происходят вследствие конструктивных не-

достатков отдельных деталей и узлов, ошибок, допущенных при их изготовлении.

В основном в поршневых компрессорах разрушаются детали, работающие под знакопеременными и пульсирующими нагрузками: цилиндры, коленчатые валы, штоки, плунжеры, штанги, крейцкопфы и ползуны, чему виной в зна-

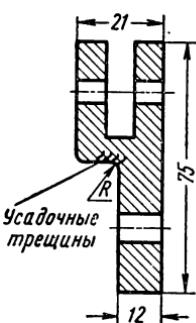


Рис. 42

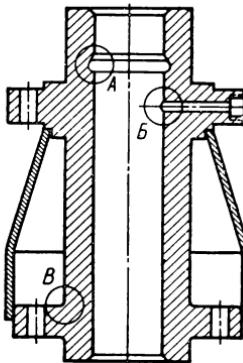


Рис. 43

чительной степени явилось неправильное назначение радиусов закруглений [74].

Например, при эксплуатации водородных шестиступенчатых компрессоров, работающих с давлением нагнетания  $325 \text{ кГ/см}^2$ , наблюдались случаи выхода из строя цилиндров. Последние разрушались вследствие появления трещин от усталости металла по радиусу закругления (галтели) в месте перехода цилиндрической части во фланец, к которому крепится головка цилиндров (рис. 43 место  $B$ ). В этом случае причиной появления усталостных трещин были недостаточные радиусы закругления.

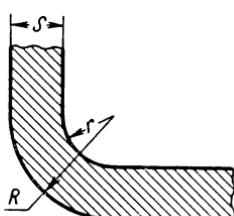


Рис. 44

В нескольких случаях цилиндры выходили из строя в результате появления спиральных трещин на поверхности хвостовой направляющей части. При стачивании металла с последней обнаружилось, что трещины возникали под действием концентраторов, в одном случае от подреза (рис. 43, место  $A$ ), который был сделан без необходимого радиуса закругления, а в другом — от наличия острой кромки у отверстия для смазки (рис. 43, место  $B$ ).

Исследованиями и практикой работы доказано, что для литьих деталей оптимальная величина радиусов закруглений, обеспечивающая получение наиболее плотного металла в узле, зависит в основном от толщины стенок.

Закругления должны производиться радиусами из одного центра (рис. 44) как для внешней стенки (радиус  $R$ ), так и для внутренней (радиус  $r$ ). При сопряжении двух стенок одинаковой толщины под прямым углом, обычно принимают

$$r = S,$$

$$R = 2S.$$

Величину литейных радиусов закруглений можно указать на чертеже надписью, например, «величина неуказанных литейных радиусов  $R \geq 4$ », или «величина литейных радиусов внутренних углов  $r \geq 6$ » и т. п.

Для отливок из серого чугуна рекомендуются следующие радиусы закруглений: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 16, 20, 25, 32, 40 мм. При этом величину радиуса выбирают в пределах  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$  среднего арифметического от толщины сопрягаемых стенок, если по назначению и конструкции детали не требуют иного радиуса. Минимальные радиусы закруглений можно выбирать также по табл. 13.

### 13. Минимальные радиусы закруглений углов пересекающихся поверхностей из серого чугуна

Размеры в мм

Эскиз	Наибольший габаритный размер детали	Минимальный радиус	
		$R_s$	$R_h$
	Св. До 250 250 до 500 » 500 » 750 » 750 » 1000 » 1000 » 1500 » 1500	3 5 6 8 10 12	2 3 3 5 5 6

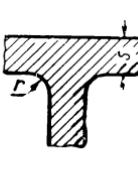
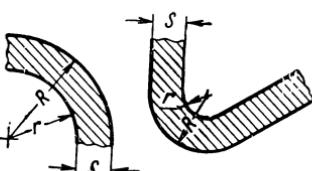
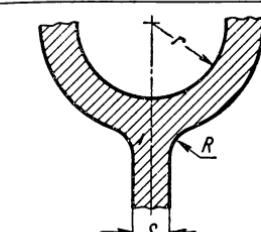
Примечания: 1. В отдельных деталях, где по конструктивным или технологическим соображениям минимальные радиусы, указанные в таблице, выполнить невозможно, в исключительных случаях, по согласованию с технологом-литейщиком, их можно уменьшить.  
 2. При конструировании следует предусматривать не минимальные, а максимальные возможные радиусы закруглений.  
 3. Величина радиусов закруглений, принятая по таблице, не должна превышать  $\frac{3}{4}$  толщины стенки.  
 4. В деталях, где радиусы закруглений, помимо их основного назначения, способствуют также и извлечению моделей из формы, величину закруглений подбирают по месту.

### 14. Сочленение стенок в отливках из ковкого чугуна

Размеры в мм

Эскиз	$S$	$r$	$S$	$r$
	3 6 9 12	3 6 9 12	15 18 21 25	12 16 16 20

**15. Радиусы закруглений в мм для отливок из ковкого чугуна**  
Размеры в мм

Вид сечения	При незначительном затруднении усадки и статической нагрузке				При большом затруднении усадки и динамической нагрузке			
	с питанием узла		без питания узла		с питанием узла		без питания узла	
	$r$ не ме- нее	$R$	$r$ не ме- нее	$R$	$r$ не ме- нее	$R$	$r$ не ме- нее	$R$
	Не применяют		—		Не применяют		—	
	$0,3S + +3$		$1,6S + +3$		$0,4S + +2$		$1,8S + +3$	
	Не применяют		$0,3S + +2$		Произвольный		Не применяют	

**16. Радиусы закруглений для отливок из цветных металлов и сплавов**

Размеры в мм

$\frac{S + S_1}{2}$		$\frac{S + S_1}{2}$	
Св. До 12 » 12 до 16 » 16 » 20 » 20 » 27 » 27 » 35 » 35 » 45	6 8 10 12 16 20	Св. 45 до 60 » 60 » 80 » 80 » 110 » 110 » 150 » 150 » 200	25 32 32 40 50

## 17. Минимальные радиусы закруглений наружных углов

Размеры в мм

Эскиз	$P, P_1, P_2$	$r$ при $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ в град																																																																																																
		До 50°	Св. 50 до 75	Св. 75 до 105	Св. 105 до 135	Св. 135 до 165	Св. 165																																																																																											
	$P$ $P_1, P_2$ $\alpha$ $\alpha_1$ $\alpha_2$ $r$	<table> <thead> <tr> <th>Св.</th> <th>До 25</th> <th>50</th> <th>2</th> <th>2</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>» 25 до 50</td> <td>50</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>» 50 » 150</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>» 150 » 250</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>» 250 » 400</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>» 400 » 600</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>32</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>» 600 » 1000</td> <td>8</td> <td>12</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>» 1000 » 1600</td> <td>10</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>32</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>» 1600 » 2500</td> <td>12</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>» 2500</td> <td>16</td> <td>25</td> <td>32</td> <td>50</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>125</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Св.	До 25	50	2	2	2	4	6	8	» 25 до 50	50	2	4	4	6	8	10	16	» 50 » 150	4	4	6	8	10	16	18	25	» 150 » 250	4	6	8	10	12	16	20	32	» 250 » 400	6	8	10	12	16	20	25	40	» 400 » 600	6	8	10	12	16	20	32	50	» 600 » 1000	8	12	16	20	25	40	50	60	» 1000 » 1600	10	16	20	25	32	50	60	80	» 1600 » 2500	12	20	25	40	50	80	100	125	» 2500	16	25	32	50	80	100	125							
Св.	До 25	50	2	2	2	4	6	8																																																																																										
» 25 до 50	50	2	4	4	6	8	10	16																																																																																										
» 50 » 150	4	4	6	8	10	16	18	25																																																																																										
» 150 » 250	4	6	8	10	12	16	20	32																																																																																										
» 250 » 400	6	8	10	12	16	20	25	40																																																																																										
» 400 » 600	6	8	10	12	16	20	32	50																																																																																										
» 600 » 1000	8	12	16	20	25	40	50	60																																																																																										
» 1000 » 1600	10	16	20	25	32	50	60	80																																																																																										
» 1600 » 2500	12	20	25	40	50	80	100	125																																																																																										
» 2500	16	25	32	50	80	100	125																																																																																											

$P, P_1, P_2$  — наименьший габаритный размер плоскости детали, перпендикулярный к образующей цилиндрической поверхности скругления;  
 $\alpha_2$  — двугранный угол между сопрягаемыми поверхностями;  
 $r$  — радиус закругления.

## 18. Радиусы закруглений и фаски по ГОСТу 10948—64

1-й ряд	2-й ряд						
0,10	0,10	1,0	1,0	10	10	100	100
—	—	—	1,6	1,6	1,2	—	125
—	—	0,20	—	1,6	1,6	160	160
—	—	—	2,5	2,0	2,0	—	200
—	—	0,30	—	2,5	2,5	250	250
0,40	0,40	4,0	4,0	40	40	—	
—	—	0,50	—	5,0	—	50	
0,60	0,60	6,0	6,0	60	60	—	
—	0,80	—	8,0	—	80	—	

Примечание. При выборе 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

Радиусы закруглений для отливок из ковкого чугуна выбирают по табл. 14 и 15 [40].

Для отливок из цветных сплавов рекомендуемые радиусы закруглений приведены в табл. 16.

Величины радиусов закругления можно определять также по графикам РТМ 12-60 (см. рис. 25).

Минимальные значения радиусов закруглений наружных углов литых деталей принимают по табл. 17 [72].

Величины радиусов заруглений регламентируются также ГОСТом 10948—64 (табл. 18).

## ДЕТАЛИ С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ

При конструировании литых деталей для увеличения их общей жесткости и прочности, усиления особо нагруженных мест или выступающих частей, а иногда по технологическим соображениям рекомендуется предусматривать ребра жесткости.

Ребра жесткости позволяют уменьшить сечения отдельных элементов детали, снизить внутренние напряжения в местах сопряжения стенок различного

сечения, а также способствуют предотвращению коробления или брака по трещинам.

В зависимости от назначения в отливках ребра подразделяют на следующие виды:

усиливающие ребра (увеличивают прочность отливки в определенных сечениях, уменьшают напряжения);

разводящие ребра (воспринимают сосредоточенные нагрузки и переносят их распределенно на тонкие стенки отливки);

ребра жесткости (усиливают жесткость слабых элементов отливки);

ребра конструктивные (являются элементами конструкции и имеют определенное назначение, например, охлаждающие или направляющие ребра);

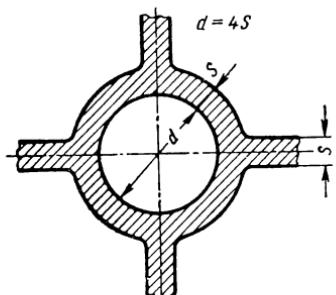


Рис. 45

ребра технологические (применяют в зависимости от технологического процесса изготовления литой детали; к ним относят усадочные ребра, ребра, предохраняющие отливку от деформации в период охлаждения, которые затем удаляют).

Направление усиливающих ребер должно соответствовать направлению главных напряжений в отливке; в связи с этим они могут быть продольными, поперечными или боковыми (образующими утолщения краев отливки).

В качестве разводящих ребер могут рассматриваться ребра, передающие нагрузку от ребер жесткости к стенкам отливки, а также различного рода кольца, фланцы, на которые действуют сосредоточенные силы.

Направление ребер жесткости должно быть перпендикулярным к направлению линий максимальных напряжений в отливке. Примером таких ребер могут служить поперечные ребра на боковых тонких стенках отливок коробчатого сечения; они предохраняют тонкие стенки от деформации.

При конструировании отливок с ребрами следует пользоваться следующими рекомендациями:

1. Толщина наружных ребер жесткости не должна превышать 0,8 толщины сопрягаемой стенки. Внутренние ребра ввиду более медленного охлаждения металла делают менее массивными, их толщину берут 0,6—0,7 от толщины сопрягаемой стенки. Высота ребер не должна превышать пятикратной толщины стенки,

При большой толщине ребер возможно появление усадочной рыхлоты или трещины в местах скопления металла на стыке ребра жесткости со стенкой.

2. В местах сопряжений ребер жесткости с сечениями тела детали необходимо избегать местных скоплений металла и резких переходов (см. рис. 38). Для мелких и средних отливок прямоугольных форм рекомендуется расположение ребристых стенок (см. рис. 37). Для крупных — кольцевое расположение (рис. 45).

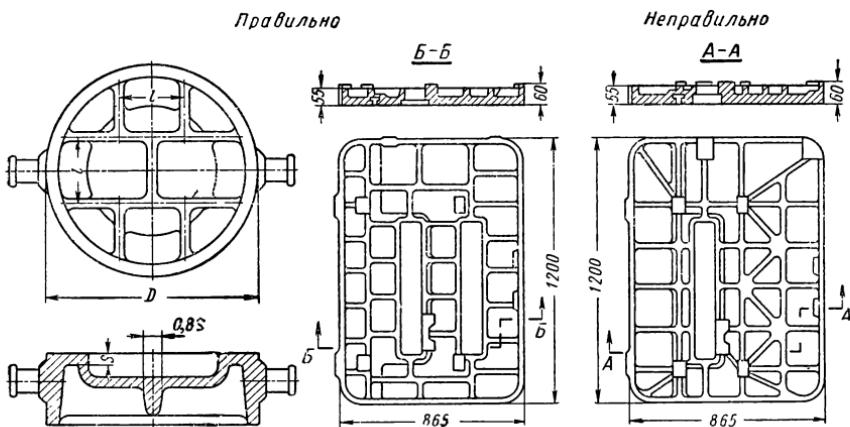


Рис. 46

3. При конструировании ребристых плит (разметочных плит, столов встряхивающих машин, столов станков) следует избегать скопления металла в местах сопряжений и обеспечивать необходимую жесткость плиты. Примеры конструктивного оформления плит показаны на рис. 46.

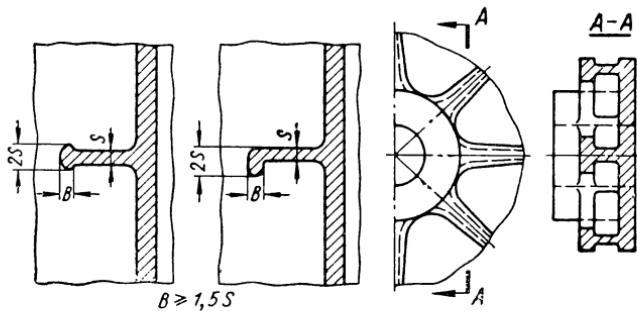


Рис. 47

4. При сопряжении внутренних ребер с массивными частями отливки (направляющими, муфтами, втулками), где это возможно, ребра следует выполнять Т- или Г-образными. Примеры конструирования таких ребер показаны на рис. 47.

5. В местах перехода направляющих в обычную стенку необходимо предусматривать внутренние ребра жесткости 1 (рис. 48) и местное внутреннее конусное утолщение 2.

6. В местах окончания массивных направляющих ребра жесткости и внутренние клинообразные переходы следует выполнять как показано на рис. 49.

7. При расположении ребер на крышках, нагреваемых при эксплуатации, следует учитывать теплопроводность материала. Не рекомендуется придавать крышкам плоскую форму и располагать ребра с наружной стороны, охлаждаемой воздухом, так как расширение металла ребер в этом случае затруднено, крышкам следует придавать форму сферическую с ребрами на внутренней поверхности (рис. 50).

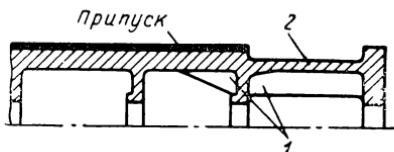


Рис. 48

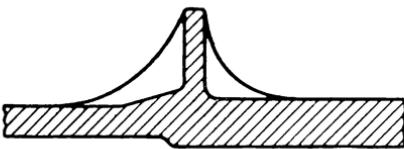


Рис. 49

8. При проектировании стоек металлорежущих станков их внутренние стороны подкрепляют попречными (перпендикулярными к оси стойки) и продольными ребрами (рис. 51). В этом случае поверхности стенок между ребрами не должны превосходить  $400 \times 400$  мм во избежание колебаний их как диафрагм.

9. Если в острых углах сходящихся ребер образуются усадочные дефекты 1 (рис. 52), то следует изменить конструкцию, предусматрив в этих местах отверстия 2, образуемые стержнями.

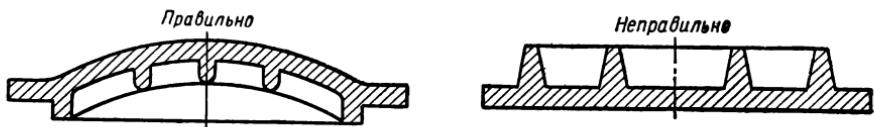


Рис. 50

Рекомендуемые сопряжения элементов литых деталей с ребрами приведены в табл. 19.

Допускаются также ребристые сопряжения, показанные на рис. 53, при условии их равностенности.

10. Ребра жесткости, предназначенные для укрепления литой детали (муфты, втулки, фланцы), требующие точного расположения, следует размещать симметрично оси детали во избежание ее коробления.

11. Форма ребер жесткости и связей должна обеспечивать их свободную деформацию при усадке металла во время охлаждения.

12. Ребрам жесткости следует придавать криволинейную форму во избежание образования трещин в месте стыка их с основными стенками отливок (рис. 54).

13. Ребра жесткости рекомендуется располагать в плоскости разъема формы или перпендикулярно к ней, чтобы избежать применения отъемных частей (рис. 55).

14. Ребра жесткости следует располагать на прямых участках элементов литой детали, не допуская сопряжения ребер в изгибах стенок (рис. 56).

15. Излишне большое количество ребер усложняет технологию получения отливки и поэтому нежелательно.

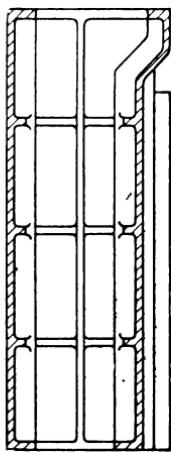
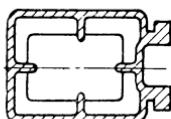
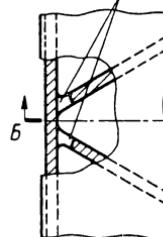
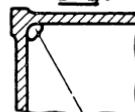


Рис. 51

*Правильно*  
*Б-Б.*



*Неправильно*  
*А-А*

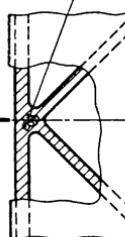
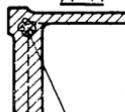


Рис. 52

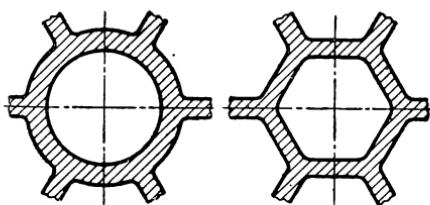


Рис. 53

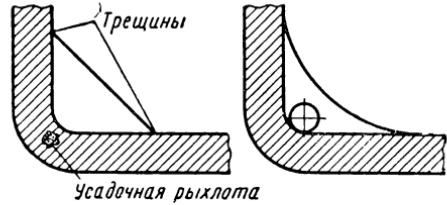
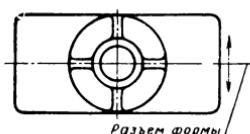


Рис. 54

*Правильно*



*Разъем формы*

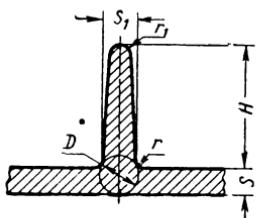
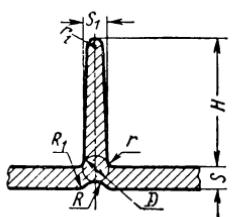
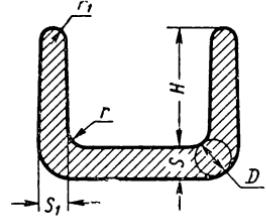
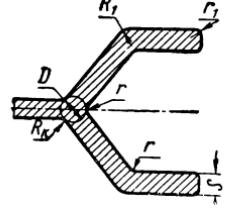
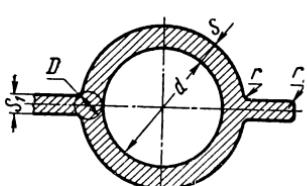
*Неправильно*



*Разъем формы*

Рис. 55

## 19. Сопряжение элементов литых деталей с ребрами

Виды сопряжения	Эскиз	Размеры
Стенки с ребром, расположенным по середине		$H \leq 5S; S_1 = 0,8S; D = 1,5S; r = 0,5S; r_1 = 0,25S$
		$H < 5S; S_1 = 0,8S; D = 1,25S; r = 0,5S; r_1 = 0,25S; R = 1,5S$
Стенка с ребрами по краям		$H \leq 5S; S_1 = S; D = 1,25S; r = 0,3S; r_1 = 0,25S$
Вилкообразное ребристое сечение		$R_1 = 1,5S; D = 1,25S; r = 0,5S; r_1 = 0,25S$
Кольцевое сечение с ребрами		$S_1 = 0,8S; D = 1,25S; r = 0,5S; r_1 = 0,25S$

Продолжение табл. 19

Виды сопряжения	Эскиз	Размеры
Кольцевое сечение с большим количеством ребер в одном узле		При условии $D \geq 4S$
Сечение с ребрами и квадратным отверстием		$b \leq 0.5S; R = 0.8S;$ $r_1 = 0.25S; r_2 = 0.25S;$ $D = 1.25S; S_1 = S$

Примечание. Размеры  $S, R, d$  и  $l$  выбирают по конструктивным соображениям.

16. Исходя из конструкционных свойств чугунов, ребра в чугунных деталях нужно располагать так, чтобы они работали на сжатие, а не на растяжение (рис. 57). При определении толщины ребер следует учитывать, что они

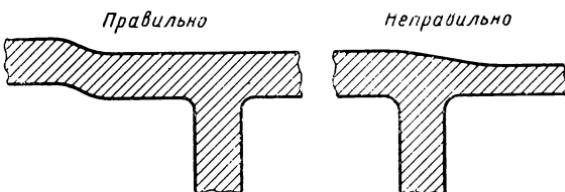


Рис. 56

должны затвердевать одновременно или несколько раньше сечений отливки, к которым примыкают. Для этого практически достаточно, чтобы толщина ребер была меньше, во всяком случае не превышала толщину стенки детали. Рекомендуются следующие соотношения толщин ребер и стенок:

Технологически минимальная толщина наружных стенок в мм . . . . .	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28
Толщина ребер в мм	4	4	5	6	7	8	10	12	14	14	16	18	20	22

17. В ряде случаев ребра рекомендуется заменять мостиками (разновидность ребер), способствующими усилению питания в местах, опасных по усадке. Например, введение переходных мостиков  $K$  (рис. 58) в конструкции парового вентиля весом 1220 кг, вполне обеспечило достаточное питание в местах, склонных к усадке, и ликвидировало брак при отливке [78].

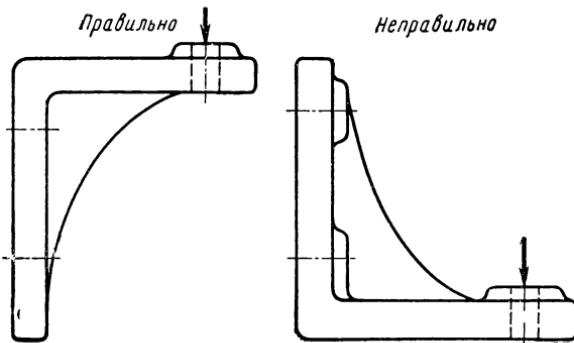


Рис. 57

18. Вместо ребер (рис. 59, а) для повышения жесткости конструкции в направлении, перпендикулярном стенкам, часто применяют двойные стенки (рис. 59, б и в). Подобные конструкции получили распространение в станкостроении.

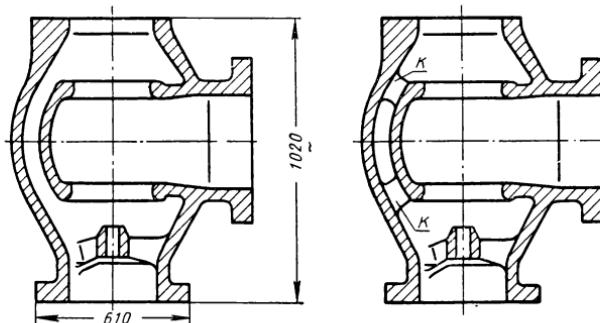


Рис. 58

Двухстенные отливки получили распространение и в других отраслях машиностроения. Процесс улучшения конструкции двухстенной отливки показан на рис. 60. Первоначально конструкция была выполнена из серого чугуна (рис. 60, а), но в отливке (место 1) часто появлялись утяжинки, сопровождающие иногда усадочной рыхлотой. Усадочная рыхлota появлялась в сопряжениях 2 также и в случае выполнения отливки из ковкого или высокопрочного чугуна или нежелезных сплавов. При отливке из стали в узловых сопряжениях 3 появлялись усадочные дефекты в виде микропористости или микроусадочных раковин. Эти усадочные дефекты, не уменьшая заметно прочности

отливки, вели к негерметичности при гидравлическом испытании или к поверхностной пористости после механической обработки или хонингования внутренних поверхностей отливки.

В целях устранения этих дефектов конструкцию изменили (рис. 60, б) но установка холодильников 4 у нижних узловых скоплений металла, не питаемых прибылями, не устранила полностью усадочных дефектов.

В дальнейшем изменение конструкций (рис. 60, в) предусматривало устранение нижних узловых сопряжений. Питание внутренней трубы производилось

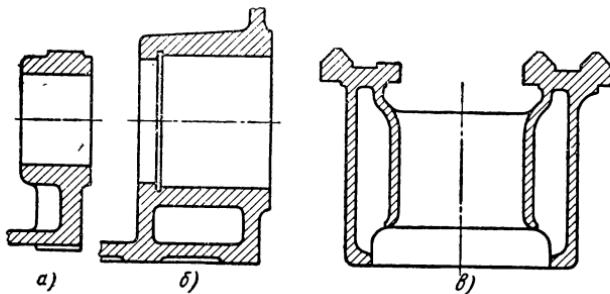


Рис. 59

через верхнюю перемычку с толщиной  $S > h$ , боковые узловые сопряжения питались боковыми прибылями. Наиболее технологичной оказалась конструкция, показанная на рис. 60, г, так как она позволила устраниить боковые прибыли путем образования технологического напуска 5 и уменьшения толщины боковых перемычек до минимально возможной величины.

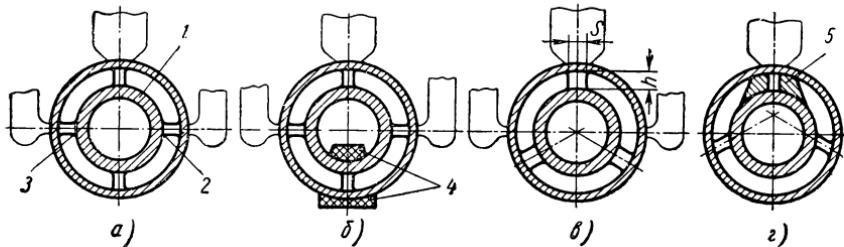


Рис. 60

Технологичная конструкция двух- и многостенных отливок предотвращает возникновение усадочных дефектов в сечениях внутренних стенок блоков цилиндров, двигателей, головок и в других подобных отливках.

### БОБЫШКИ, ПЛАТИКИ, ПРИЛИВЫ И ПАЛЬЦЫ

При конструировании литых деталей большое внимание следует уделять форме и месту расположения наружных приливов: платиков, бобышек, буртов и т. п. (рис. 61).

Желательно конструировать литую деталь с минимальным количеством бобышек, платиков, приливов, так как, образуя узлы сосредоточения металла, они часто являются причиной возникновения усадочных раковин и рыхлот

(особенно при отливке деталей из сплавов с большой объемной усадкой), иногда требуют применения отъемных частей модели или стержней.

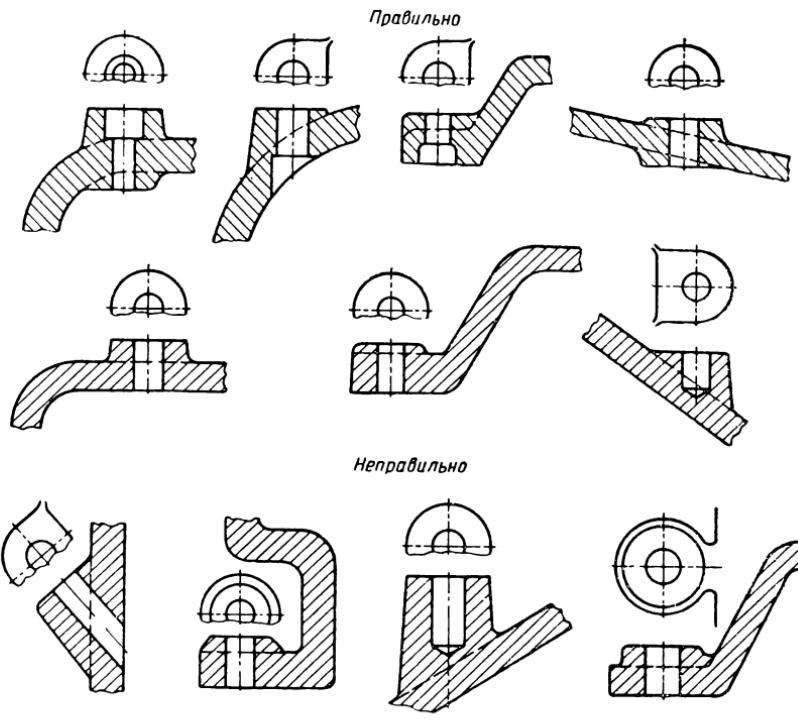


Рис. 61

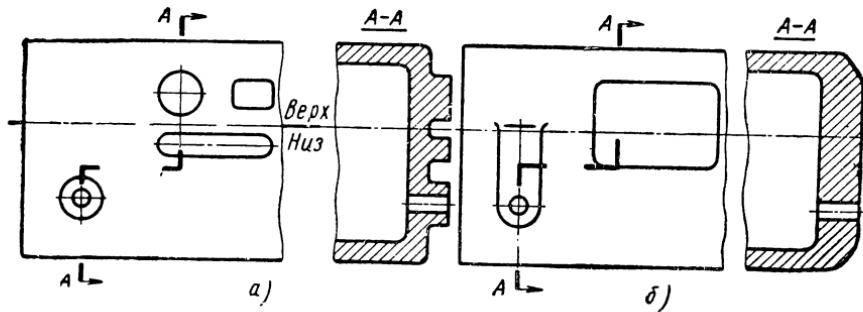


Рис. 62

При конструировании наружных приливов необходимо учитывать следующие рекомендации.

1. Приливы целесообразно располагать так, чтобы поверхность разъема формы проходила по приливам или поверхностям, к которым они поддлты. При этом условии модель свободно извлекается из формы без применения

отъемных частей или стержней. При большом количестве разрозненных пластиков, одинаковых или разных по конфигурации, расположенных вне разъема формы (рис. 62, а), их следует объединять по крайним наружным точкам в один общий пластик, придав ему форму, удобную для извлечения модели из полуформы (рис. 62, б).

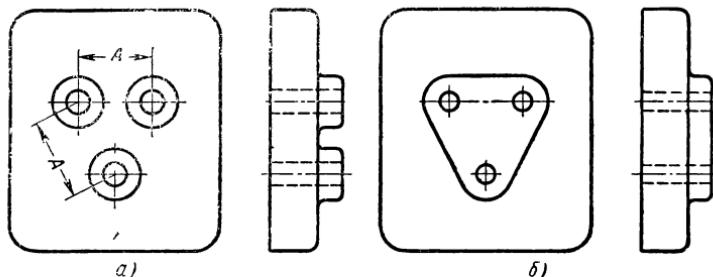


Рис. 63

Если расстояния между центрами бобышек под крепежные детали равны или меньше расстояний, указанных в табл. 20 [77], то отдельные бобышки (рис. 63, а) соединяют в одну (рис. 63, б).

**20. Расстояние между центрами бобышек, отливаемых раздельно  
(см. рис. 63)**

Размеры в мм

Диаметр резьбовых крепежных деталей	Размер А при литье	
	в песчаные формы	в кокиль или под давлением
До 4	25	15
Св. 4 до 6	30	18
» 6 » 10	30	22
» 10 » 14	40	30
» 14 » 18	50	38

Если единичные бобышки, расположенные вне разъема формы, нельзя подлить к разъему формы, их следует (при возможности) снимать. Места вокруг отверстий, где были расположены эти приливы, следует цековать.

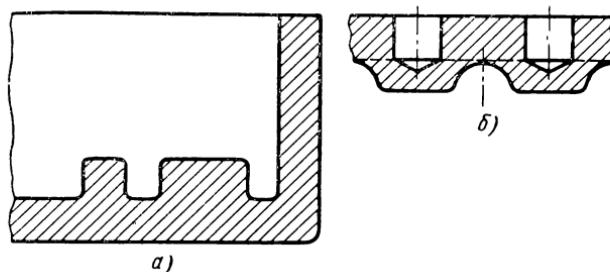


Рис. 64

2. При конструировании литых деталей нужно избегать появления между выступающими частями, расположеными близко одна к другой, узких и глубоких впадин (рис. 64, а).

Во всех случаях, где это конструктивно допустимо, платики, бобышки и другие выступающие части не следует располагать близко одна от другой (рис. 64, б) или вблизи выступающей части детали (рис. 65, а). Если это конструктивно неприемлемо, их следует объединять и подтягивать (подливать) к расположенной рядом нависающей части детали (рис. 65, б).

Если выступающие части нельзя объединить, то расстояния между ними следует принимать не менее указанных ниже (размеры в мм):

Высота выступающих частей $H$ (включая припуск на механическую обработку)	До 8	9—15	16—25	26—50	51—100	Более 100
Расстояния между выступающими частями	1,8H	1,6H	1,4H	1,2H	60	70

3. Выступающие части во внутренних полостях детали при выполнении их в литье стержнями должны иметь соответствующую форму и направлены (подлиты) к поверхности, противоположной набивке стержня.

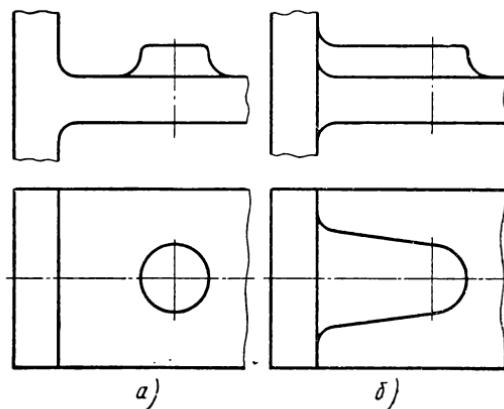


Рис. 65

4. Наименьшую высоту бобышек и платиков, обеспечивающую свободную механическую обработку их поверхностей, принимают по табл. 21.

21. Наименьшая высота бобышек и платиков  
Размеры в мм

Наибольший габаритный размер детали	Наименьшая высота бобышки	Наибольший габаритный размер детали	Наименьшая высота бобышки
Св. До 50	2	От 1000 до 1250	10
» 50 до 250	3	» 1250 » 1500	12
» 250 » 500	4	» 1500 » 1750	14
» 500 » 750	6	» 1750 » 2000	16
» 750 » 1000	8	Св. 2000	20

Высота бобышек, платиков и других приливов не должна превышать толщины стенки, на которой они находятся.

В исключительных случаях, при необходимости выполнить бобышки высотой до  $1,5S$ , их проектируют, как показано на рис. 66, где  $h = 1,5S$ ;  $l = 3S$ ;  $d = S$  и  $r = 0,5d$  [76].

5. Расстояние между смежными бобышками  $l \geq 3S$  рекомендуется выдерживать и в конструкциях, показанных на рис. 67.

6. Сопряжения бобышек и приливов со стенкой детали должны быть плавными, без резких углов и переходов.

7. Ввиду возможного смещения во время отливки бобышек и приливов, расположенных на наружных поверхностях детали, рекомендуется заменять их выточками, если это позволяет толщина стенок детали (рис. 68).

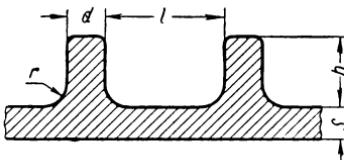


Рис. 66

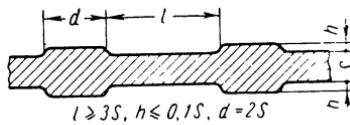
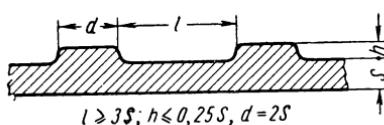
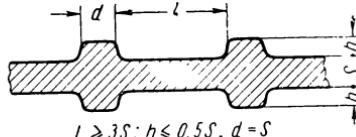
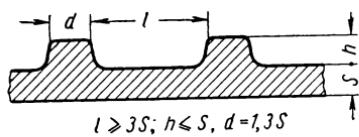


Рис. 67

8. Механически обрабатываемые поверхности бобышек и приливов рекомендуется располагать на одном уровне, что обеспечивает возможность обработки детали напроход (рис. 69).

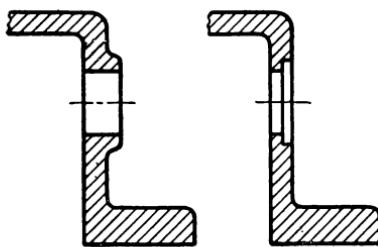


Рис. 68

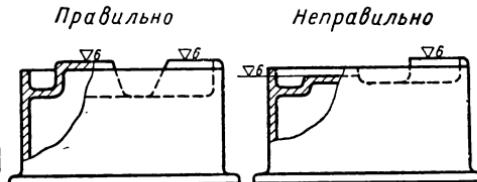


Рис. 69

9. Бобышки, подлежащие сверлению, следует выполнять по возможности односторонними (рис. 70, а), а не двусторонними (рис. 70, б), во избежание возможного их смещения во время отливки (рис. 70, в).

10. Высоту  $h$  односторонних (рис. 71, а) бобышек и двусторонних (рис. 71, б) бобышек и приливов следует принимать не более  $0,7S$ ; другие разме-

ры берут:  $d=0,4 D$ , но не менее 8 мм; при  $d < 8$  мм отверстие заменяют выемками радиусом  $R = 0,15D$ ;  $r_1 = 0,25S$  и  $\alpha \approx 30 \div 45^\circ$ ;  $h$  и  $r$  принимают конструктивно.

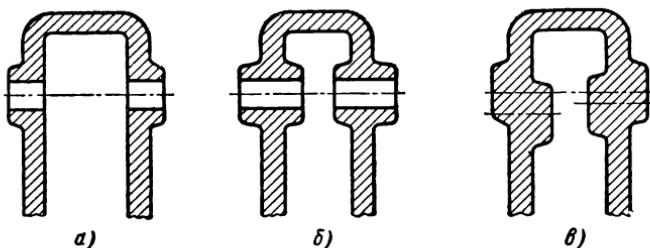


Рис. 70

При конструировании бобышек равного со стенкой сечения (рис. 71, в) принимают  $r = h$ ;  $R = S + h$ ;  $r_1 = 0,25S$ .

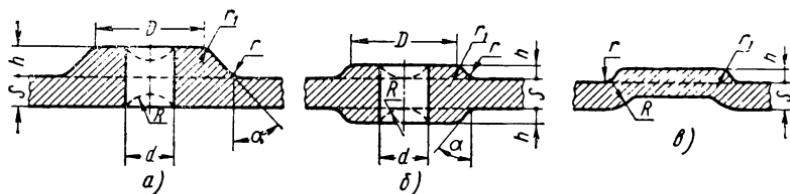


Рис. 71

11. Бобышки и платики с обрабатываемыми поверхностями следует располагать на разных уровнях с необрабатываемыми поверхностями (рис. 72)

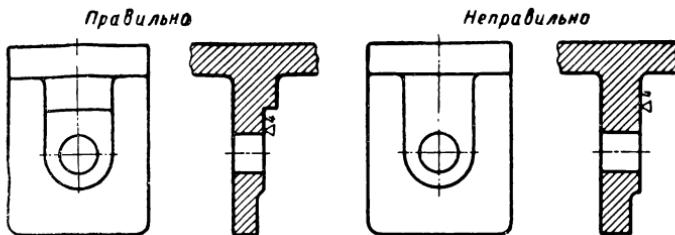


Рис. 72

или отделять их переходной фаской. Рекомендуемая разность уровней обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей для черных и цветных металлов приведена в табл. 22.

Для чугунных отливок при назначении высоты обрабатываемых бобышек и платиков по отношению к необрабатываемым поверхностям с учетом отклонений, влияющих на геометрию отливок, можно также пользоваться данными табл. 23.

12. Для предотвращения смещения при литье платиков, бобышек и прочих приливов, предназначенных для креплений другой детали, размеры следует назначать большими, чем размеры прикрепляемых деталей на величину  $l$  на каждую сторону (рис. 73). Размеры  $l$  берут по табл. 24.

## 22. Взаимное расположение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей

Приведенный габарит отливки $N^*$ в м	Высота платиков и бобышек над необрабатываемой поверхностью в мм не менее	Высота уступа обработанной поверхности над необрабатываемой в мм не менее	Величина переходной фаски при переходе обработанной поверхности в необрабатываемую в мм, не менее
0,5	10	12	5
2,0	15	18	8
4,5	20	25	12
8,5	30	40	18
13,0	40	50	22

\* Формулы для определения приведенного габарита приведены на стр. 85.

## 23. Высота бобышек и платиков чугунных отливок

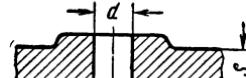
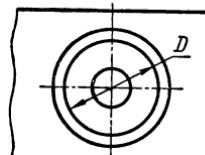
Размеры в мм

Эскиз	Наибольший габаритный размер	$h$ не ме- нее	Наибольший габаритный размер	$h$ не ме- нее
	До 120	3	Св. 1250 до 3150	12
	Св. 120 до 250	5	» 3150 » 5000	15
	250 » 500	8	» 5000	18
	» 500 » 1250	10		

## 24. Размеры приливов и платиков для установки деталей (см. рис. 73)

Приведенный габарит основной детали $N$ в м	Размеры $l$ при номинальных размерах приливов и платиков $L$ и $B$ в мм				
	До 200	Св. 200 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000
От 0,5 до 3,5 » 3,5 » 5,5 » 5,5	3—5 6—8 6—8	6—8 10—12 10—12	6—8 10—12 15—18	10—12 15—18 15—18	— 15—18 20—25

**25. Зависимость наружного диаметра бобышки от диаметра отверстия**  
Размеры в мм

Эскиз	Диаметр отверстия $d$	Наружный диаметр бобышки
	До 40	$D \geq 2,2 d$
	Св. 40 до 80	$D \geq 1,8 d$
	80 При толщине стенок отливки менее 15 мм	$D \geq 1,2 d + (3 \div 6) S$ $D \geq 1,2 d + (4 \div 8) S$

**26. Размеры бобышек и приливов под шайбы, гайки, головки болтов и пробки**  
Размеры в мм

Номинальный диаметр резьбы $d_0$	Диаметр прилива, не сопрягающегося с вертикальной стенкой $D$	Приливы, сопрягающиеся с вертикальной стенкой		
		$R$	$K$ не менее	$L$
8	25	13	14	
12	35	18	18	
16	45	23	22	
20	55	28	25	
24	70	35	27	
30	85	43	34	
36	100	50	40	
42	110	55	40	
48	120	60	46	
				$K + C$

П р и м е ч а н и е. Размер  $h$  назначают 5—10 мм, в зависимости от размера отливки. Размер  $C$  выбирают в зависимости от толщины стенки, а также в соответствии с рекомендациями на стр. 138—147 о конструировании отверстий под крепежные детали.

13. Наружные диаметры бобышек при наличии отверстия рекомендуется назначать с учетом толщины стенки отливки, на которой расположена бобышка (табл. 25).

14. При наличии сверлений в стенке бобышки между наружным и внутренним диаметрами наружный ее диаметр необходимо увеличить на 2—3 диаметра сверления.

15. Размеры бобышек и приливов под шайбы, гайки, головки болтов и пробки берут по табл. 26.

16. Плоскости бобышек и приливов должны быть перпендикулярны оси отверстия.

17. Если опорная поверхность под шайбы, гайки, болты может быть получена зенкованием или фрезерованием (рис. 74, а), то нецелесообразно для этой цели выполнять специальные приливы (рис. 74, б).

18. При выполнении внутренней полости отливки стержнями рекомендуется необрабатываемые приливы и бобышки располагать на внутренней поверхности.

Для обрабатываемых приливов и пластиков (рис. 75) рекомендуется придерживаться следующих соотношений в размерах [1]:

$$D = (2,2 \div 2,5)d; \quad r_1 = 0,25S; \\ r_2 = 0,5S; \quad r_3 = r_2 + S;$$

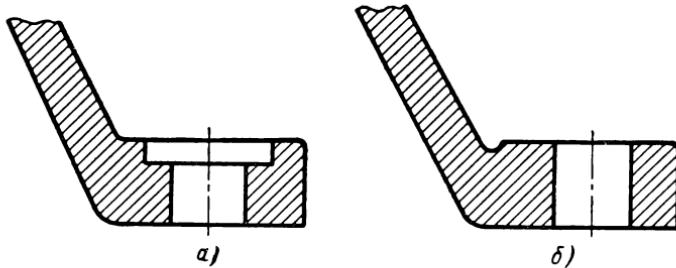


Рис. 73

при  $H \leq 2,2S$

$$\frac{l_1}{H} = 0,25 \div 0,5;$$

при  $H \geq 2,2S$

$$\frac{l_1}{H} = 0,3 \div 0,75; \quad D_1 \geq 2(l + r_1) + d.$$

При неподвижных посадках и резьбе для отливок:  
из серого чугуна

$$h = (1,25 \div 0,5)d \geq 1,25S;$$

из стали

$$h = (1,25 \div 1,5) d \geqslant 1,2S.$$

Для литьих и просверленных отверстий:  
с обработанной поверхностью

$$h = (1,25 \div 1,5) S;$$

с необработанной поверхностью

$$h = (1,35 \div 1,7) S;$$

$$l \geqslant (3 \div 5) + 0,2S \text{ мм.}$$

19. При конструировании наружных (рис. 76, а) и внутренних приливов (рис. 76, б) рекомендуется придерживаться следующих соотношений размеров [2]:

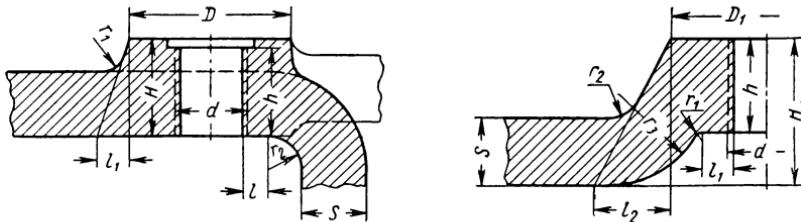


Рис. 75

диаметры  $D_1$ ,  $D_1'$  и размеры  $L$ ,  $L_1$  и  $L_2$  определяются сопрягаемыми деталями;

размер  $L_0$  может быть обусловлен конструктивными требованиями;

диаметр  $d$  винта или шпильки, их количество, а также ширина фланца  $B$  определяются из расчета соединения;

для чугунных отливок

$$D_2 \geqslant D_1 + 2,3d_1;$$

для стальных отливок

$$D_2 \geqslant D_1 + 2d_1;$$

$$D_2' \geqslant D_6 + 2r_1 + 1,1d_2;$$

$$D_6 \geqslant D_1 + 2,5S;$$

при сквозных отверстиях ( $d$ )

$$D_3 \geqslant D_2 + 1,25d_2; \quad D_4 \geqslant 1,02D_3 + \Delta,$$

где  $\Delta$  — максимальный допуск на отклонение геометрической оси данного прилива от базового прилива;

$$r_1 = (0,09 \div 0,017)(S_0 + S);$$

$$S_0 = 0,5(D_4 - D_0);$$

$$S' = 1,2S \div (S + c); \quad r' = 0,25S;$$

$$h \geqslant 0,3S; \quad h_1 = h + r';$$

$$D \geqslant (1,25 \div 1,3) S; \quad r_2 = (0,25 \div 0,5) S;$$

$$S_1 \geqslant S; \quad S_2 \geqslant 1,2S; \quad b' \leqslant b;$$

$$D_1 \approx (D_0 + \text{припуск}); \quad l_1 \geqslant 0,6S;$$

$$B \geqslant KS; \quad K \geqslant (0,9 \div 1,5).$$

Указанные соотношения справедливы также для разъемных деталей.

При выборе соотношений элементов литой детали необходимо, чтобы они соответствовали требованиям прочности с учетом припуска на механическую обработку.

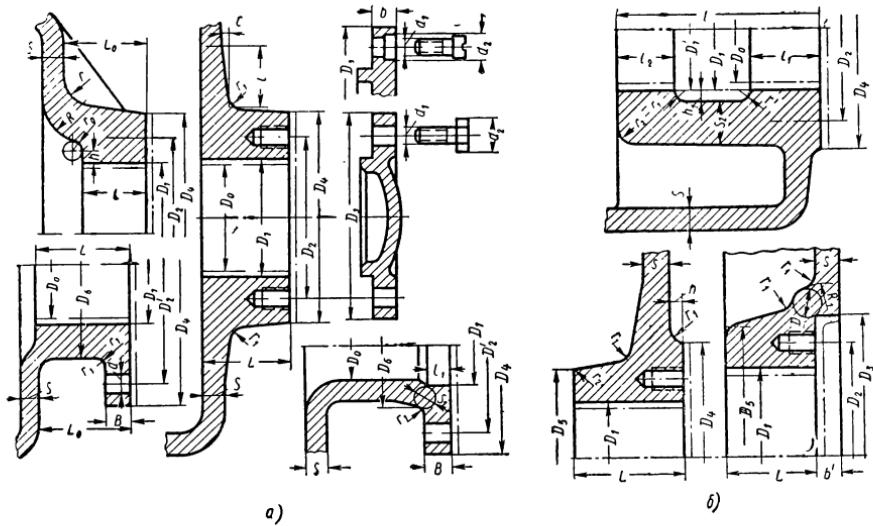


Рис. 76

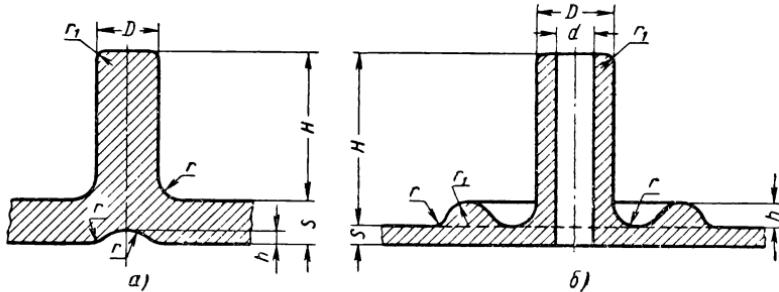


Рис. 77

Массивные пальцы соединяют с тонкими стенками, как показано на рис. 77, а. Размеры берут:

$$H \leq 4S; \quad D \leq 1,5S; \quad R = 1,5S;$$

$$r = 0,5S; \quad r_1 = 0,25S; \quad h = 0,25S.$$

При конструировании соединения полого пальца с тонкими стенками (рис. 77, б) размеры  $D$ ,  $h$  и  $H$  принимают из конструктивных соображений,  $r = 0,5S$  и  $r_1 = 0,25S$ . Рекомендуются следующие соотношения:  $D = 3S$ ;  $d = 1,5S$ , проверяя одновременно, чтобы  $\frac{D-d}{2} \geq 6$  мм.

### УСТУПЫ И ПАЗЫ

Узкие полости между отдельными частями отливки, различного рода пазы и выемки являются одной из основной причин, затрудняющих формовку и литье, увеличивающих опасность появления брака. Поэтому конструктору следует по возможности избегать применения подобного рода элементов, а при необходимости стараться выделить их в самостоятельные отливки.

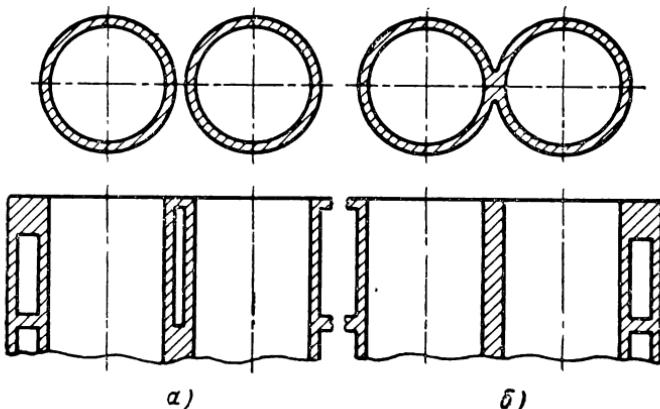


Рис. 78

Сечение блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания показано на рис. 78. Полости между цилиндрами составляют 2—3 мм (рис. 78, а). Такой тонкий слой формовочной смеси, образующий этот паз в форме, легко нару-

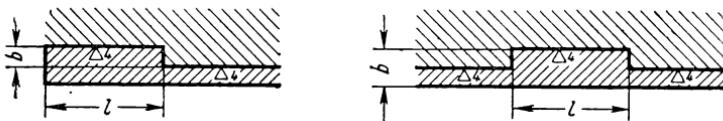


Рис. 79

шить при формовке и особенно при заливке формы; появляются бракованные отливки; эту полость следует или несколько увеличить, или, как это показано на рис. 78, б, совершенно ликвидировать.

При конструировании уступов и пазов у средних и крупных деталей необходимо придерживаться следующих рекомендаций нормали Уралмашзавода п-387:

1. Обрабатываемые уступы или выемки, смежные с обрабатываемой поверхностью, при сумме размеров  $l+b < 60$  мм или наличии одного из этих размеров меньше 6 мм не отливают (рис. 79), при размере  $b < 6$  мм припуск на обработку дается заподлицо с необрабатываемой поверхностью; при размере  $b \geq 6$  мм припуск отливают с соблюдением его размеров по ГОСТу 2009—55.

2. Обрабатываемый конический уступ (скос), смежный с обрабатываемой поверхностью, при  $l+b < 70$  мм и наличии одного из этих размеров меньше 10 мм не отливают (рис. 80, а). Уступ (скос) отливают, если меньший размер больше 10 мм (рис. 80, б).

3. Если имеется несколько обрабатываемых уступов, следующих один за другим, при размерах, указанных выше, то припуски на обработку уступов

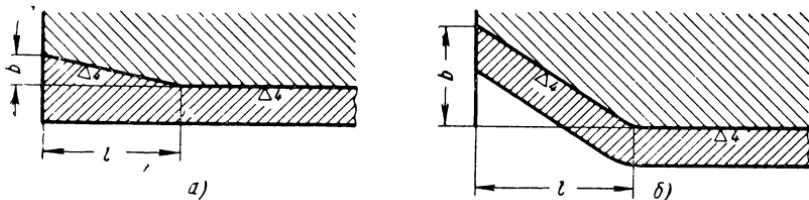


Рис. 80

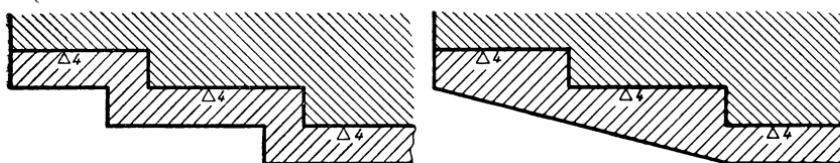


Рис. 81

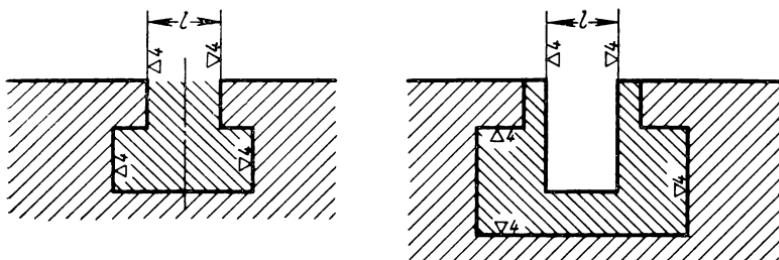


Рис. 82

могут быть увеличены на 50% против обычных припусков по ГОСТу 2009—55, а конфигурация припусков может быть выполнена, как показано на рис. 81.

4. Сквозные и несквозные обрабатываемые пазы при размере  $l < 500$  мм независимо от длины не отливают; при  $l \geq 50$  мм — отливаются (рис. 82).

Несквозные обрабатываемые пазы при  $l > 50$  мм отливают только по согласованию с заводом-изготовителем.

5. Указанные выше условия отливки уступов и пазов относятся к деталям средним и крупным по размеру и весу, причем эти условия отливки относятся лишь к уступам, расположенным в нижних и боковых местах детали по положению детали при заливке.

Все уступы, выемки, пазы мелких деталей независимо от их конфигурации и размеров при расположении в нижних и боковых местах детали отливают с соответствующими припусками на обработку.

### ВТУЛКИ И ФЛАНЦЫ

При неправильном конструировании втулок с фланцами, особенно из сплавов с большой объемной усадкой, в местах скоплений металла очень часто после затвердевания отливки образуются усадочные рыхлоты и раковины (рис. 83, а). Поэтому при конструировании подобных элементов литых деталей следует выравнивать сечение за счет введения ребра жесткости (рис. 83, б) или вводить кольцевые канавки (рис. 83, в).

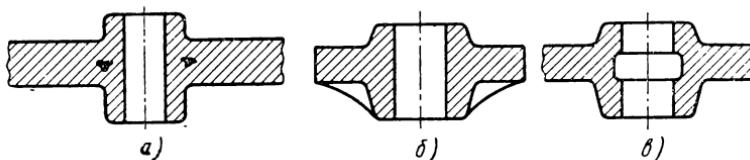


Рис. 83

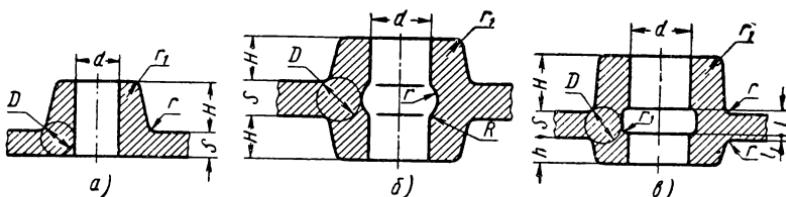


Рис. 84

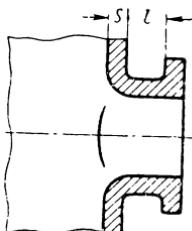


Рис. 85

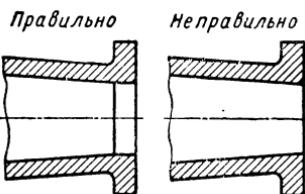


Рис. 86

Ниже приведены рекомендации по конструированию втулок и фланцев различного назначения.

1. Для втулок с необрабатываемым отверстием и фланцем типа, показанного на рис. 84, а, принимают:  $r = 0,5S$ ;  $r_1 = 0,25S$ ;  $D \leq 1,4S$ .

2. Для втулок с необрабатываемым отверстием и симметрично расположенным фланцами или ребрами типа, показанного на рис. 84, б, берут:  $r = 0,5S$ ;  $r_1 = 0,25S$ ;  $R = 1,5S$  и  $D = 1,25S$ .

3. Для втулок с обрабатываемым отверстием и несимметрично расположеными фланцами или ребрами типа, приведенного на рис. 84, *в*, размеры выдерживают  $r = 0,5S$ ;  $r_1 = 0,26S$ ;  $l = 1,2S$ ;  $l_1 = 0,3S$  и  $D = 0,25S$ .

4. Размеры  $S$ ,  $H$ ,  $h$  и  $d$  выбирают конструктивно.

5. Фланцевым соединениям рекомендуется придавать геометрическую форму окружности; недопустима форма прямоугольника.

6. Размеры отверстий, расположенных по окружности, выбирают в соответствии с ГОСТом 11284—65 (стр. 144—147).

7. При определении расположения болтов во фланцевых соединениях можно руководствоваться табл. 27.

8. При конструировании сопряжений фланцев с телом литой детали необходимо (по возможности) фланец и сопрягаемый с ним элемент выполнять одинаковой толщины.

Размер  $l$  между фланцами и телом детали следует принимать больше  $2S$  (рис. 85).

9. Если необходимо придать небольшой уклон горизонтальной плоскости сопряжения фланца с телом литой детали, то следует руководствоваться рис. 86.

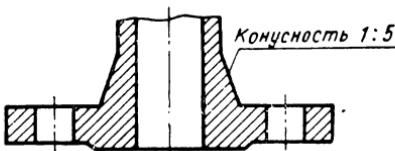
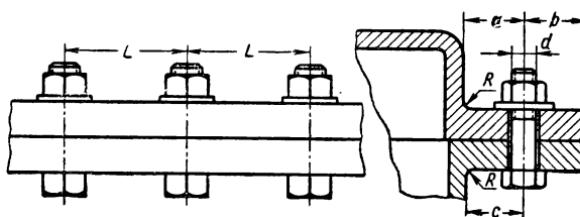


Рис. 87

## 27. Основные размеры фланцевого соединения

Размеры в мм



Диаметр болта <i>d</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>		
				Не менее	
10	32	15	16	15	4
12	43	18	18	17	4
16	50	22	24	21	5
20	60	26	28	24	5
24	66	30	32	28	6
30	85	35	38	34	6
36	100	44	46	42	8
42	120	50	52	48	8
48	140	58	60	55	10
56	160	65	68	62	10
64	180	75	78	72	12
76	220	86	90	82	12

Примечания: 1. При радиусе  $R$  больше указанного в таблице и при наличии цековки размеры  $b$  и  $c$  соответственно увеличиваются.

2. Размер  $L$  определен из условий удобства завинчивания гайки ключом.

10. При конструировании фланцев с толщиной стенки, резко отличающейся от толщины основного тела отливки, следует предусматривать плавный переход конусностью 1:5 (рис. 87). Такую конусность имеют стандартные литые фланцы из серого чугуна по ГОСТу 1235—54\*, из ковкого чугуна по ГОСТу 9067—59, стальные по ГОСТУ 1240—54\*

### ОТВЕРСТИЯ-ОКНА

В стенках литых деталей для снижения усадочных напряжений следует предусматривать конструктивные отверстия-окна овальной или круглой формы. Конструктивные отверстия особенно необходимы в литых деталях со стенками значительной протяженности.

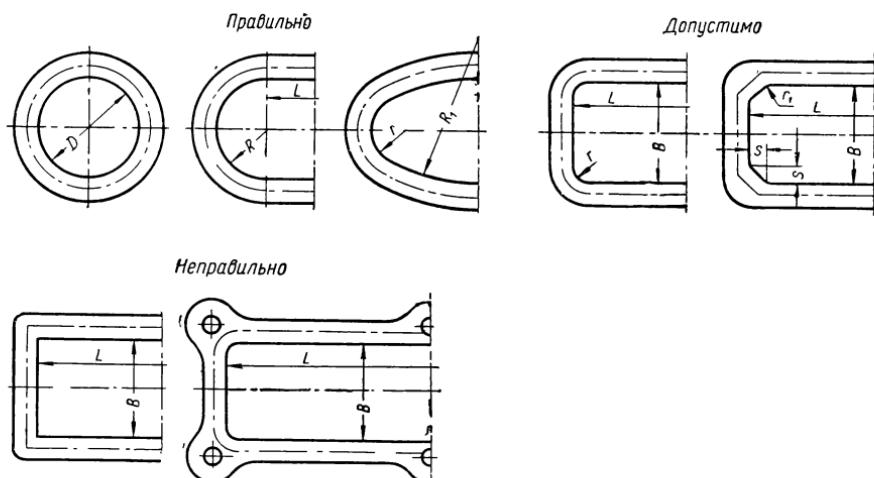


Рис. 88

Наибольший размер окна овальной формы должен совпадать с направлением действия внутренних сил. Конструкции окон показаны на рис. 88, недостаток последних двух форм — отсутствие закруглений и скопление металла в ушках.

Размеры окон должны быть максимальными, допускаемыми по расчету стенки детали на прочность.

Кромки литых окон упрочняют отбортовкой, которая предотвращает возникновение горячих и холодных трещин; рекомендуемые размеры отбортовок необрабатываемых отверстий, образующие стыки с необрабатываемыми крышками или дверцами, приведены в табл. 28, размеры отбортовок для станочных чугунных отливок — в табл. 29.

Для обрабатываемых бортов окон и отверстий, образующих стыки с обрабатываемыми крышками или дверцами, можно принимать следующие размеры (рис. 89):

$$r_1 = 0,25S; \quad h = (1,3 \div 1,75)S;$$

$$b \geq 1,5S \geq 2,5d; \quad r_2 = 0,5S;$$

$$H = h + (0,5 \div 1,0)S; \quad b_1 > b.$$

## 28. Размеры отбортовок необрабатываемых отверстий

Эскиз			<i>h</i>	<i>b</i>
			0,75 <i>S</i> (1,5÷2) <i>S</i>	—
			—	1,5 <i>S</i>
			0,75 <i>S</i> 2 <i>S</i>	1,5 <i>S</i>
			≥ 6 <i>S</i>	—

## 29. Размеры отбортовок в мм для станочных чугунных отливок [11]

Толщина стенки детали $S$ в мм	Односторонние				Двусторонние			
	$h$	$b$	$r_2$	$r_1$	$h$	$b$	$r_2$	$r_1$
4	7	10	5	1	8	10	3	2
5	8		6	2	10	12		
6	10				12	14		
7	12				14	16	5	
8	14	12	8	3	16	18		
10	16	15	10		18	20	6	3
12	20	18	12		22	25		
14	22	20	15	5	25	28		
16	25	22	16		28	30	8	5
18	28	25	16	6	30	32		6
20	30	28	20		32	32		
22	32	30	20	8	35	35		
25	35	32	20		38	35		
28	38	35	20	10	40	36	10	8

Кроме конструктивных отверстий, в литых деталях часто выполняют технологические отверстия, предназначенные для того, чтобы обеспечить свободный выход газов из внутренних полостей с целью получения детали, свободной от газовых раковин.

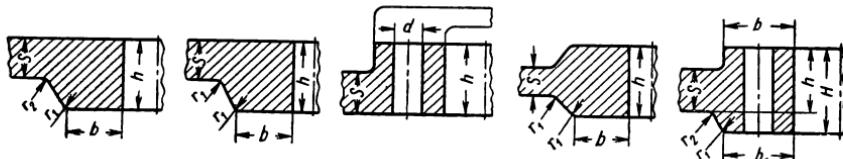


Рис. 89

Технологические отверстия должны быть расположены так, чтобы стержни удерживались в форме на своих знаках и не изменяли своего положения от действия собственного веса или жидкого металла.

Естественное направление движения горячих газов снизу вверх, поэтому в литых деталях окна желательно выполнять на поверхностях, которые при заливке будут верхними (рис. 90, а), менее рационально боковое расположение (рис. 90, б) и совершенно нежелательно нижнее (рис. 90, в). Внутренние полости ответственных деталей должны иметь достаточное количество окон при таком их расположении, которое обеспечивало бы надежную установку и крепление стержней в форме без применения жеребек. Этому требованию лучше всего отвечают конструкции, имеющие минимум два (рис. 90, д), а для широких стержней минимум три расположенных с противоположных сторон окна, предназначенных для установок стержней (рис. 90, ж).

Детали, имеющие окна только с одной стороны (рис. 90, *г* и *е*), требуют применения жеребеек *1*, поэтому такие конструкции нетехнологичны. В особо ответственных деталях для соблюдения полной герметичности дополнительные окна следует вводить даже при условии их последующего закрытия крыш-

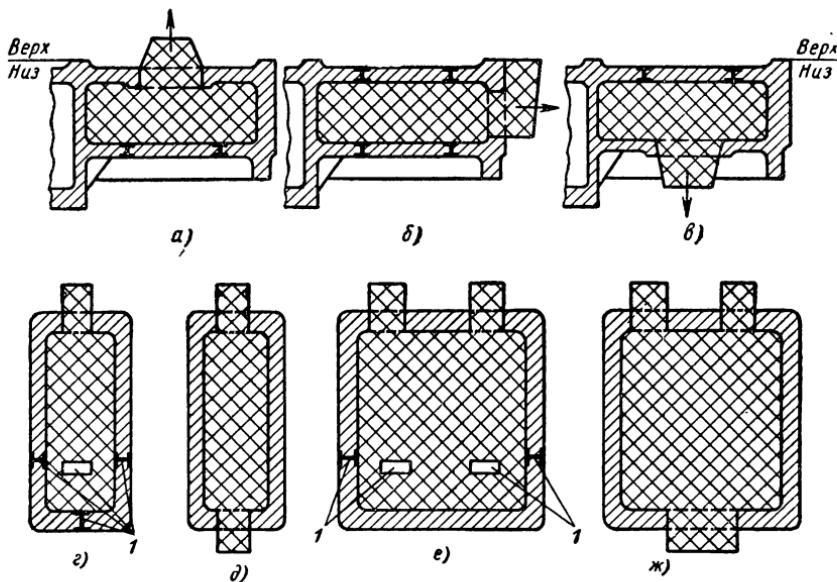


Рис. 90

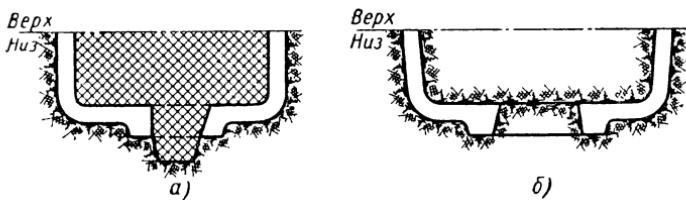


Рис. 91

ками или пробками в механических цехах. При выполнении окон, расположенных на горизонтальных по формовке поверхностях отливок, необходимо, чтобы вертикальные поверхности отливок по периметру были ровными, не имели поднутрений, а также выступающих и углубленных мест, мешающих выполнению окон земляными болванами (рис. 91, *а*). На рис. 91, *б* показана конструкция, где необходимость в стержнях отпадает, поэтому она является более технологичной, чем предыдущая. Окно совместно с отбортовкой выполняют в одной форме, что полностью предотвращает смещение, улучшает геометрию и внешний вид отливки, уменьшая трудоемкость ее изготовления.

Окна, расположенные на вертикальных по формовке поверхностях отливок, выполняют преимущественно стержнями (рис. 92, *а*). При ручной и пескометной набивке форм, где допустимы отъемные части в модели (рис. 92, *б*),

такие окна получаются в форме. При машинном изготовлении форм окна вертикальных стенок следует образовывать земляными болванами даже путем изменения формы стенки и придания окнам прямолинейных контуров с кон-

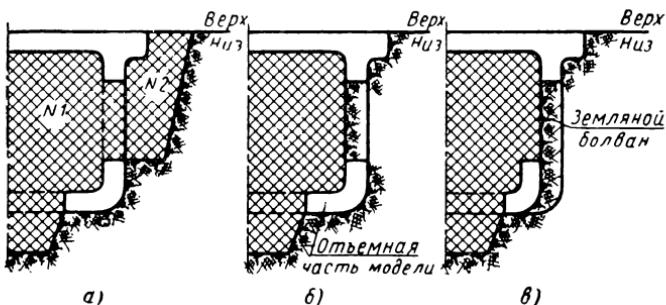


Рис. 92

структурными уклонами, обеспечивающими свободную протяжку модели (рис. 92, *в*).

Отверстия в детали могут не выполнять в литье, если их диаметры (в мм) не превышают:

при массовом производстве	20
» серийном »	30
» индивидуальном »	50

В корпусных деталях металлорежущих станков отверстия не выполняют стержнями, если их диаметр менее половины длины и менее 15—25 мм. Обрабатываемые отверстия некруглого профиля не выполняют в отливке, если диаметры описанных окружностей не соответствуют приведенным выше нормам.

В отдельных случаях, когда необходимо получить литьем отверстия значительно меньших диаметров в отливках из чугуна и легких сплавов, можно использовать рекомендации табл. 30.

Минимальный диаметр  $d$  в мм литьых отверстий в стальных деталях определяют по формуле

$$d = 1,08 \sqrt{Sl};$$

минимальный размер стороны квадратного отверстия

$$B = 1,20 \sqrt{Sl},$$

где  $S$  — толщина стенки в мм;

$l$  — расстояние от края отливки до отверстия в мм.

Окна в литых деталях металлорежущих станков рекомендуется выполнять, придерживаясь следующих рекомендаций [22]:

1. Все переходы должны быть плавными, в углах окон наружных и внутренних стенок, образуемых ребрами жесткости, необходимо делать закругления.

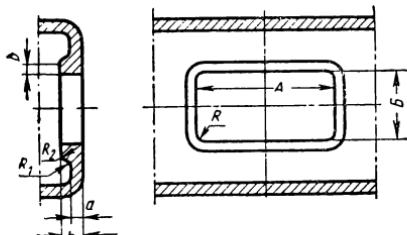


Рис. 93

## 30. Отверстия небольших диаметров в стенках литой детали

Эскиз	$S$	$d$	$S$	$d$
	Св. 4 до 6 6 8 8 > 10 10 > 12	8 10 12 14	Св. 12 до 14 14 16 16 18 18 20	16 18 20 22

Примечание. Уклон стенок отверстий 1 : 10.

Конструктивное оформление окна показано на рис. 93. Размеры окон в зависимости от толщины стенки  $S$  детали принимают:

$$h = 2S; \quad b = 1,5S; \quad R = \left( \frac{1}{10} + \frac{1}{20} \right) \frac{A + B}{2};$$

$$R_1 = 0,25S; \quad R_2 = 0,75S.$$

2. Суммарные площади окон для внутренних полостей чугунных литых деталей устанавливают в зависимости от объема полости (табл. 31).

## 31. Суммарные площади окон для внутренних полостей чугунных литых деталей

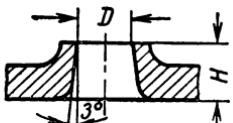
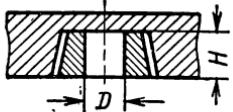
Объем внутренней полости в $\text{dm}^3$	Минимальная пло-щадь окон в $\text{cm}^2$	Объем внутренней полости в $\text{dm}^3$	Минимальная пло-щадь окон в $\text{cm}^2$
< 0,5	30	25,1—50,0	350
0,51—1,0	70	50,1—100	450
1,1—3,0	100	101—250	700
3,1—5,0	150	251—500	1000
5,1—10,0	200	501—1000	1400
10,1—25,0	250	Св. 1000	1800

Для чугунного литья при индивидуальном и мелкосерийном производстве литые отверстия выполняют следующих минимальных диаметров (в  $\text{мм}$ ):

мелкое литье	15
среднее »	20
крупное »	30

Минимальные диаметры литых отверстий для чугунных деталей приведены в табл. 32, а для сквозных круглых отверстий деталей из углеродистой ста-

32. Минимальные диаметры  $D$  литых отверстий для чугунных отливок [11]

Способ выполнения отверстия	Эскиз	$D$ при $H$ в мм							
		До 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 75	Св. 75 до 100
Земляным болваном в металлических моделях и стержневых ящиках		1,70 $H$	1,60 $H$	1,50 $H$	1,45 $H$	1,40 $H$	1,35 $H$	1,30 $H$	1,20 $H$
Земляным болваном в металлических и деревянных моделях и стержневых ящиках		0,8 $H$	0,75 $H$	0,7 $H$	0,65 $H$	0,60 $H$	0,55 $H$	0,5 $H$	—
Земляным болваном в моделях и стержневых ящиках с применением вытряхиваемых конусных вставок		—	1,15 $H$	1,10 $H$	1,05 $H$	1,00 $H$	0,95 $H$	0,90 $H$	0,85 $H$
Стержнем <sup>1</sup>		8	10	12	14	16	18	20	20

<sup>1</sup> Размер  $D$  дан в мм.

**33. Минимальные размеры сквозных круглых литьх отверстий  
в деталях из углеродистых сталей**  
Размеры в мм

Высота отливки <i>H</i>	Диаметр отверстия при толщине стенки отливки							
	До 40	41—60	61—80	81—110	111—140	141—180	181—220	221—270
До 60	25	30	35	40	40	40	40	40
61—90	28	32	38	44	48	50	50	50
91—130	30	36	43	50	60	65	68	68
131—170	32	40	48	55	65	72	80	85
171—220	35	44	52	60	70	80	85	88
221—270	38	48	58	68	75	85	95	105
271—330	41	56	60	70	80	90	102	112
331—400	44	60	65	75	85	98	110	120
401—500	48	62	70	80	90	105	115	130
501—620	50	63	75	85	100	115	125	140
621—800	55	68	80	95	110	125	135	155
801—1100	60	75	90	105	120	135	150	165
1101—1500	66	80	100	115	130	150	165	185
1501—2000	74	95	110	125	145	165	180	200
2001—2500	80	100	120	140	160	180	200	220

ли — в табл. 33. Минимальные диаметры несквозных и некруглых отверстий в стальных деталях определяют умножением значений, приведенных в табл. 33, на коэффициент *K*, который берут по табл. 34.

**34. Поправочные коэффициенты для определения минимальных литьх отверстий в отливках из углеродистых сталей**

Отверстие	Сечение отверстия		Определяемая величина	Коэффициент
Сквозное	Квадратное		Сторона квадратов	1,2
	Прямоугольное	Соотношение сторон $< 2 : 1$	Меньшая сторона	1
		Соотношение сторон $> 2 : 1$	Меньшая сторона	0,7
Закрытое с одной стороны	Круглое Квадратное		Диаметр Сторона квадрата	1,2 1,4
	Прямоугольное	Соотношение сторон $< 2 : 1$	Меньшая сторона	1,2
		Соотношение сторон $> 2 : 1$	Меньшая сторона	0,8
Закрытое прибылью	Круглое		Диаметр	1,4

Технологические инструкции по литейному производству Коломенского завода тяжелого станкостроения [52] рекомендуют следующие наименьшие диаметры необработанных отверстий в плоских стенках:

Толщина стенки в мм . . . . .	6—10      20—30      40—50
Наименьший диаметр отливаемого отверстия в мм	30—40      50—70      80—100

При решении вопроса о выполнении в литье необрабатываемых отверстий в других конструкциях инструкции рекомендуют исходить из веса детали и отношения длины отверстия  $l$  к его диаметру  $d$ . Такие отверстия можно не обрабатывать при  $l:d$ , приведенных в табл. 35 (но не менее диаметров отверстий, указанных выше).

### 35. Минимальные диаметры отверстий, выполняемые в литье

Вес детали в т	Максимально допустимая величина $l:d$	Диаметр отверстия в мм не менее
До 0,5	От 4 1 до 3 1	30
Св. 0,5 до 5	» 4 1 » 3 1	50
» 5 » 15	3 1	70
» 15	2 1	100

Монтажные стойки электродвигателей, электроаппаратуры и отдельных механизмов металлорежущих станков принято выполнять с окнами. Ширина таких окон по возможности не должна превышать  $0,7B$ , а длина, измеряемая

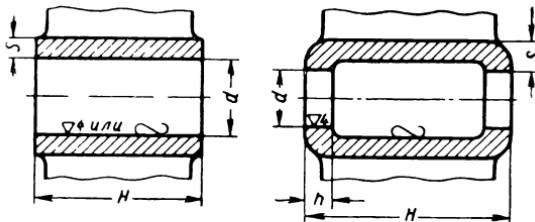


Рис. 94

вдоль оси стойки,  $(1,0 \div 1,2)B$ , где  $B$  — ширина соответствующей стенки стойки. Окна по возможности следует закрывать достаточно жесткими крышками, притягиваемыми винтами, или заменять нишами.

При определении минимальных диаметров отливаемых отверстий деталей тяжелого машиностроения можно руководствоваться табл. 36 и рис. 94.

Доц. Вишняковым Н. В. [7] для определения суммарной площади технологических и конструктивных отверстий (в  $\text{см}^2$ ), предназначенных для отвода газа из внутренних стержней отливок с водоохлаждаемыми полостями, предложена следующая формула:

$$F = n_k f_k + n_m f_m = \frac{P(g_1 - g_2)}{Q},$$

где  $P$  — вес стержня в  $\Gamma$ ;

$g_1$  — наибольшая допустимая газотворность стержня в  $\text{см}^3/\Gamma$ ;

$g_2$  — остаточная газотворность отработанной смеси после выбивки стержня в  $\text{см}^3/\Gamma$ ;

### §6. Минимальные диаметры отверстий, выполняемых в отливках тяжелого машиностроения

Размеры в мм

#### А. Стальное литье

H	Минимальные диаметры отливаемых отверстий при толщине S																
	<25		26—50		51—75		76—100		101—150		151—200		201—300		>300		
	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	
До 100	110	90	110	90	110	90	110	90	120	100	140	120	160	140	180	160	160
101—200	110	90	110	90	110	90	110	90	140	120	160	140	180	160	210	190	190
201—400	115	90	115	90	125	100	135	110	165	140	195	170	215	190	255	230	230
401—600	125	100	135	110	145	120	165	140	195	170	225	200	255	230	295	270	270
601—1000	150	120	160	130	180	150	200	170	230	200	280	230	300	270	340	310	310

#### Б. Чугунное литье

H	Минимальные диаметры отливаемых отверстий при толщине S																				
	>32		33—40		41—50		51—64		65—80		81—100		101—129		129—160		161—200		>200		
	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	
До 25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	25
26—40	52	27	55	30	55	30	55	30	55	30	55	30	55	30	55	30	55	30	55	30	30
41—65	55	30	58	32	62	35	62	35	62	35	62	35	62	35	62	35	62	35	62	35	35
66—100	58	32	62	35	67	38	72	40	72	40	72	40	72	40	72	40	72	40	72	40	40
101—150	62	38	67	40	72	42	78	45	85	50	85	50	85	50	85	50	85	50	85	50	50
151—250	—	—	72	42	78	48	85	52	92	55	100	60	100	60	100	60	100	60	100	60	60
251—400	—	—	—	—	85	54	92	60	100	65	110	72	120	80	120	80	120	80	120	80	80
401—600	—	—	—	—	—	100	65	110	72	120	80	132	90	145	100	145	100	145	100	145	100
601—1000	—	—	—	—	—	—	—	—	120	80	132	90	145	100	160	110	175	120	175	120	120
>1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	145	100	160	110	175	120	185	132	200	145	145	145

Обозначения: H — длина отверстия; S — толщина слоя металла, окружающего отверстие; d — размеры отверстий после механической обработки, для которых отверстия до обработки должны быть меньше на величину припуска на обработку; d<sub>1</sub> — размеры отверстий, не подлежащих дальнейшей механической обработке.

При меч ани я: 1. Круглые и прямоугольные отверстия не отливают: для стального литья при  $d < 80$  мм и  $d_1 < 60$  мм; для чугунного литья при  $d < 50$  мм и  $d < 25$  мм.

2. Для чугунного литья при  $H \leq \frac{1}{3}d$  размер отливаемого отверстия принимают на 20% меньше.

3. Для глухих отверстий стального литья d принимают на 20% больше.

4. Когда над отверстием находится прибыль, в размер H необходимо включить высоту прибыли.

$n_m$  — количество технологических отверстий;

$n_k$  — количество конструктивных отверстий;

$f_m$  — площадь одного технологического отверстия;

$f_k$  — площадь одного конструктивного отверстия;

$Q$  — количество газа, проходящего через 1  $\text{cm}^2$  площади отверстий.

При отливке крупных корпусных деталей с несколькими осями отверстий следует учитывать и погрешности между расположением осей отверстий. Эти погрешности нестандартизированы, их назначают на основании практических данных. Рекомендуемые величины отклонений осей отверстий приведены в табл. 37.

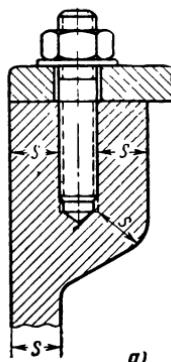
37. Допускаемые отклонения межосевых расстояний  
Размеры в мм

Межцентровое расстояние	Диаметр отверстия	Допускаемые отклонения	
		верхнее +	нижнее -
100—200	<100	3	2
250—300	80—250	4	3
400—500	100—300	4	3
600—800	120—360	5	3
900—1200	140—400	6	4
1400—1800	160—500	8	5
2000—2400	200—800	10	6

### ОТВЕРСТИЯ ПОД КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ

Рекомендуемые конструкции приливов под шпильки в отливках из чугуна и стали показаны на рис. 95, а; в отливках из алюминиевых сплавов — на рис. 95, б.

Правильно



Неправильно

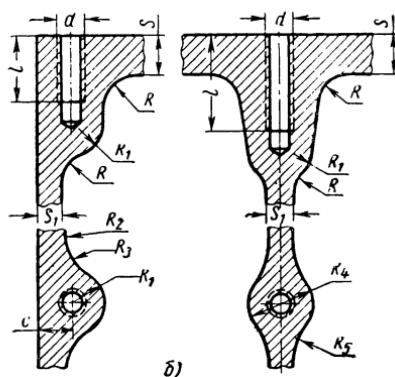


Рис. 95

Для конструкции на рис. 95, б принимают следующие размеры:

$$R_1 = \frac{S + S_1}{2}; \quad R_1 = 1,2d; \quad R_2 = 6d;$$

$$R_3 = 2d; \quad R_4 = 2,4d; \quad R_5 = 4d;$$

$$c = 1,2d; \quad l = 2d,$$

Размеры шпилек регламентированы стандартами, приведенными в табл. 38.

### 38. Государственные стандарты на шпильки

ГОСТ	Диаметр резьбы в детали в мм	Точность
11765—66	2—48	Нормальная
11766—66		Повышенная
11767—66		Нормальная
11768—66	52—160	Повышенная
11769—66		Нормальная
11770—66	2—48*	Повышенная

\* Для деталей с гладкими отверстиями.

Длину ввинчиваемого резьбового конца  $l_1$  шпильки (рис. 96) принимают:

- для деталей из стали, бронзы и латуни достаточной пластичности ( $\delta_b \geq 8\%$ )\* и титановых сплавов  $d$
- для деталей из ковкого и серого чугуна, стали, бронзы и латуни пониженной пластичности ( $\delta_b < 8\%$ )  $1,25 d$
- для деталей из легких сплавов (шпильки по ГОСТам 11765 и 11766)  $2 d$

В обоснованных случаях длину ввинчивающейся части можно увеличивать с  $1,25d$  до  $1,6d$  и с  $2d$  до  $2,5d$ .

При конструировании отверстий учитывают не только прочность детали, но и возможность применения механизированного инструмента (рис. 97). От вертикальной стенки отверстия располагают на расстоянии (рис. 98)

$$l \geq \frac{D_e}{2} + R.$$

Необходимо учитывать также возможность выполнения отверстия инструментом нормальной длины (рис. 99 и табл. 39);

Отверстия под сверление не следует располагать слишком близко от края лап, так как возможно смещение полуформ или неточная установка стержней. В табл. 40 приведены размеры лап с учетом возможных отклонений при отливке и ошибок при механической обработке.

### 39. Рекомендуемый размер $L$ (рис. 99)

Сверла	$L$ при диаметре отверстия в мм			
	6—10	10—15	15—25	25—35
Нормальные	25—36	35—45	45—65	55—70
Удлиненные	35—55	55—75	55—75	55—75

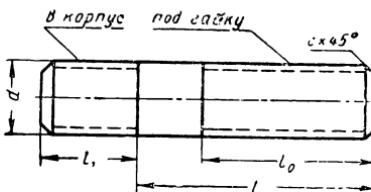


Рис. 96

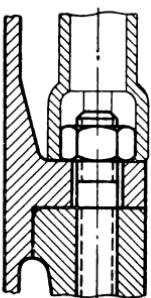
Конструкция отверстия должна обеспечить наименьшую затрату труда при механической обработке (рис. 100), одновременно следует предусмотреть отклонение фактического контура отливки 2 от контура 1, указанного на чертеже, на величину допуска.

\* $\delta_b$  — относительное удлинение пятикратного образца.

## 40. Размеры (в мм) от края лап до крепежных отверстий в чугунных отливках

Эскиз	Резьба	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>R</i>
	M 12	13	20	20	12	19	16	10
	M 16	18	25	30	15	25	20	12
	M 20	22	32	35	20	30	25	15
	M 24	26	38	40	24	35	30	18

Правильно



Неправильно

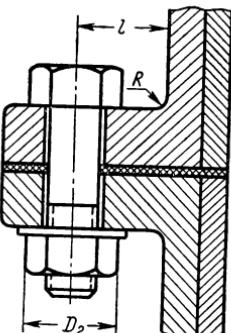
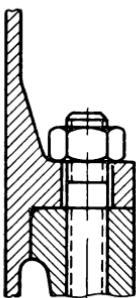


Рис. 97

Рис. 98

Отверстия и приливы для фундаментных болтов следует выполнять в соответствии с табл. 41.

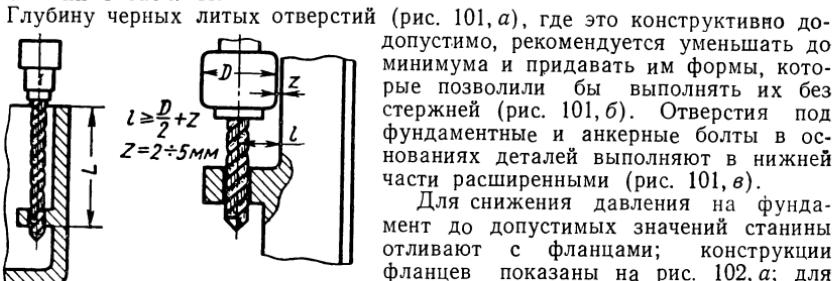
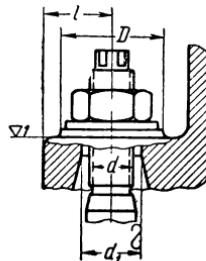
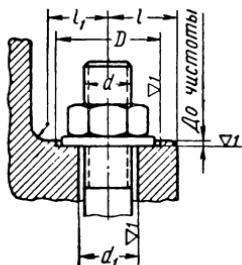


Рис. 99

нных карманах (рис. 102, б); иногда для снижения давления на фундамент до допустимых значений станины отливают с фланцами; конструкции фланцев показаны на рис. 102, а; для уменьшения габаритов опорной поверхности станин отверстия с болтами можно размещать внутри станин, в специальных лапах (рис. 102, в).

Для снижения давления на фундамент до допустимых значений станины отливают с фланцами; конструкции фланцев показаны на рис. 102, а; для уменьшения габаритов опорной поверхности станин отверстия с болтами можно размещать внутри станин, в специальных лапах (рис. 102, в).

**41. Размеры отверстий под фундаментные болты**  
Размеры в мм

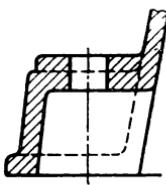


Резьба	$d_1$	$D$	$l$	$l_1$	Резьба	$d_1$	$D$	$l$
M16	20	45	25	22	M56	80	170	95
M20	25	48	30	25	M64	95	200	110
M24	30	60	35	30	M76	110	220	120
M30	40	85	50	50	M90	135	280	150
M36	50	100	55	55	M100	145	280	150
M42	55	110	60	60	M115	165	330	175
M48	65	130	70	70	M130	185	370	200

Приимечание. Допускаются отступления по конструктивным и технологическим соображениям.

При размещении крепежных деталей необходимо учитывать удобство работы стандартными гаечными ключами (по ГОСТу 6424—60). Наименьшие размеры мест под гаечные ключи приведены в табл. 42.

*Правильно*



*Неправильно*

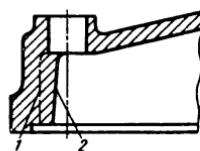
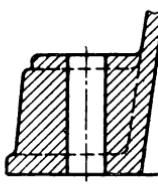


Рис. 100

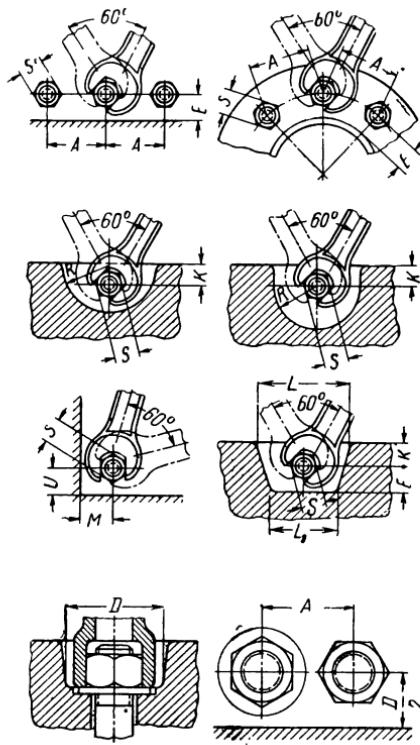
Размеры приливов под шайбы, гайки, пробки и головки болтов должны быть увязаны с диаметром резьбы болтов или пробок.

Диаметры сквозных отверстий для болтов, шпилек и заклепок со стержнями диаметрами 1,0—48 мм, устанавливаемые в соединяемые детали с зазорами, выбирают по табл. 43.

Для соединений, к которым предъявляют лишь требования собираемости при независимой обработке отверстий каждой детали соединения и расстоянием между осями наиболее удаленных отверстий менее 500 мм, ряды сквозных отверстий рекомендуется выбирать по табл. 44.

**42. Наименьшие размеры мест под стандартные гаечные ключи  
(по нормали машиностроения МН 2756-61)**

Размеры в мм



Зев ключа <i>S</i>	<i>A</i>	<i>E-K</i>	<i>M</i>	<i>U</i>	<i>L</i>	<i>L<sub>1</sub></i>	<i>R</i>	<i>D</i>	<i>A<sub>1</sub></i>
3,2	9		7	4,5					
4	10	4			18	14	9	—	—
5	11		8	6					
5,5	12	5			20	15	10		
7	14	6	9	7	26	20	13		

Продолжение табл. 42

Зев ключа S	A	E-K	M	U	L	L <sub>1</sub>	R	D	A <sub>1</sub>
8	17	7	10	9	32	25	16	20	16
10	21	9	12	11	36	26	18	22	18
12	25	10	15	13	48	38	24	26	20
14	30	12	18	15	52	40	26	28	22
17	34	14	20	18	60	45	30	32	26
19	38	16	22	20	68	50	34	36	30
22	45		25	22	76	55	38	40	32
24	48	18	28	25	80	60	40	45	36
27	52		32	28	90	65	45	50	40
30	58	22	34	30	100	75	50	52	45
32	62		36	30	110	85	55	55	48
36	68	25	40	35	120	95	60	62	52
41	80		45	38	140	105	70	70	60
46	90	32	50	42	150	115	75	75	65
50	95		55	45	170	125	85	85	72
55	105	40	60	48	180	140	90	92	78
60	115		65	50	200	150	100		
65	125	45	70	55	210	165	105		
70	135		75		230	175	115		
75	145	50	80	60	240	190	120		
80	150	55	85	70	260	200	130		
85	165	60	90	75	280	215	140		
90	175		100		290	220	145		
95	185	65	105	80	300	230	150		
100	195		70	110	85	320	245	160	
105	210					340	260	170	
110	215	75	115	90		350	270	175	
115	225		80	125	100	360	275	180	
130	250		90	145	115	420	325	210	
145	285		100	160	125	470	360	235	
155	300		110	170	135	500	380	250	
175	345	120	190			550	420	275	
180	350	125	195	150		560	425	280	
185	365			210	160	590	450	295	
200	390		130	220	165	620	480	310	
210	410		145	230	175	650	495	325	
225	425			250	180	700	545	350	

Для соединений, к которым предъявляют требования собираемости и дополнительно требуется определенная степень относительного перемещения деталей, а также для соединений, к которым предъявляют лишь требования

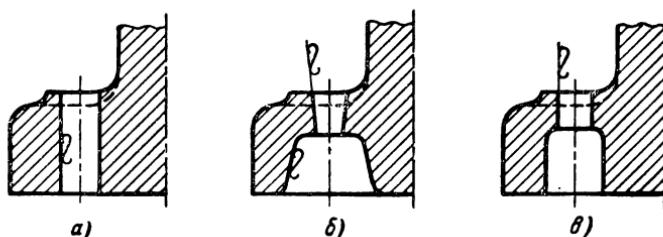


Рис. 101

**43. Диаметры сквозных отверстий под крепежные детали по ГОСТу 11284—65**  
Размеры в мм

Диаметры стержней крепежных деталей	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	Диаметры стержней крепежных деталей	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
1,0	1,2	1,3	—	12,0	12,5	13,0	15,0
1,2	1,4	1,5	—	14,0	14,5	15,0	17,0
1,4	1,6	1,7	—	16,0	16,5	17,0	19,0
1,6	1,8	1,9	—	18,0	18,5	19,0	21,0
2,0	2,2	2,4	2,6	20,0	21,0	22,0	24,0
2,5	2,7	2,9	3,1	22,0	23,0	26,0	26,0
3,0	3,2	3,4	3,6	24,0	25,0	28,0	28,0
4,0	4,3	4,5	4,8	27,0	28,0	30,0	32,0
5,0	5,3	5,5	5,8	30,0	31,0	33,0	35,0
6,0	6,4	6,6	7,0	36,0	37,0	39,0	42,0
8,0	8,4	9,0	10,0	42,0	43,0	45,0	48,0
10,0	10,5	11,0	12,0	48,0	50,0	52,0	56,0

П р и м е ч а н и е. 3-й ряд отверстий применять для заклепочных соединений.  
Предельные отклонения диаметров отверстий: для 1-го ряда  $A_8$ , для 2-го и 3-го рядов  $A_7$ .

собираемости, но с расстояниями между осями наиболее удаленных отверстий в деталях 500 мм и более, допускается принимать более грубые (по сравнению с рекомендуемыми в табл. 44) ряды сквозных отверстий.

При совместной обработке отверстий в деталях заклепочных и неразбираемых болтовых соединений номинальный диаметр сквозного отверстия рекомендуется принимать равным наибольшему предельному диаметру стержня крепежной детали. При этом отверстия должны быть раззенкованы на размер, соответствующий переходному радиусу между головкой и стержнем.

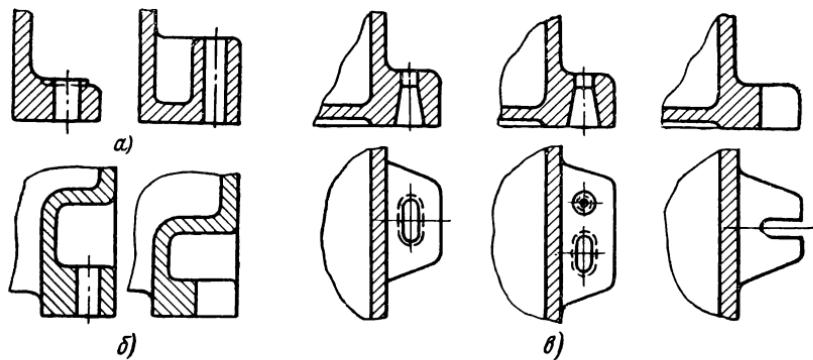
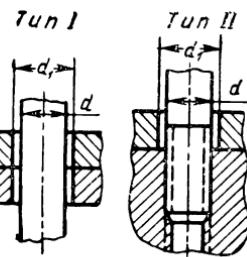


Рис. 102

Размеры сквозных квадратных и продолговатых отверстий под крепежные детали выбирают по нормали машиностроения МН 5780-65. Эта нормаль распространяется на отверстия под крепежные детали со стандартными размерами подголовок и диаметрами стержней 5—48 мм. Размеры квадратных отверстий приведены в табл. 45, а продолговатых — в табл. 46.

**44. Рекомендации по выбору ряда сквозных отверстий под крепежные детали по ГОСТу 11284-65**



Количество и расположение отверстий	Способ литья и точность	Тип соединения	Рекомендуемый ряд сквозных отверстий
	Под давлением и по выплавляемым моделям. Повышенная точность	II	2-й
	Нормальная точность	II	3-й
	Под давлением и по выплавляемым моделям. Повышенная точность	I-II	2-й
	Нормальная точность	I	3-й

Расстояние между центрами отверстий, расположенных по окружности, определяют по табл. 47.

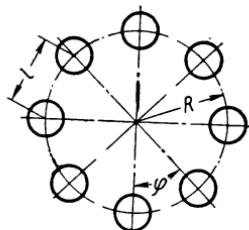
#### 45. Размеры (в мм) квадратных отверстий под крепежные детали по МН 5780-65

Эскиз отверстия	Размеры квадратных подголовок	$B$ (доп. откл. по $A_7$ )	$r$ не более	Размеры квадратных подголовок	$B$ (доп. откл. по $A_7$ )	$r$ не более
	5	5,5	0,5	14	15	1,0
	6	6,6	0,5	16	17	1,1
	8	9	0,6	20	22	1,3
	10	11	0,7	22	24	1,5
	12	13	0,9	24	26	1,5

#### 46. Размеры (в мм) продолговатых отверстий под крепежные детали по МН 5780-65

Диаметр стержней $d$	$B$ (доп. откл. по $A_7$ )	$L$ (доп. откл. по $A_7$ )	
		$R = \frac{B}{2}$ справа	$L$
5	5,5		8, 10, 12, 14, 16, 18
6	6,6		10, 12, 14, 16, 18, 20
8	9		12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40
10	12		14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45
12	14		16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50
14	16		18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 55
16	18		20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60
18	20		22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70
20	22		25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80
22	24		28, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90
24	26		32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100
27	30		36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110
30	32		40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125
36	38		45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140
42	45		50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160
48	52		60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180

## 47. Расстояние между центрами отверстий, расположенных по окружности



$$l = Rx$$

Количество отверстий	$x$	Количество отверстий		Количество отверстий		Количество отверстий	
3	1,73205	13	0,47863	22	0,28463	32	0,1961
4	1,41421	14	0,44503	23	0,27233	33	0,1901
5	1,17557	15	0,41582	24	0,26105	34	0,1846
6	1,0	16	0,39018	25	0,25067	35	0,1793
7	0,86777	17	0,36750	26	0,24107	36	0,17431
8	0,76537	18	0,34730	27	0,23219	37	0,1697
9	0,68404	19	0,32919	28	0,22393	38	0,1652
10	0,61803	20	0,31287	29	0,2162	39	0,1609
11	0,56346	21	0,29808	30	0,20906	40	0,15692
12	0,51764			31	0,2023		

П р и м е ч а н и е. Величина  $x$  подсчитана по формуле  $x = 2\cos\left(90^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ , где  $\varphi$  — центральный угол между двумя смежными отверстиями.

## МАХОВИКИ, ШКИВЫ, ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА, ЗВЕЗДОЧКИ

При конструировании маховиков и шкивов следует учитывать возникающие при охлаждении отливок внутренние напряжения, которые могут служить причиной коробления и появления трещин.

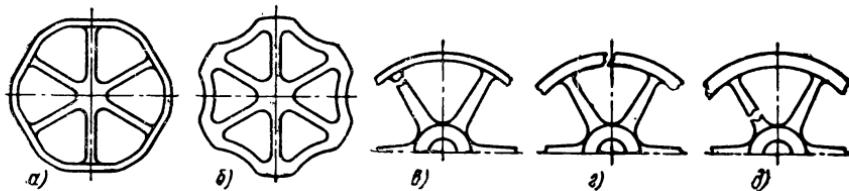


Рис. 103

Возможны следующие причины коробления: в шкивах обод обычно охлаждается быстрее спиц, в нем возникают напряжения сжатия, а в спицах — растяжения, обод деформируется, как показано на рис. 103, а; в маховиках обод охлаждается медленнее спиц, в нем возникают напряжения растяжения, а в спицах — сжатия, деформация обода в этом случае показана на рис. 103, б. Трещины могут появиться по следующим причинам: если обод тоньше спиц и ступицы, то он затвердевает первым, вследствие появления больших

напряжений в ступицах, вблизи обода может появиться трещина (рис. 103, в); если спицы тоньше обода, то они затвердевают первыми, в ободе может появиться трещина (рис. 103, г); в том случае, когда соотношение сечений обода и спиц выбрано правильно, но ступица очень массивна, могут появиться трещины в спицах около ступицы (рис. 103, д).

Внутренние напряжения (следовательно, и трещины) в отливках маховиков с прямыми спицами уменьшаются при нечетном количестве спиц. При

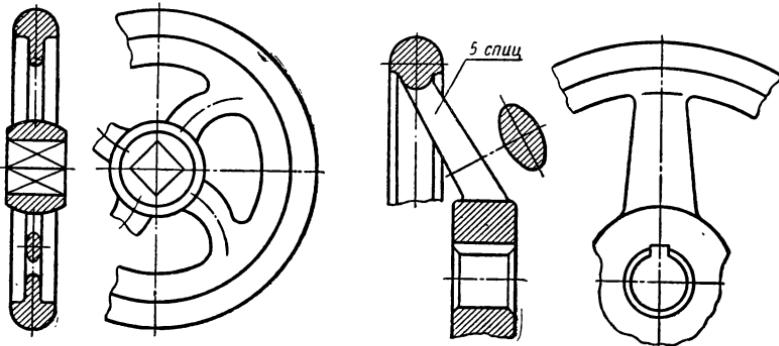


Рис. 104

четном количестве спиц их следует выполнять изогнутыми (рис. 104). Нечетное количество прямых или изогнутых спиц (при диаметре маховика 300 мм и выше) дает возможность отливкам при остывании деформироваться без возникновения трещин, а при правильном соотношении размеров обода, спиц и ступицы уменьшает внутренние напряжения в отливках.

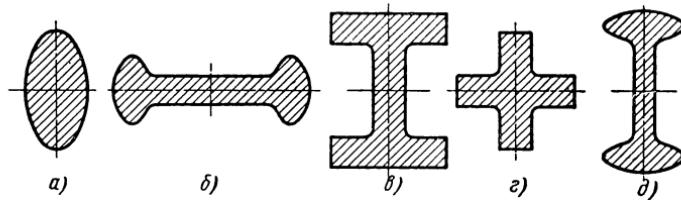


Рис. 105

**Конструкция спиц.** Применяемые сечения спиц показаны на рис. 105; для приводных и канатных колес не очень больших размеров обычно применяют спицы эллиптического сечения (рис. 105, а и б); спицам крупных зубчатых колес при больших изгибающих моментах придают форму, показанную на рис. 105, г и д; причем прочнее спицы на рис. 105, д. Спицы двутаврового сечения (рис. 105, е) применяют в конструкциях, не имеющих больших угловых скоростей (значительное сопротивление воздуха). Спицы маховиков обычно имеют сечения, приведенные на рис. 106; конструкции маховиков на рис. 106, а и б стандартизованы (ГОСТ 5260—58).

Стандартные маховики (рис. 106, а) изготавливают из серого или ковкого чугуна СЧ 12-28 и КЧ 50-4 и выше. ГОСТом установлен ряд диаметров этих маховиков: 50, 65, 80, 100, 120 и 140 мм при пяти спицах.

Стандартные маховики (рис. 106, б) изготавливают из серого чугуна СЧ 15-32 и выше с диаметрами 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 560, 640, 720, 800, 900 и 1000 мм; число спиц: для диаметров свыше 240 мм — 3; для диаметров 240—500 мм — 5; для диаметров свыше 560 мм — 7.

Маховики с криволинейными спицами (рис. 106, в и г) не стандартизованы. Построение очертания криволинейных спиц выполняют в следующем по-

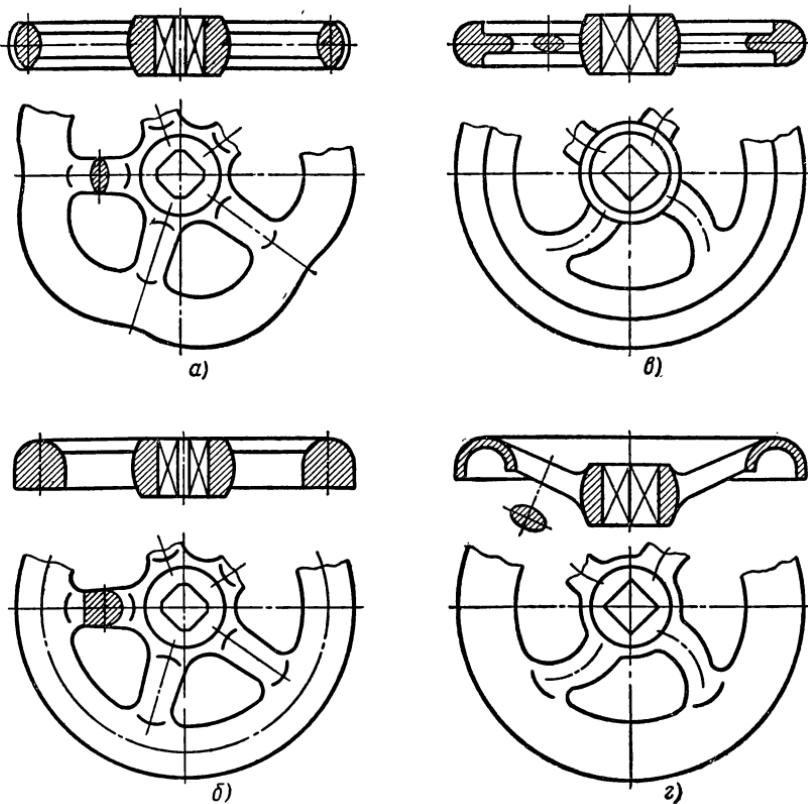


Рис. 106

рядке. Наружную окружность обода делят на равные части соответственно числу спиц (рис. 107). Через точку  $A$  пересечения оси спицы с ободом проводят радиус  $AO$  и из середины его восстанавливают перпендикуляр  $CD$ , который засекают из центра  $O$  радиусом  $R = 0,6AO$ . В точке пересечения  $D$  получают центр криволинейной оси спицы.

Точки  $A$  и  $D$  соединяют прямой  $AD$ , и на ней откладывают от точки  $D$  в обе стороны по  $\frac{1}{4}b$ , где  $b$  — ширина спицы у обода, измеряемая по направлению  $AD$ . Точки  $K$  и  $M$  будут центрами для радиусов контурных линий спиц. Центры очертания остальных спиц находят на окружностях, проведенных из  $O$  радиусами  $OK$  и  $OM$ . Закругления спиц (заданными радиусами  $r$ ,  $r_1$  и  $r_2$ ) у обода и ступицы делают обычным сопряжением. При диаметре вала  $d$  ширину спиц у ступицы принимают  $b_1 \approx 0,8d$ ; ширину спиц у обода  $b \approx \frac{2}{3}d$ .

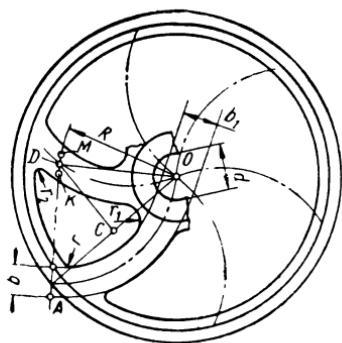


Рис. 107

вального зубчатого колеса, приведенные в работе [12].

Выбор варианта исполнения зависит от межосевого расстояния  $A$  и коэффициента ширины зуба  $\psi = \frac{b}{A}$  (здесь  $b$  — ширина зуба).

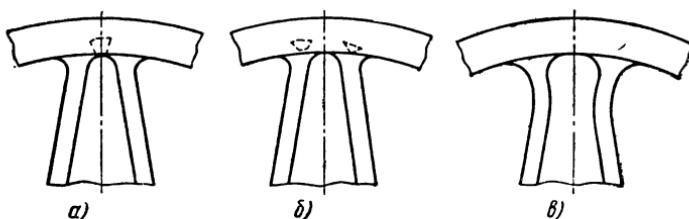


Рис. 108

Исполнение I применяют:

при  $A > 600$  мм и  $\psi = 0,3$

»  $A > 450$  мм и  $\psi = 0,4$ .

Исполнение II рекомендуется:

при  $A \leq 1000$  мм и  $\psi = 0,2$ ;

»  $A \leq 600$  мм и  $\psi = 0,3$ ;

»  $A \leq 400$  мм и  $\psi = 0,4$ .

Исполнение III используют при  $d_a \geq 400$  мм.

Толщину диска  $S$  берут:

$A$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
$S$	10	10	10	12	14	15	16	20	22	25	28	32

Если наружный диаметр ступицы  $d_{cm} < 0,512 A$ , то следует проверить расчетом на прочность толщину диска у ступицы.

Радиусы закруглений принимают  $R_1 = 0,02 A$ ,  $R_2 \geq 0,075 A$ .

**Соотношения размеров обода, спиц и ступицы шкивов.** При конструировании шкивов (рис. 111) с целью получения отливок с минимальными напряжениями необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

$$\frac{F_{cn}}{\rho_{cn}} = Z_{cn}; \quad \frac{F_{ob}}{\rho_{ob}} = Z_{ob};$$

$$\frac{Z_{cn}}{Z_{ob}} = 0,87 \div 0,913; \quad \frac{F_{cm}}{\rho_{cm}} = Z_{cm} \approx Z_{ob} \frac{0,4}{1 - \frac{100K}{D}},$$

где  $F_{cn}$ ,  $F_{ob}$ ,  $F_{cm}$  — площадь сечения соответственно спицы, обода и ступицы;  
 $\rho_{cn}$ ,  $\rho_{ob}$ ,  $\rho_c$  — периметр сечения соответственно спицы, обода и ступицы;  
 $K$  — коэффициент, выбираемый в зависимости от диаметра шкива:

$D$ мм $K$	300	400	500	600	700	800	900	1000
	0,392	0,522	0,652	0,784	0,912	1,042	1,175	1,305

**Ступица шкива.** Ступицу не рекомендуется выполнять толстостенной во избежание образования в ней усадочных раковин; уменьшая толщину стенок, для прочности следует делать прилив над местом расположения шпоночной канавки (рис. 112). Это способствует снижению концентрации напряжений при прессовой посадке ступицы на вал. Необходимо также предусматривать соответствующий конструктивный уклон наружного диаметра ступицы, что облегчает съем модели при формовке. Если торцы ступицы будут подрезать, то прилив не доводят до конца ступицы, что значительно упрощает механическую обработку (рис. 113).

В отверстиях большой длины желательно выполнять кольцевую канавку.

Типоразмеры шкивов для плоскоременных передач регламентированы ГОСТом 3133—56. Эти шкивы изготавливают при окружной скорости  $v \leq 25$  м/сек из серого чугуна СЧ 18-36 и выше, при  $v > 25$  м/сек — из стали 15Л.

Шкивы клиноременных передач в зависимости от окружной скорости и передаваемой нагрузки изготавливают из серого чугуна СЧ 18-36 и выше, кованого чугуна КЧ 33-8 и выше и стали 15Л.

Для уменьшения веса рекомендуется применять шкивы из алюминиевых сплавов марок АЛ4 и АЛ9, армированные чугунными втулками.

**Зубчатые колеса и звездочки.** При конструировании колес и звездочек также не рекомендуется во избежание образования трещин сопрягать массивную ступицу с тонким диском. Переход от диска к ступице следует выполнять с соотношением толщин стенок 1:1,5; при большем соотношении переход следует выполнять постепенно (см. стр. 92).

При толстостенной ступице большой длины в ней следует предусмотреть кольцевые выемки и выровнять сечения стенок (рис. 114).

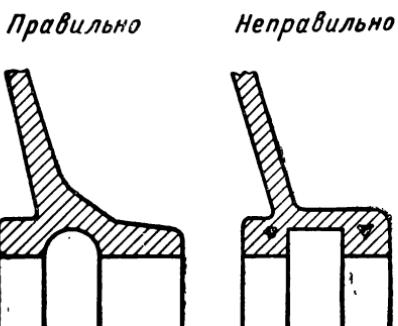


Рис. 109

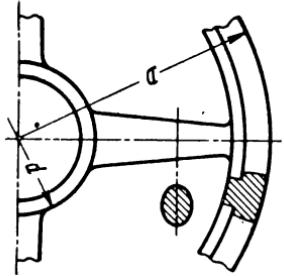


Рис. 111

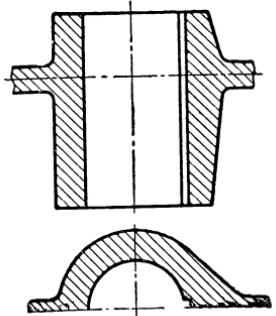
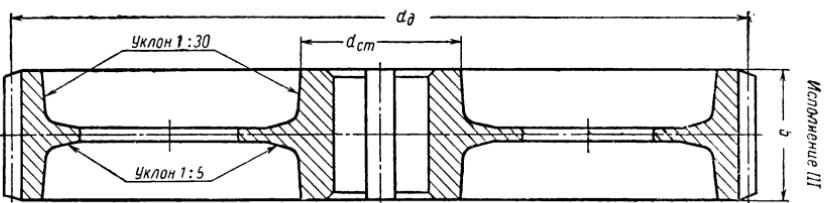
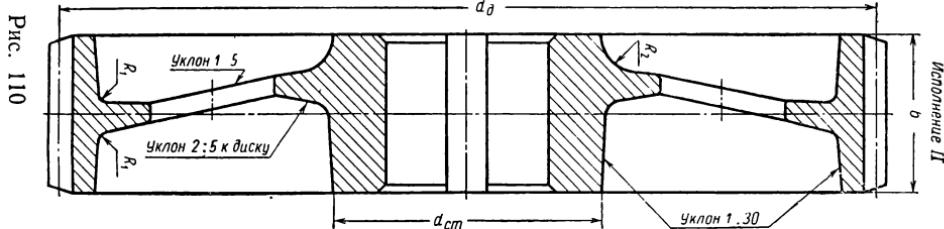
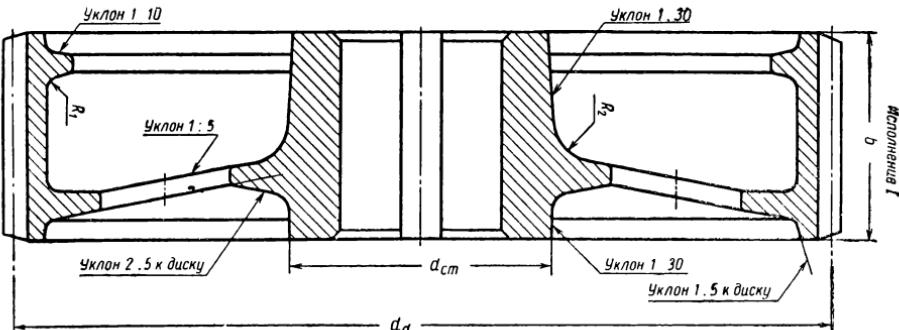


Рис. 112



При конструировании венцов (даже для деталей малого диаметра) необходимо выполнять двустороннюю кольцевую канавку между венцом и ступицей (рис. 115), иначе может быть брак зубчатых колес по усадочным раковинам, а звездочек по «подутости» (увеличению толщины тела зуба выше нормы).

Основные размеры цилиндрических зубчатых колес для с.-х. машин регламентированы ГОСТом 3121—54 \*.

Звездочки отливают из серого чугуна СЧ 18-36 и выше. Стальные звездочки, предназначенные для передачи усилия выше 40 кГ или при числе оборотов в минуту более 300, подвергают сплошной или местной закалке.

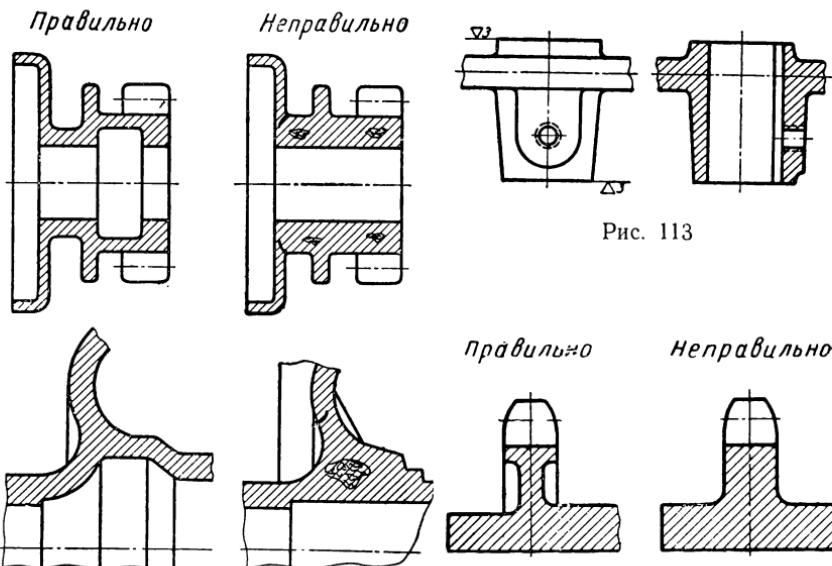


Рис. 113

Рис. 114

Рис. 115

Зубчатые колеса в зависимости от передаваемых нагрузок отливают из серого чугуна СЧ 18-36 и выше или из стали 35Л и выше.

Зубчатые колеса, отлитые из серого чугуна, должны иметь твердость  $HB$  320—420, из стали —  $HRC$  30—45 (после термообработки).

Звездочки и зубчатые колеса, изготавливаемые как одно целое с другими деталями (муфтами, храповиками, кулачками), можно отливать из ковкого чугуна не ниже марки КЧ 33-8 с последующей нормализацией.

## СОПРЯГАЕМЫЕ ДЕТАЛИ

Внешний вид и точность готового изделия в значительной степени определяются точностью изготовления и согласованностью размеров сопрягаемых литых деталей. При строгом соблюдении геометрии отливок и совпадений их сопрягаемых мест отпадает необходимость в дорогих и трудоемких отделочных работах (подгонке).

При изготовлении литых сопрягаемых деталей часто невозможно их совместить по схеме, показанной на рис. 116, а, в этом случае совмещают по схеме рис. 116, б и в.

Если деталь сопрягается с другой деталью, то конструктор должен указать на рабочем чертеже номер сопрягаемой детали.

Сопрягаемые элементы следует ограничивать жесткими допусками, предварительно согласованными с технологами-литейщиками. Точность изготовления сопрягаемых деталей следует проверять по специальным кондукторам или шаблонам.

Особенно большие и трудно исправимые несовпадения сопрягаемых мест получаются при соединении литых деталей, выполненных с различной величиной и направлением конструктивных (формовочных) уклонов, которые даются по вертикальным поверхностям в направлении, перпендикулярном разъему модели и плоскости набивки стержневого ящика.

Чтобы избежать подобных несовпадений, следует указывать конструктивные (формовочные) уклоны сопрягаемых деталей (по согласованию с технолога-

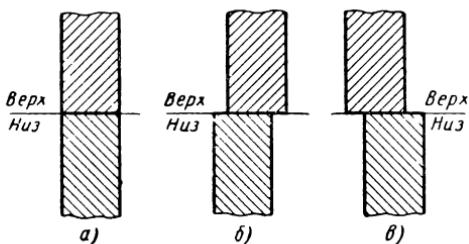


Рис. 116

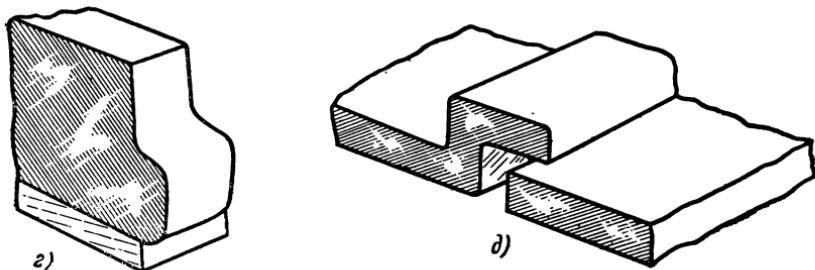
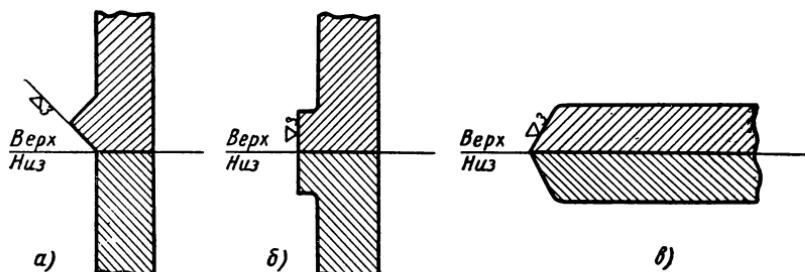


Рис. 117

ми-литейщиками) на чертежах деталей. Величина и направление их, согласованные с разъемами моделей сопрягаемых деталей, должны быть увязаны между собой (см. рис. 6). Выполнение этого условия является одним из важнейших факторов совпадения сопрягаемых элементов литых деталей. Величи-

ну и направление конструктивных (или формовочных) уклонов особенно важно по регламентировать при соединении нескольких деталей, образующих одну общую поверхность. Для лучшей подгонки одной сопрягаемой детали к другой используют следующие приемы: сопрягаемые места выполняют в виде отбортовки (рис. 117, а), прилитых пойсков (рис. 117, б) или контуры сопрягаемых деталей располагают под углом (рис. 117, в); для более тщательной подгонки эти контуры зачищают абразивами или подвергают механической обработке; вместо отбортовки часто применяют буртик, который облегчает установку сопрягаемых литьих деталей и улучшает их внешний вид (рис. 117, г); для прикрытия соединения двух литьих деталей, сопрягаемые поверхности которых не требуют механической обработки, обычно применяют литой напуск (рис. 117, д).

**Сопряжения корпусных деталей.** Корпусные детали лучше сопрягать не по всей плоскости, а по отдельным небольшим платикам, как это показано на рис. 118. Такая конструкция экономит металл и уменьшает объем механической обработки.

### ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КОРОБЛЕНИЯ И ТРЕЩИН

При охлаждении в отливках часто возникают различные по величине напряжения. В зависимости от причин появления напряжения подразделяют на термические, усадочные и фазовые.

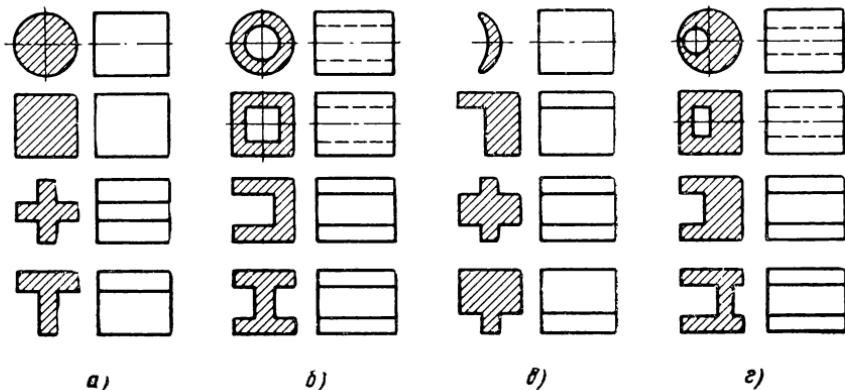


Рис. 119

Термические напряжения возникают вследствие неодинаковой скорости охлаждения отдельных частей (или сечений) отливки и в связи с этим неравномерной усадки.

Усадочные напряжения являются следствием механического сопротивления усадке отливки со стороны формы. Фазовые напряжения появляются в результате аллотропических превращений в металле, происходящих в разное время в различных частях отливки.

Если напряжения превышают предел упругости, то возникают остаточные деформации (коробление), а в случае превышения предела прочности материала отливка разрушается (трещины).

Для того чтобы качество отливок не ухудшалось вследствие коробления или появления трещин, при конструировании деталей придерживаются следующих правил:

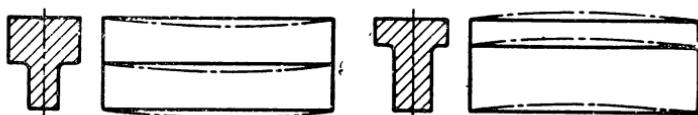


Рис. 120

1. Поперечным сечениям литых деталей следует придавать по возможности форму, обеспечивающую свободную усадку. Поперечных сечений с механическим и термическим торможением усадки применять не следует.

Сечения, допускающие свободную усадку, показаны на рис. 119, а. Усадка может быть заторможена механически в сечениях, приведенных на рис. 119, б, термически — в сечениях на рис. 119, в и одновременно механически и термически — в сечениях, изображенных на рис. 119, г.



Рис. 121

2. При конструировании стенок литых деталей необходимо предусматривать возможность их деформации (коробления) под воздействием термических напряжений, это особенно характерно для деталей значительной протяженности и с неравномерными сечениями (рис. 120). Во избежание деформаций следует конструировать литые детали со стенками, не резко отличающимися по толщине. Конструкция отливок должна быть по возможности симметричной (чтобы сумма моментов, действующих в сечении сил, была минимальной) и с возможно большим моментом инерции (большой жесткостью).

3. Литым деталям из стали со стенками значительной протяженности лучше придавать не плоскую (рис. 121, а), а изогнутую форму (рис. 121, б).

4. Неодинаковые скорости охлаждения можно наблюдать не только у деталей, имеющих разные толщины стенок, но и у отливок с одинаковыми по сечению стенками. Например, у плоской плиты постоянной толщины (рис. 122) края охлаждаются быстрее, чем середина, поэтому в отливке возникают внутренние напряжения. Середина плиты находится под действием растягивающих напряжений, а край — под действием сжимающих. В результате в средней части плиты появляется трещина, которая не простирается до края отливки. Если толщина плиты очень мала по сравнению с другими ее размерами, то вследствие деформации плита может разрушиться. Первоначальное

направление напряжений на свободных краях можно изменить посредством предварительного изгиба плиты.

Для устранения короблений плит и снижения величины напряжений их конструируют так, чтобы выравнять скорости охлаждения центра и краев отливки. Для этого в центре отливки делают окно или края плиты снабжают ребрами.

5. В плоскостных деталях типа плит с ребрами жесткости, прилитыми к одной из поверхностей, большое влияние на уменьшение коробления оказывает общая высота детали или высота ребер жесткости. Рекомендуемая высота плит с ребрами из серого чугуна приведена в табл. 48.

6. Коробление литьих деталей можно уменьшить не только снижением разницы в толщине стенок, но также увеличением жесткости отливки с помощью конструктивных или технологических (усадочных) ребер и отбортовок.

В дальнейшем, после снятия внутренних напряжений в отливках технологические ребра срезают при механической обработке.

7. Наиболее распространенным дефектом отливок являются горячие трещины, которые обычно образуются в термических узлах, т. е. отдельных местах отливки, где толщина тела имеет большее сечение, чем сечения окружающих этот узел частей. В таких случаях тонкие части отливки начинают остывать раньше, чем толстые, и с большой интенсивностью, что препятствует усадке толстых частей. Линейной усадке отливки препятствует также форма или стержень, которые, к тому же, претерпевают объемные расширения за счет тепла жидкого металла. Возникают суммарные напряжения — усадочные и термические, под действием которых (если их величина превзойдет предел прочности отливки) образуются горячие трещины. Образование горячих трещин способствует также затрудненный

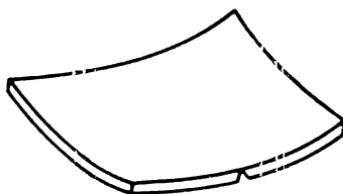


Рис. 122

#### 48. Рекомендуемая высота плит из серого чугуна с ребрами [11] Размеры в мм

Эскиз	Наибольший габаритный размер $L$	Наименьшая высота $H$ при ширине	
		$B < 0,6L$	$B > 0,6L$
	До 300	40	50
	301—500	50	75
	501—800	75	100
	801—1200	100	150
	1201—2000	150	200
	2001—3000	200	300
	3001—4000	300	400
	4001—5000	400	450
	Более 5000	450	500

отвод тепла из термических узлов, когда тепловые потоки, идущие от поверхности отливки, скрещиваются между собой (рис. 123, а). Полоска затвердевшего металла 1, в котором происходит процесс усадки, в термическом узле

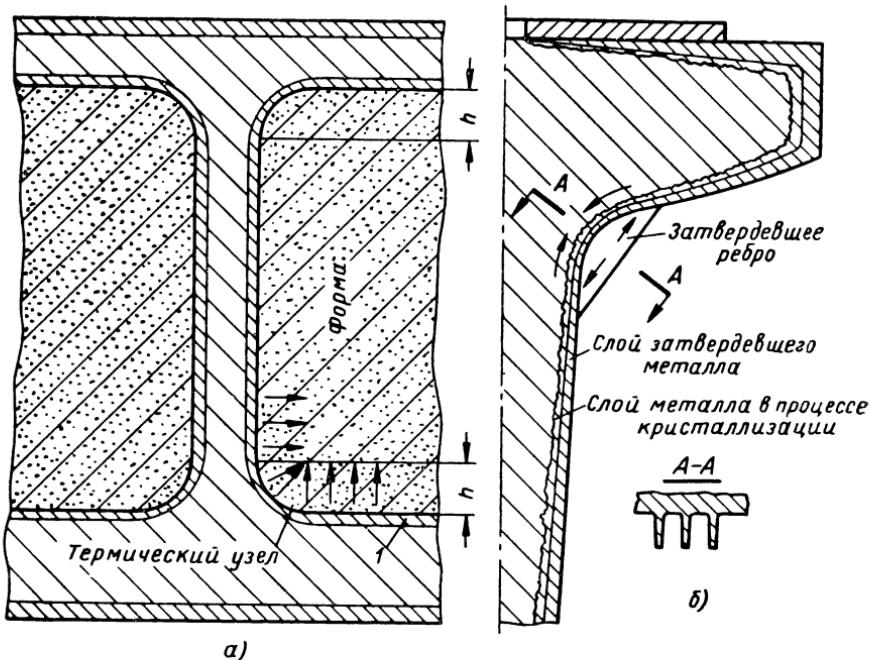


Рис. 123

значительно тоньше, а следовательно, и менее прочна. Напряжения в этом случае будут концентрироваться в относительно небольшой зоне  $h$  отливки,

#### 49. Соотношения размеров элементов литой детали, при которых устанавливают усадочные ребра

Отношение толщины смежной и основной стенок $\frac{S_c}{S_0}$	Отношение длины плача к толщине основной стенки $\frac{n}{S_0}$
Св. 1/3 до 1	Св. 3
» 1 » 2	» 2
» 2 » 3	» 1

Примечание. Тонкой окружностью обведены термические узлы.

вызывая в ней пластические деформации. В целях борьбы с горячими трещинами в зоне  $h$  обычно устанавливают усадочные ребра, которые охлаждаются быстрее и упрочняют эту зону. Однако в некоторых средних и крупных отливках, особенно из легированных сталей, горячие трещины не всегда удается

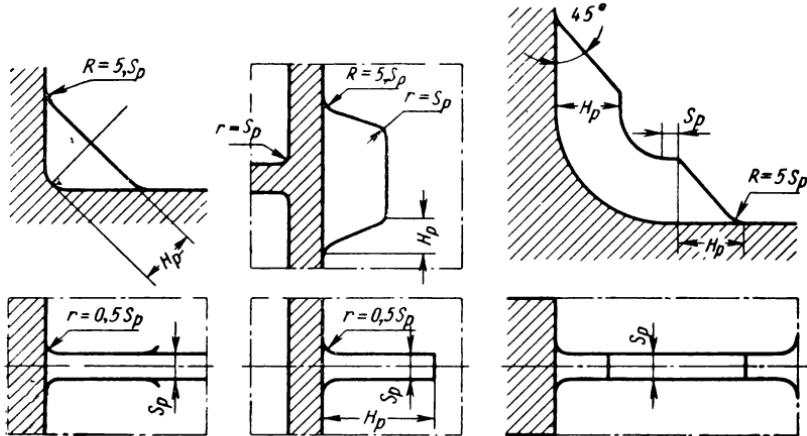


Рис. 124

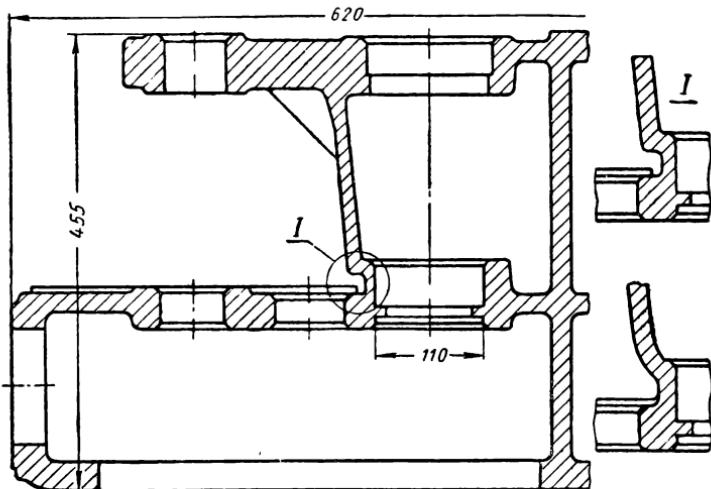


Рис. 125

устранить. В крупных отливках применение усадочных ребер хотя и устраняет концентрированные трещины, но в то же время ведет к образованию мелких разрозненных трещин, залегающих под ребрами. В этом случае в зоне усадочных ребер протекают противоположные деформации сопрягающихся слоев металла (рис. 123, б), которые вызывают значительные напряжения, приводящие к мелким надрывам (горячим трещинам). Способ устранения подобных трещин — выравнивание скорости охлаждения всех сечений отливки

**50. Размеры усадочных ребер и расстояния между ними**  
**Размеры в мм**

Толщина основной стенки $S_o$	Толщина усадочного ребра $S_p$	Отношение длины плеча $n$ к толщине основной стенки $\frac{S_o}{S_o}$				Отношение толщин смежной и основной стенок $\frac{S_c}{S_o}$		
		До 8	Св. 8 до 16	Св. 16 до 24	Св. 24	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3
		Высота усадочного ребра $H_p$				Расстояние между усадочными ребрами		
Св. 6 до 8	2,5	5	$\frac{9}{10}$	$\frac{12}{16}$	$\frac{16}{20}$	35	30	20
8 » 10	3,5	7	$\frac{10}{13}$	$\frac{15}{20}$	$\frac{20}{25}$	50	40	25
10 » 12	4,0	8	$\frac{12}{15}$	$\frac{18}{22}$	$\frac{22}{30}$	60	50	30
12 » 14	4,5	9	$\frac{15}{18}$	$\frac{20}{26}$	$\frac{26}{35}$	70	60	35
14 » 16	5,0	10	$\frac{17}{20}$	$\frac{23}{30}$	$\frac{30}{40}$	80	65	45
16 » 18	5,5	11	$\frac{18}{22}$	$\frac{25}{34}$	$\frac{34}{44}$	90	75	50
» 18 » 20	6,0	12	$\frac{20}{24}$	$\frac{28}{36}$	$\frac{36}{48}$	100	80	55
» 20 » 25	7,0	15	$\frac{25}{30}$	$\frac{35}{45}$	$\frac{45}{60}$	110	90	60
» 25 » 30	8,5	17	$\frac{28}{34}$	$\frac{45}{50}$	$\frac{50}{70}$	130	100	70
» 30 » 35	9	20	$\frac{32}{38}$	$\frac{45}{60}$	$\frac{60}{80}$	150	120	80
» 35 » 40	11	20	$\frac{35}{45}$	$\frac{50}{65}$	$\frac{65}{85}$	170	140	90
» 40 » 50	12	25	$\frac{45}{50}$	$\frac{60}{75}$	$\frac{75}{100}$	190	150	110
» 50 60	14	30	$\frac{50}{60}$	$\frac{65}{85}$	$\frac{85}{115}$	200	160	110
» 60 80	16	35	$\frac{55}{70}$	$\frac{75}{100}$	$\frac{100}{135}$	220	180	120
80 » 100	18	40	$\frac{60}{75}$	$\frac{85}{110}$	$\frac{110}{145}$	240	190	140

П р и м е ч а н и е. В числителе указана высота  $H_p$  при  $\frac{S_c}{S_o} < 2$ ,  
 теле — при  $\frac{S_c}{S_o} > 2$ .

8. Основные типы конструкций усадочных ребер для массивных отливок приведены на рис. 124.

Конструктивные особенности литой детали, которые требуют установки усадочных ребер, приведены в табл. 49.

Количество усадочных ребер и расстояния между ними принимают по табл. 50.

Наиболее эффективные мероприятия по борьбе с горячими трещинами в стальных отливках:

уменьшение размеров отливки и устранение выступающих элементов путем расчленения ее на части с последующей сваркой;

выравнивание скоростей охлаждения отдельных частей отливки и устранение сопряжений путем рационального подбора толщин ее элементов;

увеличение радиусов сопряжений;

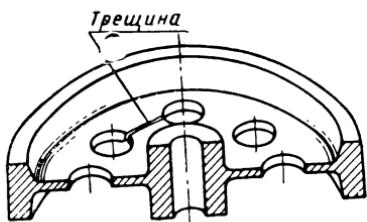


Рис. 126

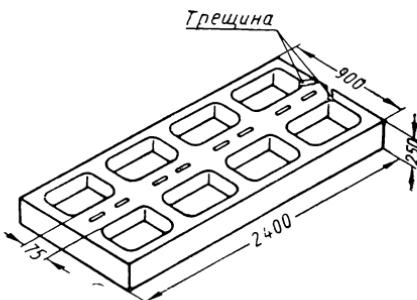


Рис. 127

полный отказ от X-образных узлов и сопряжений стенок под углами меньше  $90^\circ$ .

Примеры неудачных конструкций, склонных к короблению и трещинам, показаны на рис. 125—127.

На рис. 125 приведена конструкция, имеющая термический узел I, способствующий образованию горячих трещин. После ликвидации резких переходов от одного сечения к другому горячие трещины не появлялись. Трещина на шкиве (рис. 126) образовалась вследствие большой разницы в сечениях втулки и обода тяжелого шкива, соединенных тонким диском с отверстиями. Трещины в плине (рис. 127) появились также в результате большой разницы в толщинах стенок.

## ВНУТРЕННИЕ ПОЛОСТИ ДЕТАЛИ

Внутренние полости литых деталей следует конструировать так, чтобы избежать применения стержней, которые усложняют и удорожают процесс изготовления формы. По возможности стержни желательно заменять выступающими частями формы — болванами.

Такая замена при машинной формовке возможна для полостей, образуемых в нижней полуформе при  $H \leq D$  (рис. 128), а для полостей, расположенных в верхней полуформе при  $h \leq 0,3 d$ , необходимо соблюдать отношение  $H < N$  и  $h < n$ . При ручной формовке принимают  $H \leq 0,5 D$  и  $h \leq 0,15 d$ . При таком соотношении болваны не выступают за плоскость разъема формы.

Примеры правильного (без стержней) и неправильного (требуется применение стержней) конструирования внутренних полостей отливок показаны на рис. 129. Для уменьшения трудоемкости изготовления (устранения стержней) внутренние полости необходимо выполнять открытыми, без поднутрений.

Если без применения стержней обойтись невозможно, то при конструировании литой детали следует руководствоваться следующими правилами:

1. Внутренние полости должны иметь окна для стержневых знаков с размерами, достаточными для свободного вывода газов из стержня (окна  $K$  на рис. 130 увеличены с  $\varnothing 75$  до  $100$ ).

2. На внутренних полостях следует иметь окна для надежного крепления стержней на знаках, без применения жеребеек, так как последние часто не расплавляются, что снижает прочность и герметичность отливки (рис. 131). Наличие знаков облегчает сборку и обеспечивает более точное соблюдение геометрических размеров литой детали.

3. Необходимо, чтобы стержни для выполнения внутренних полостей можно было ставить краном, без перемещения их в горизонтальной плоскости.

4. Конфигурация детали должна иметь плоский и ровный разъем для формовки ее без подрезки и выступающих болванов.

5. Очертание внутренних полостей проектируют так, чтобы хотя бы одна сторона стержня была плоской для удобства машинного изготовления, сушки и транспортирования.

6. При значительном числе полостей, образуемых в отливке стержнями, следует стремиться к их унификации.

7. Если стержни, образующие внутренние полости над направляющими, нельзя установить на достаточно прочные знаки, необходимо на направляющих предусмотреть углубление шириной, достаточной для установки жеребеек.

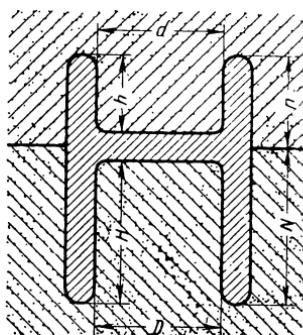


Рис. 128

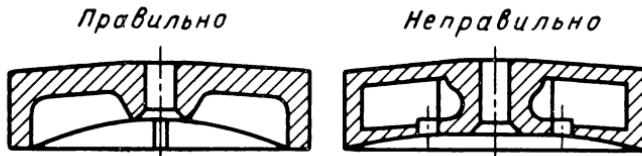


Рис. 129

При длине стержня, превышающей удвоенный его диаметр, форма полости должна предусматривать возможность крепления стержня в обоих концах (рис. 132).

Размеры полостей и диаметры отверстий, образуемых стержнями, должны позволять применять литые или проволочные каркасы для упрочнения стержней.

Конструкция отливки должна позволять свободно удалять из внутренних полостей стержневую смесь и каркасы. В закрытых внутренних полостях для этого предусматривают специальные окна; после очистки эти окна заделываются заглушками. Конструкции заглушек для технологических окон показаны на рис. 133.

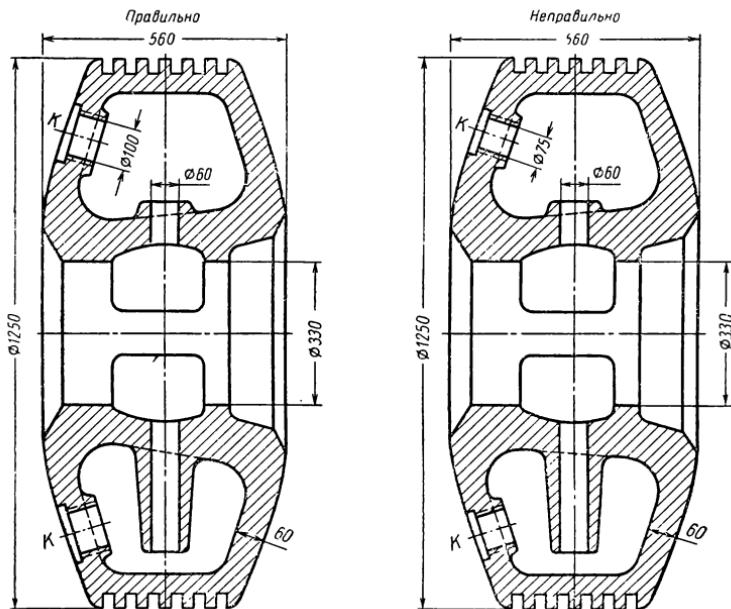


Рис. 130

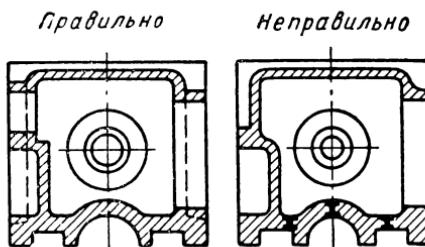


Рис. 131

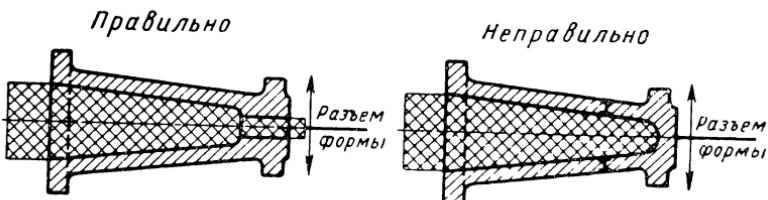


Рис. 132

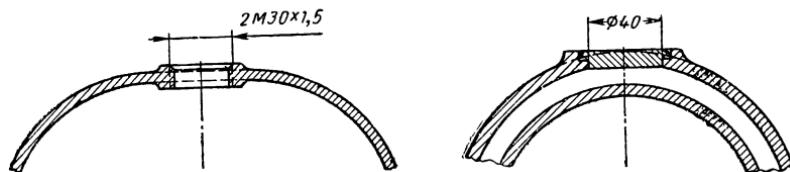


Рис. 133

### ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ГАЗОВЫХ РАКОВИН

Отливке следует придавать такую конфигурацию, чтобы жидкый металл, заполняя полость формы, свободно вытеснял из нее воздух и газы. Для предупреждения образования газовых раковин в отливке следует предусмат-

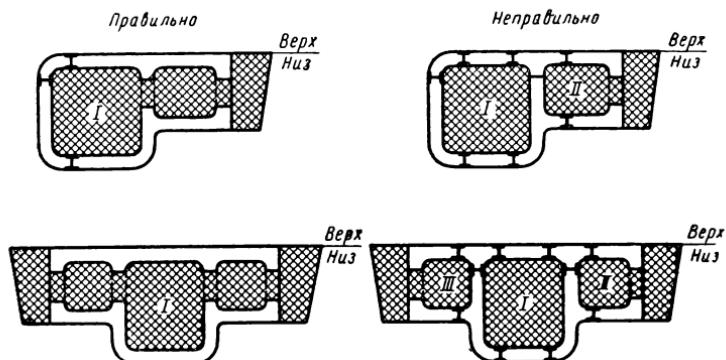


Рис. 134

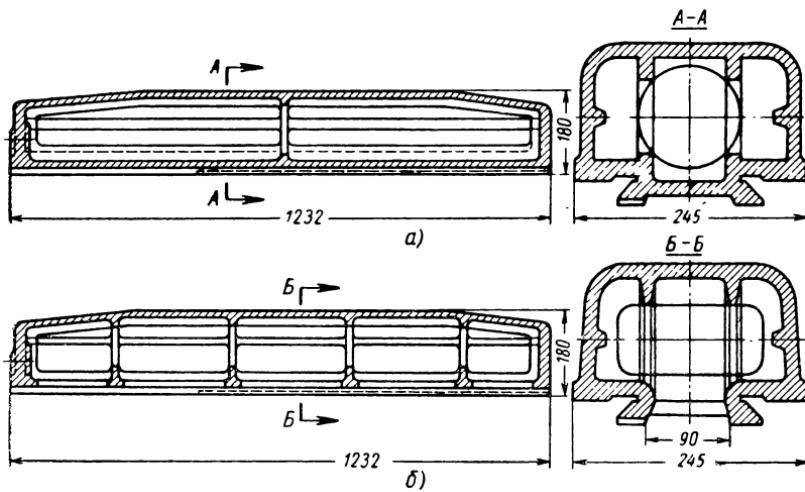


Рис. 135

тряивать достаточное количество окон, обеспечивающих отвод газов за пределы формы из каждого внутреннего стержня. Окна должны иметь максимально допустимые размеры и служить продолжением внутренних полостей детали (см. стр. 130).

Отдельные внутренние полости отливок, которые по конструктивным или технологическим соображениям нецелесообразно раскрывать большими окнами наружу, должны быть соединены с соседними внутренними полостями окнами достаточных размеров; при этом необходимо обеспечить свободный вывод газов из стержней.

Примеры соединения полостей окнами показаны на рис. 134. Внутренние полости I по конструктивным соображениям невозможно раскрыть окном наружу. Вместе с тем, они не соединены с внутренними полостями II и III. Полости I оказались полностью изолированными; изготовить такие отливки невозможно. Поэтому полости I следует соединить большими окнами с полостями II и III, в результате внутреннюю полость можно будет выполнить одним общим внутренним стержнем. Фиксация и вывод газов из него возможны через наружные окна в полостях II и III.

Примеры конструирования отливок с учетом устранения газовых раковин показаны на рис. 135—137.

Конструкция хобота горизонтально-фрезерного станка имела закрытые внутренние полости (рис. 135, а); для обеспечения надежного отвода газов в нижней стенке следует сделать окна (рис. 135, б).

Воздушный колпак (рис. 136) из серого чугуна СЧ 18-36 имеет недостаточную площадь опоры стержневых знаков из-за малого диаметра отверстий

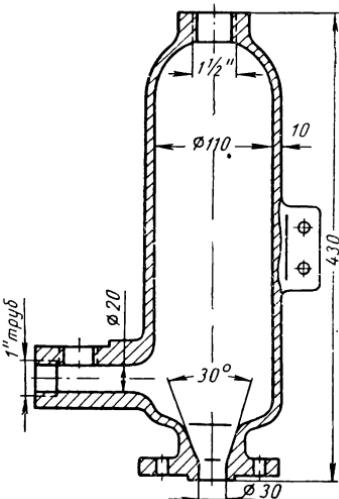


Рис. 136

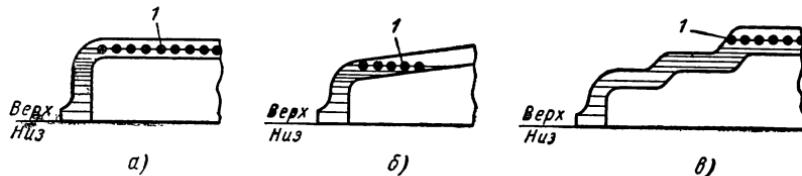


Рис. 137

(труб 1½" и Ø 30), ввиду чего затруднен вывод газов. Для предотвращения образования газовых раковин эти отверстия следует увеличить.

Газовые раковины чаще образуются на тех поверхностях отливки, которые при заливке располагаются сверху, поэтому ответственные поверхности конструктор отмечает на чертеже, а литейщик при заливке располагает их снизу.

Для предупреждения образования газовых раковин желательно горизонтальные стенки большой протяженности (рис. 137, а) заменять наклонными

(рис. 137, б) или ступенчатыми (рис. 137, в). При такой конфигурации стенок детали металл заполняет форму постепенно при малой поверхности зеркала. Выход газов и других неметаллических включений *I* из металла облегчается.

### ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ЗАЛИВКЕ

При определении положения отливки во время заливки следует руководствоваться следующими правилами:

1. Наиболее ответственные части отливки, к которым предъявляют требования повышенной точности, плотности и чистоты, должны быть расположены внизу, так как при заполнении формы металлом все неметаллические включения (земляные, газовые, шлаковые, окислы) скапливаются на верхних (по заливке) поверхностях.

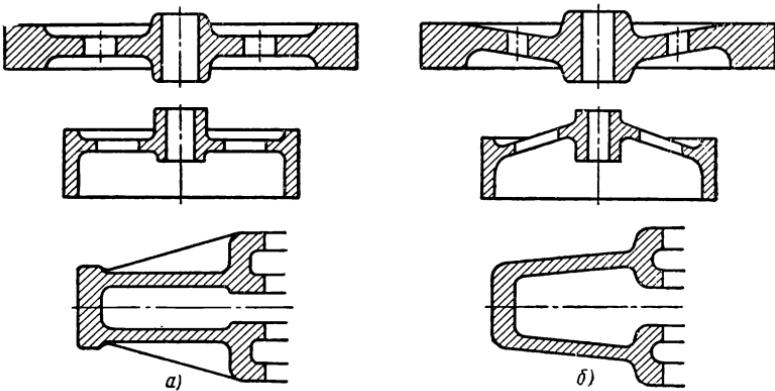


Рис. 138

2. Если это требование не может быть выполнено из-за конфигурации отливки по соображениям формовки и по другим причинам, ответственные обрабатываемые поверхности во время заливки должны располагаться вертикально или наклонно. В конструкциях часто целесообразно заменять горизонтальные (рис. 138, а) плоскости наклонными (рис. 138, б), что предохраняет отливки от газовых и неметаллических включений.

3. Если обрабатываемые поверхности все же должны быть обращены при заливке кверху, необходимо создавать такие условия, при которых литьевые пороки (усадочные и газовые раковины, шлаковые и земляные включения и др.) могли бы образовываться только в тех частях отливки, которые удаляются при очистке или обработке, т. е. в выпорах, прибылях и припусках на механическую обработку.

4. Если отливка подлежит обработке с нескольких сторон, то при заливке ее следует располагать так, чтобы наиболее ответственные и самые большие поверхности были обращены книзу, а для поверхностей, расположенных сверху, должен быть предусмотрен больший припуск на механическую обработку (рис. 139).

Величины припусков для чугуна регламентированы ГОСТом 1855—55, для стали — ГОСТом 2009—55.

5. При наличии ответственных плоскостей (типа направляющих) одновременно на нижних и верхних поверхностях отливки следует верхние направляющие по возможности предусматривать привертными. В этих случаях на-

правляющие отливают из высокопрочного или антифрикционного чугуна, а основную отливку — из чугуна СЧ 15-32 или СЧ 21-40.

6. Положение отливки при заливке определяется также наличием тепловых узлов, которые должны питаться с помощью прибылей и с соблюдением принципа направленного затвердевания (см. стр. 80).

7. При конструировании литой детали следует учитывать, что от положения отливки при заливке зависят разъем формы, установка стержней и величина припусков на механическую обработку.

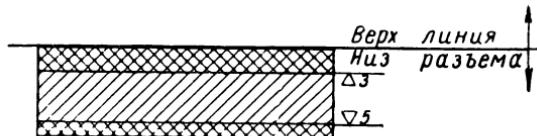


Рис. 139

Рекомендации по расположению некоторых отливок в форме при заливке приведены в табл. 51.

#### 51. Положение некоторых отливок в форме при заливке

Конструктивные особенности отливки	Положение отливки
Отливки с фланцами Трубы, колена, патрубки Полуцилиндрические отливки	Фланцы располагают вертикально Оси располагают горизонтально Длинные оси горизонтальны, отверстия книзу То же
Пустотелые коробки Простые цилиндрические кольцевые секции, короткие втулки	Оси цилиндра располагают вертикально
Отливки с многочисленными внутренними стержнями Длинные тяжелые отливки	На боку, с горизонтальной удлиненной осью Длинная ось горизонтальна
Отливки полушаровой формы, ребристые с фланцами	Короткая ось вертикальна, шаровая поверхность кверху

## УСТАНОВКА ПРИБЫЛЕЙ

Применение прибылей — наиболее эффективный способ предотвращения в отливках усадочных раковин. Однако удаление прибылей остается одной из наиболее трудоемких операций. Газовая, электродуговая и другие способы резки не обеспечивают требуемого качества поверхности по чистоте и точности, поэтому необходима механическая обработка или зачистка наждачными кругами. При конструировании отливок следует правильно оформлять площадки под прибыли. Для удаления прибыли при изогнутом или шаровом ее основании применять газовую или электродуговую резку нерационально, так как при этом требуется большая дополнительная обработка. В таких случаях площадки прибылей располагают, как показано на рис. 140.

Для облегчения удаления прибыли следует размещать на гладкой поверхности отливки, ни в коем случае нельзя устанавливать прибыль над фасонными частями отливки (рис. 141), так как восстановление их конфигурации после удаления прибыли потребует большой дополнительной работы.

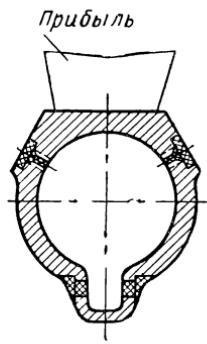


Рис. 140

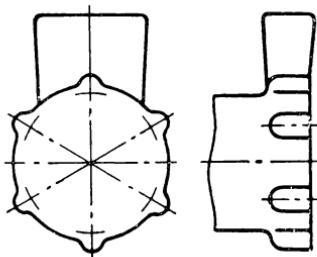


Рис. 141

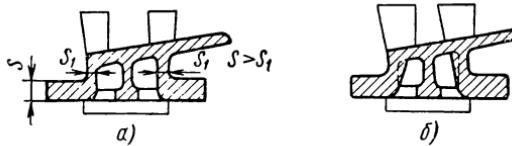
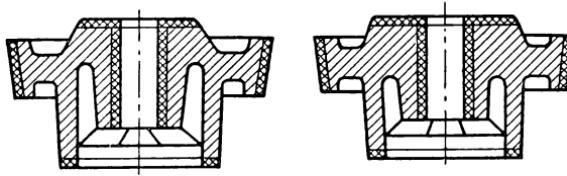


Рис. 142

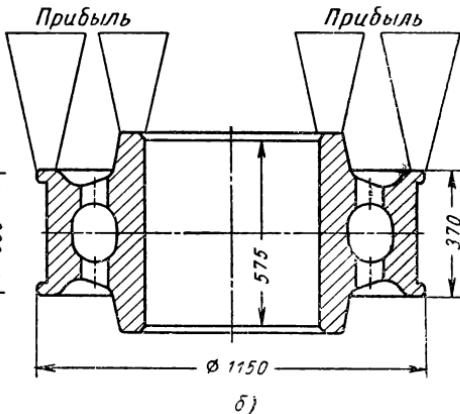
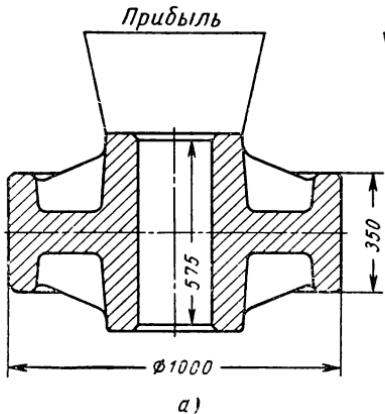


Рис. 143

Если невозможно установить прибыли надлежащего размера (рис. 142, а), деталь следует переконструировать, увеличив поверхность, на которой располагают прибыли (рис. 142, б).

Необходимо использовать все возможности для уменьшения количества прибылей, так как это удешевляет отливку. Например, при некотором изменении конструкции шкива (рис. 143, а) можно ограничиться только одной прибылью, вместо четырех в первоначальном варианте (рис. 143, б).

## УПРОЩЕНИЕ МОДЕЛИ И ЛИКВИДАЦИЯ СТЕРЖНЕЙ

Литые детали следует конструировать так, чтобы не требовалось больше одной поверхности разъема формы и модели, модель не имела отъемных частей, количество стержней желательно иметь минимальным, а при возможности их следует совершенно исключать, форма стержней должна быть простой.

Каждый дополнительный разъем модели требует применения добавочной опоки или стержней, увеличивает время на формовку, отделку и сборку формы; при этом увеличивается также количество заливов, усложняются очистка отливки, а часто и механическая обработка. Для достижения необходимой точности размеров отливки и предотвращения смещения одной половины формы по отношению к другой самой целесообразной является формовка по цельной неразъемной модели. При этом модель, если возможно, помещают в одной (лучше нижней) части формы.

Примеры улучшения конструкций отливок приведены на рис. 144—146.

Конструкция стойки с симметричным расположением ребра жесткости (рис. 144, а) требует плоского разъема модели. Если ребро жесткости перенести из центра на край, то необходимость разъема модели отпадает (рис. 144, б).

Кронштейн токарно-винторезного станка (рис. 145, а) состоял из втулки, скрепленной плоскостью и ребром с сильно развитой крепежной лапкой. Модель имела разъем по плоскости ребра. По линии разъема на отливке получался залив, возможно было также смещение одной половины модели относительно другой. Перенос ребра жесткости на правую часть кронштейна и сокращение размеров крепежной лапки (рис. 145, б) позволило формовать его по неразъемной модели в одной опоке. Исчезли залив и перекосы, сократились обрубные работы [5].

Если разъем модели необходим, то его следует осуществлять в одной плоскости (рис. 146), фигурный (ступенчатый) разъем применять не рекомендуется (рис. 146). Во всех случаях число разъемов нужно сокращать, если невозможно полностью от них избавиться.

Применение отъемных частей модели отрицательно влияет на точность размеров отливки, понижает производительность при изготовлении формы, увеличивает объем работ по очистке и механической обработке отливки. Очень часто брак по неточности размеров возникает из-за смещения отъемных частей в форме. Поэтому литую деталь следует конструировать так, чтобы отпала необходимость в применении отъемных частей.

Примеры изменения конструкций с целью устранения отъемных частей модели показаны на рис. 147 и 148.

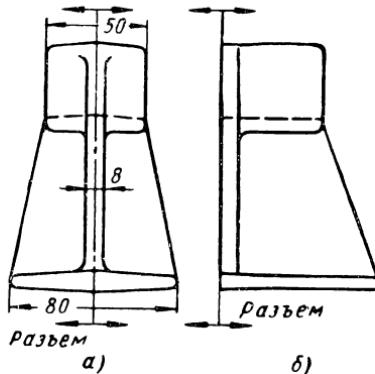


Рис. 144

Извлечению модели из формы часто препятствуют различного рода поднутрения (карманы, выемки, впадины), а также выступающие части (бобышки, пластики, приливы, ребра), расположенные при формовке на вертикальных поверхностях. В этих случаях приходится применять отъемные части или дополнительные стержни.

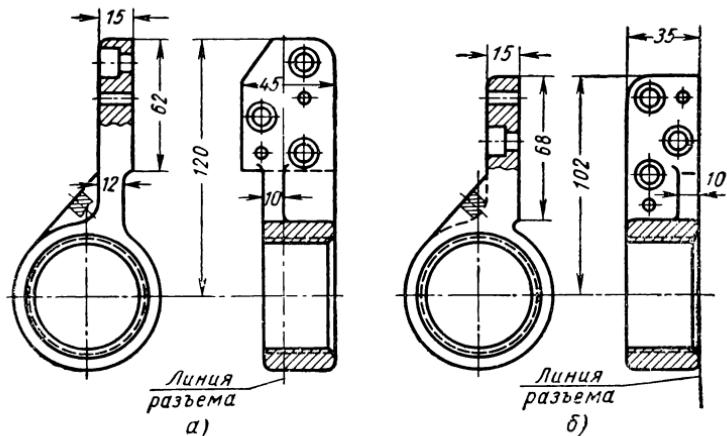


Рис. 145

На рис. 149, а показан стол расточного станка; припуск на обработку 1 на направляющей и выступ 2 над корытом мешали свободному выему частей модели из формы. В измененной конструкции (рис. 149, б) углубление внеш-

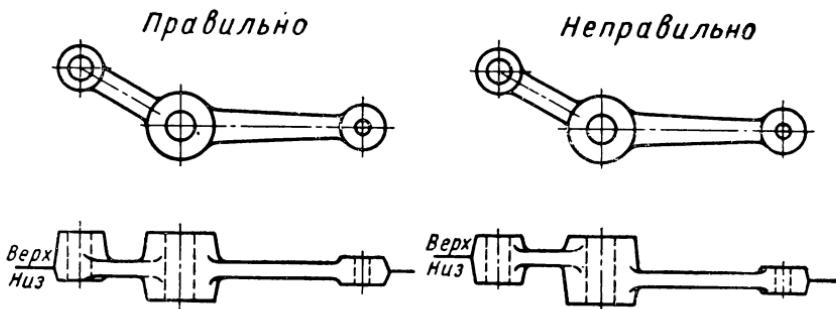


Рис. 146

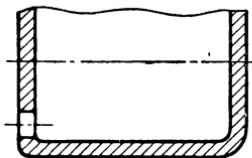
ней поверхности в тело детали на величину припуска 3 и снятие выступа 2 над корытом, а также углубление его в тело детали на величину припуска 4 создали условия для свободного выема модели из формы. Изменение конструкции позволило также уменьшить число стержней, оформляющих корыто, и отъемных частей на модели, предназначенных для выполнения внешнего контура круговой направляющей [5].

Следует избегать применения отъемных частей не только на внешних поверхностях моделей, но и на внутренних поверхностях стержневых ящиков. Конструкции отливок, позволяющие избежать применения отъемных частей в

стержневом ящике, показаны на рис. 150, б. Отливки (рис. 150, а) невозмож но изготовить без применения отъемных частей.

Кольцевая канавка  $R$  3 стальной ступицы тракторной сеялки (рис. 151, а) при изготовлении стержня для образования внутренней поверхности детали

*Правильно*



*Неправильно*

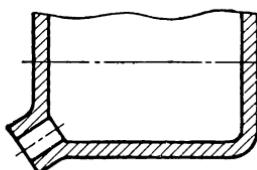
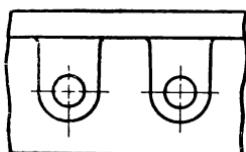


Рис. 147

требует применения в стержневом ящике двух отъемных полуколец. Если убрать эту канавку (рис. 151, б), отпадет необходимость в отъемных полукольцах, повысится производительность труда при изготовлении стержня.

*Правильно*



*Неправильно*

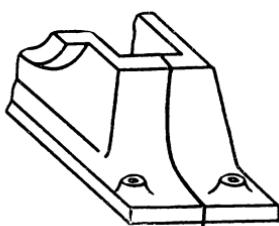
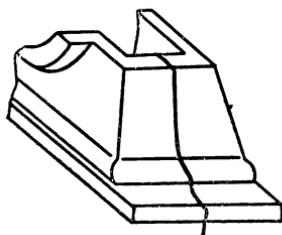
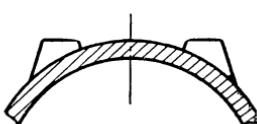
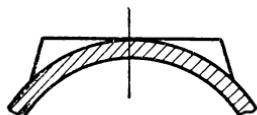
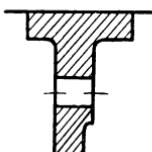


Рис. 148

Для сокращения количества стержней необходимо нависающие над стенкой приливы продлевать на всю высоту стенки (см. стр. 114), внутренние бортики, приливы, бобышки переносить на наружные стенки детали (см. стр. 117):

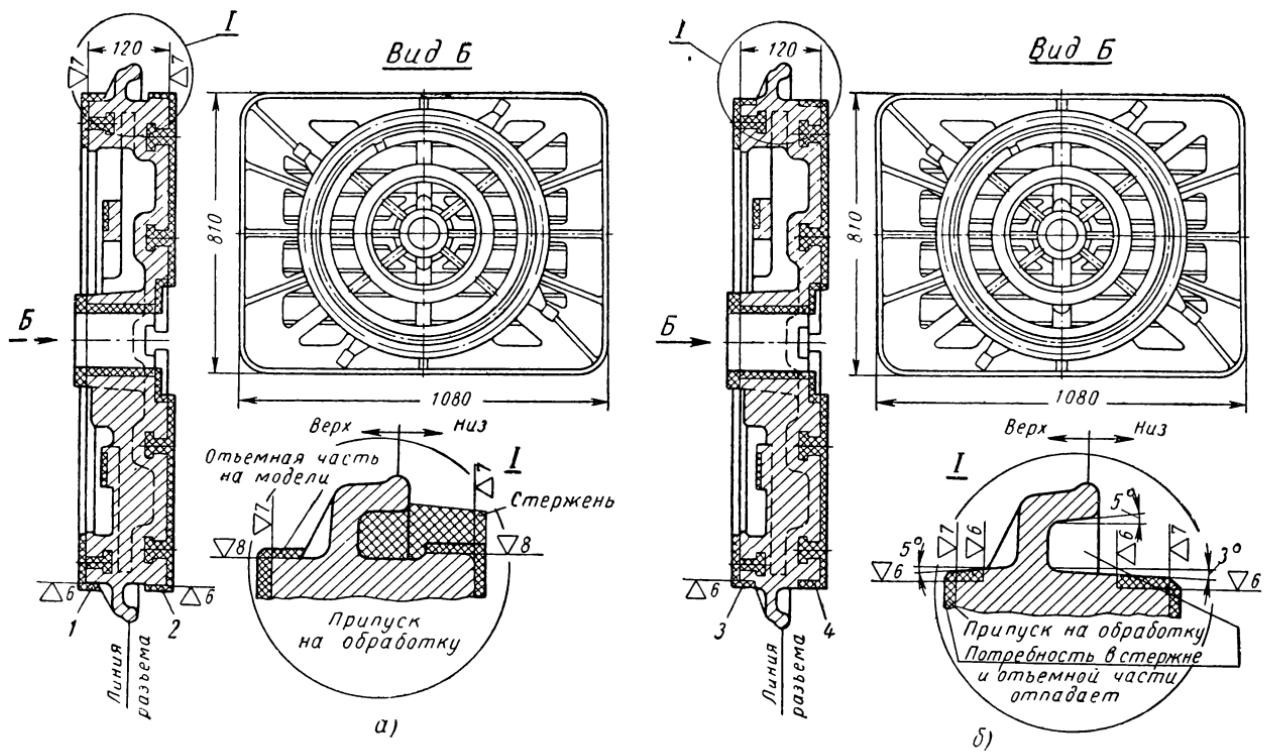


Рис. 149

неизбежным поднутрениям придавать простейшую конфигурацию, а коробчатые сечения по возможности заменять ребристыми. Например, первоначальная конструкция стойки круглошлифовального станка имела коробчатую конструкцию с полуоткрытыми внутренними полостями (рис. 152, а); выполнение последних требовало обязательного применения стержней. В «ребристом» исполнении использование стержней исключено (рис. 152, б). Примеры конструирования деталей с учетом замены стержней земляными болванами или упрощения конфигурации стержней приведены на рис. 153. Конструкции, приведенные на рис. 153, б, г, более рациональны, чем на рис. 153, а, в.

Если применение стержней неизбежно, следует конфигурацию их упрощать или унифицировать с целью изготовления их по одному стержневому ящику (рис. 154).

Например, станина плоскошлифовального станка (рис. 155, а) в нижней внутренней полости имела семь отсеков разного размера. Разбивка нижней внутренней полости станины на шесть одинаковых по размеру и конфигурации

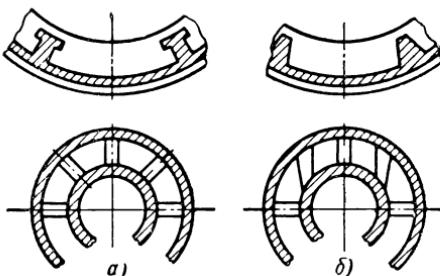


Рис. 150

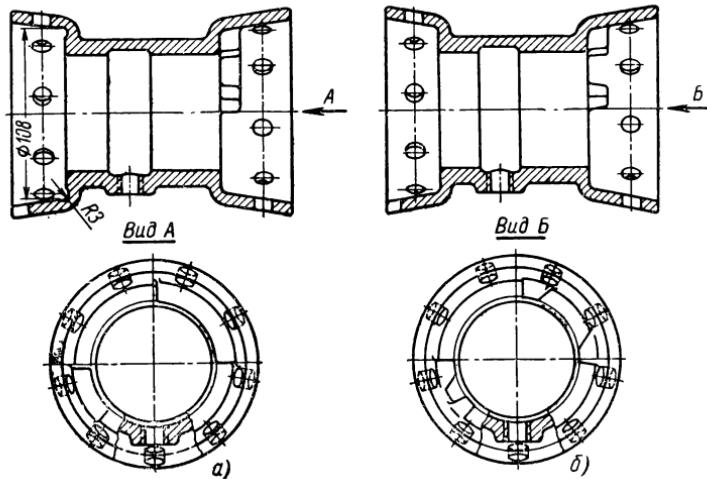
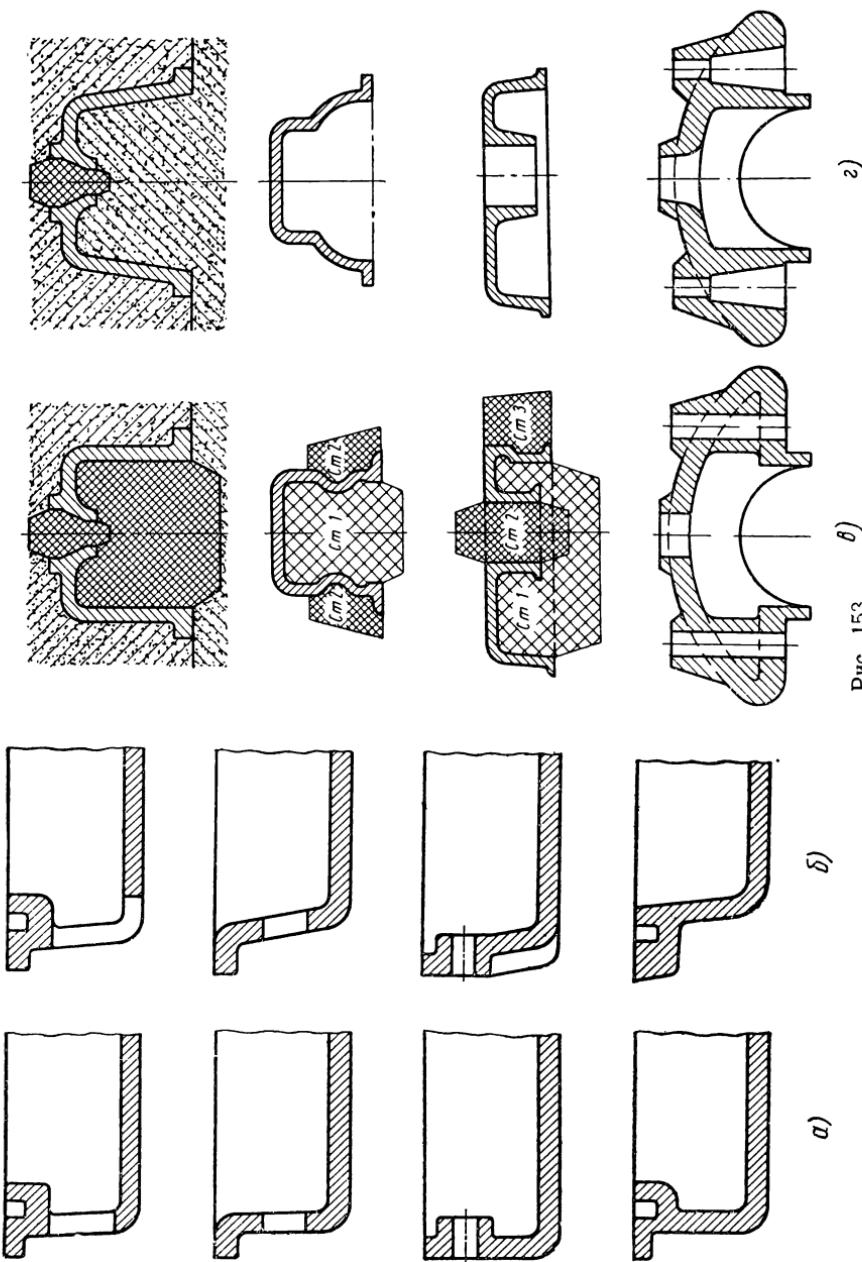


Рис. 151

камер (рис. 155, б) дала возможность все стержни изготавливать по одному стержневому ящику.

При конструировании отливок, требующих обязательного применения стержней, следует обеспечивать:

- надежность установки стержней в форме по возможности без жеребеек и без подвешивания в верхней части формы;
- простоту и надежность отвода газов из стержня;



жесткость стержня (применяя соответствующие каркасы при изготовлении);  
возможность легкого удаления из отливок стержней и каркасов.

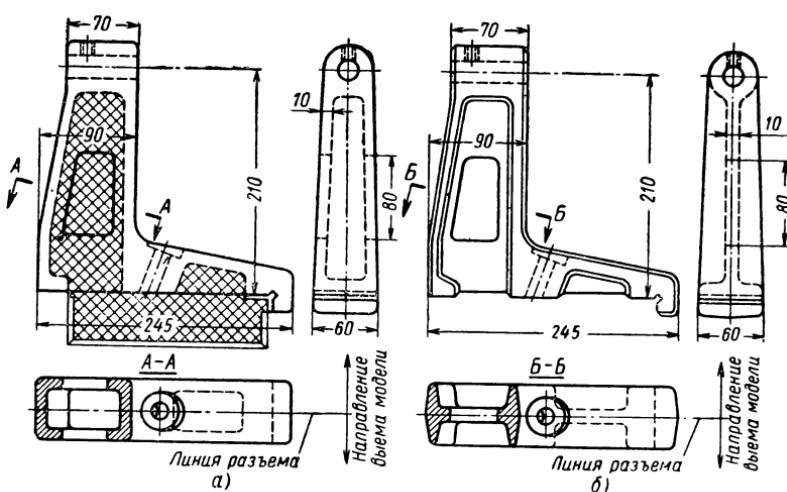


Рис. 152

Пример упрочнения стержня приведен на рис. 156.

Шарнир (рис. 156, а) из ковкого чугуна КЧ 33-8 имел глухое отверстие небольшого диаметра ( $\varnothing 10$ ), исключающего возможность простановки стерж-

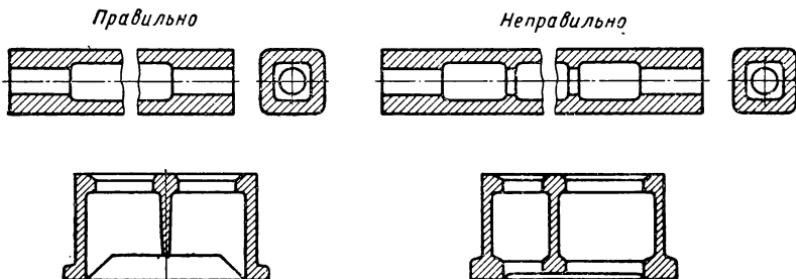


Рис. 154

ния под резьбовое отверстие (M14). Поэтому хвостовая часть детали отливалась сплошной, в ней образовывались усадочные раковины. Введение окон (рис. 156, б) обеспечило возможность простановки стержня, сделало деталь равностепенной, брак был устранен. Одновременно сократились вес детали и объем механической обработки.

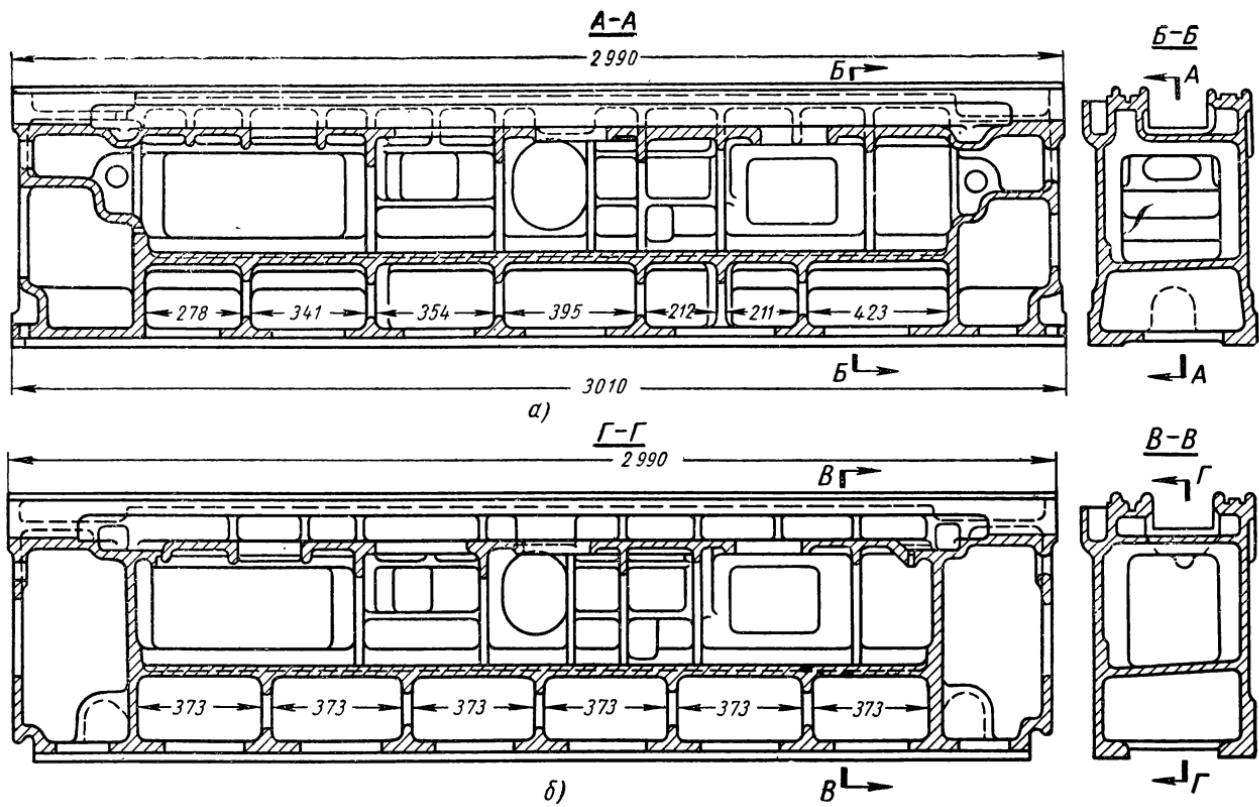


Рис. 155

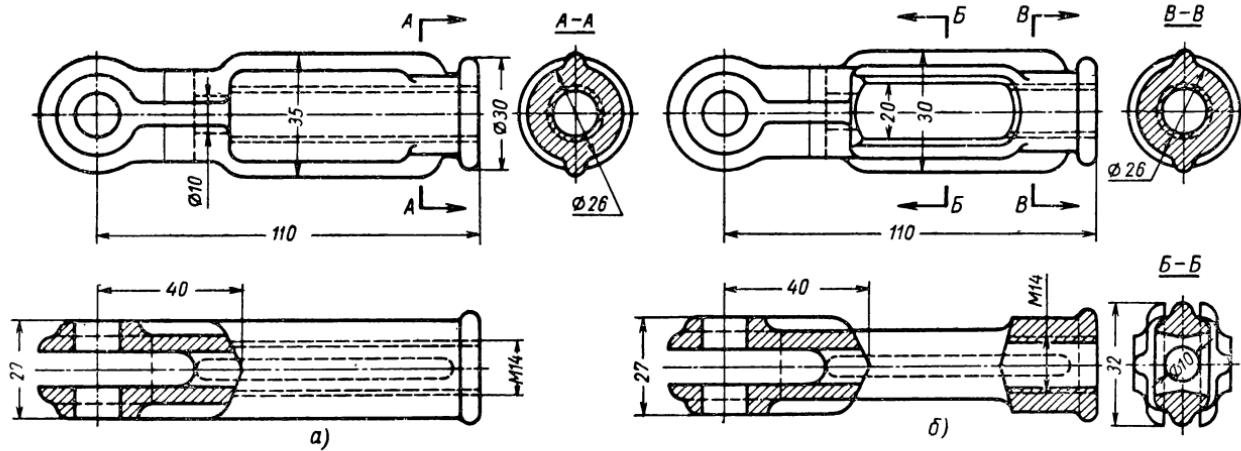


Рис. 156

## СОКРАЩЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРУБКИ И ОЧИСТКИ

Стоимость операций обрубки и очистки обычно колеблется в пределах 10—20% общей стоимости литья; трудоемкость их по чугунному литью составляет до 20%, а по стальному до 25% от общей трудоемкости и изготовления литых заготовок. Кроме того, очистные и обрубные работы по условиям труда являются наиболее вредными. Поэтому при конструировании литой детали необходимо в максимальной степени предусматривать удобство, легкость, экономичность их обрубки и очистки.

При конструировании деталей необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Все наружные и внутренние поверхности должны быть удобны и доступны для обрубки и зачистки заливов и заусенцев.

2. Все внутренние полости должны иметь наружные окна (отверстия) для удобства выбивки стержней и извлечения каркасов. Размеры отверстий следует согласовывать с технологом-литейщиком.

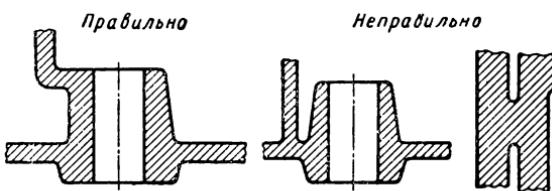


Рис. 157

3. Для удобства промывки детали в гидрокамере рекомендуется во внутренних плоскостях отливок делать по два отверстия для входа струи из гидромонитора и удаления отмытой земли.

4. Следует избегать небольших по размерам полостей, особенно несквозных, окруженных стенками (рис. 157) во избежание заваривания и полного спекания стержня, выполняющего данную полость. Выбивка такого спекшегося и заваренного стержня представляет большие трудности, а остатки пригара приводят к быстрому износу режущего инструмента. Рекомендуется ширину отсека, т. е. толщину стержня, брать не менее трех полусумм толщин окружающих стенок.

5. Удаление стержней и каркасов из сложных отливок с запутанной системой внутренних каналов является очень трудоемкой операцией. В некоторых случаях время удаления стержней превышает время их изготовления. Поэтому отверстия, через которые удаляются стержни, должны быть достаточно велики; по возможности их сечение делают большим, чем сечение стержня. Отверстия должны быть размещены так, чтобы с помощью простых инструментов можно было полностью удалить спекшуюся стержневую смесь из полостей отливки.

Примеры изменения конструкции деталей с целью облегчения удаления стержневой массы показаны на рис. 158.

Конструкция отливки должна обеспечивать легкое удаление заливов, возникающих на поверхности разъема формы и стыка стержней, а также простоту отделения литниковой системы и прибылей.

Детали при конструировании следует придавать такую конфигурацию, чтобы количество, длина и толщина заливов были наименьшими. С этой целью следует придерживаться следующих рекомендаций.

1. Количество и длина заливов тем меньше, чем меньше число разъемов формы и стыков стержней. Следовательно, сокращение числа разъемов формы

и стержней выгодно также и с точки зрения сокращения объема очистных операций.

2. Наиболее целесообразна такая форма детали, при которой заливы образуются на обрабатываемых поверхностях и удаляются вместе со слоем срезаемого металла.

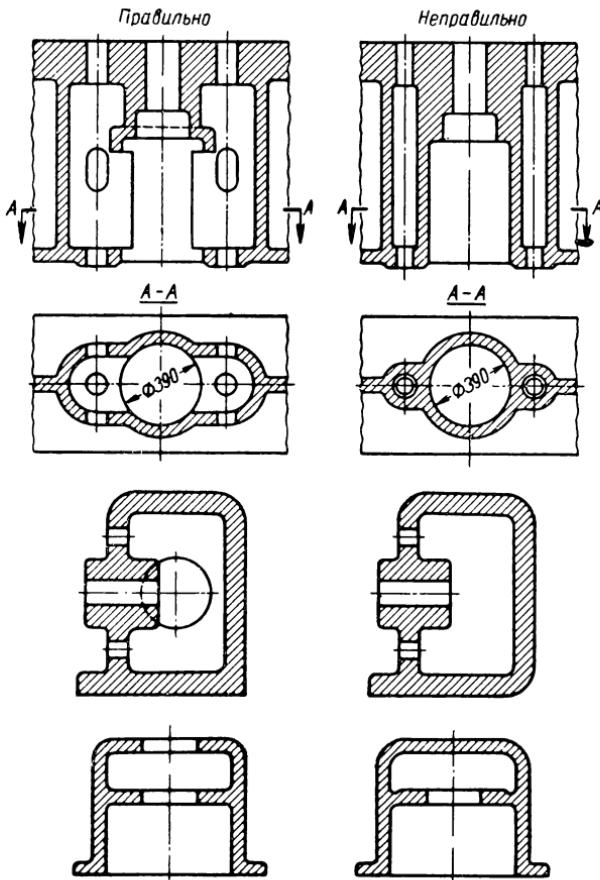


Рис. 158

3. Мелкие отливки, очищаемые в барабане, не должны иметь тонких выступающих частей, так как во время очистки они могут быть сломаны.

4. Удаление литниковой системы упрощается, если она находится в легко доступных местах отливки и имеет небольшое поперечное сечение. Лучше, если литниковая система имеет сечение в форме трапеции или овала. При удалении (отбивке) выпоров и литников необходимо обеспечить сохранность отливки.

5. После удаления прибылей на отливке остается их след, портящий ее внешний вид. Для удаления остатков массивных прибылей применяют ме-

ническую обработку. Поэтому для сокращения трудоемкости стремятся количество и размеры прибылей сократить до минимума;

прибыли разместить так, чтобы их можно было удалить во время одной из операций механической обработки; в этом случае отпадает необходимость в специальной операции по удалению прибылей;

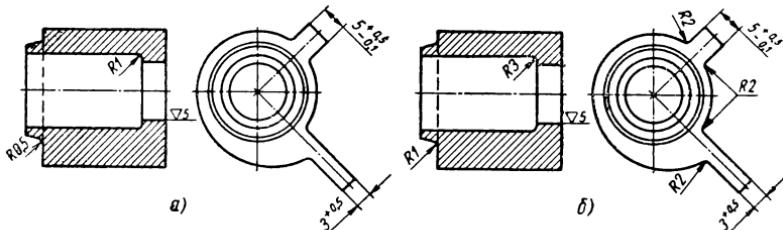


Рис. 159

не размещать прибыли над фигурными частями отливки, так как в этом случае для получения нужного очертания необходима дополнительная ручная обработка мест, лежащих под срезанными прибылями.

Отливки, конструкции которых были изменены с целью уменьшения трудоемкости очистки, показаны на рис. 159 и 160.

Согласно техническим условиям и условиям работы высевающих аппаратов зазоры между наружным контуром муфты (рис. 159) и сопрягаемой де-

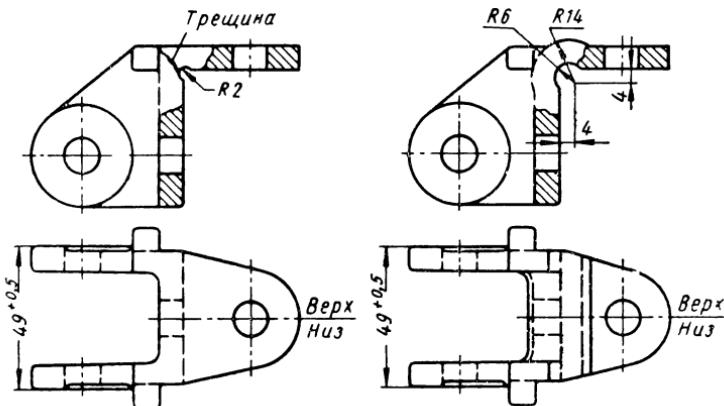


Рис. 160

талью штампованных корпусов высевающего аппарата не должны превышать 0,5 мм.

Муфта, показанная на рис. 159, а, требовала значительных трудовых затрат на зачистку острых углов в сопряжениях выступов размером  $3^{+5}$  и  $5^{+0,5}_{-0,1}$  мм при цилиндрической поверхности детали.

Для сокращения очистных операций и улучшения технологичности в углах сопряжения выступов с цилиндрической поверхностью детали введены радиусы закруглений  $R_2$  (рис. 159, б).

На рис. 160, а приведена конструкция кронштейна рычага, отливаемого из ковкого чугуна. В измененной конструкции (рис. 160, б) сделан плавный переход  $R14$  и оформлена технологическая канавка размером  $R6$ . Эти конструктивные изменения значительно снизили трудовые затраты в обработном отделении [28].

## ДЕТАЛИ, ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ НА СТАНКАХ

Анализ стоимости изготовления литой детали показывает, что стоимость обработки часто превышает стоимость отливки. Поэтому конструктор в сотрудничестве с технологом должен тщательно продумать все операции, начиная от закрепления детали для обработки, кончая сборкой агрегата.

Простота и экономичность механической обработки литых деталей во многом определяются их конструктивным оформлением.

Для достижения этой цели конструкция детали должна обеспечивать:

- уменьшение количества операций во время обработки;

- минимальное время на механическую обработку;

- минимальное вспомогательное время при обработке;

- применение наименьшего количества режущего инструмента, обеспечивая обработку стандартным инструментом;

- необходимую точность и чистоту обрабатываемых поверхностей.

Качество обработки отливки во многом зависит от правильного назначения технологических баз.

При выборе технологических баз следует руководствоваться следующими соображениями:

- базовая поверхность должна обеспечить удобную установку на станок и съем со станка;

- протяженность базовой поверхности должна быть достаточной для обеспечения устойчивого положения детали в процессе обработки;

- деформация детали под действием усилий резания, зажима и собственного веса должна быть минимальной;

- время на установку и обработку детали должно быть возможно меньшим;

- черновые (необрабатываемые) поверхности следует использовать только на первых операциях с целью получения чистовых (обработанных) баз;

- черновыми базами назначают необрабатываемые поверхности, которые должны правильно располагаться относительно обрабатываемых поверхностей; если все поверхности детали подвергают механической обработке, то в качестве черновой базы следует выбирать поверхности с наименьшим припуском;

- соблюдать принцип постоянства баз на различных операциях, если это возможно по условиям обработки детали;

- совмещать технологическую установочную и технологическую измерительную базы со сборочной; это обеспечит получение наименьших погрешностей при обработке и контроле деталей;

- наибольшую точность обработки детали достигают в том случае, когда весь процесс обработки ведут от одной базы с одной установкой, так как каждая новая установка вносит ошибку во взаимное расположение осей поверхностей.

Правильный выбор технологических баз является основой разработки рационального варианта технологического процесса. В зависимости от выбран-

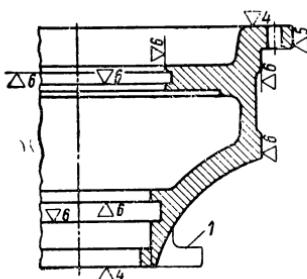


Рис. 161

ных баз могут изменяться методы обработки, конструкции приспособлений и точность обработки.

При конструировании литой детали с учетом последующей механической обработки необходимо использовать следующие рекомендации.

Конструирование с учетом удобства установки отливки для обработки на металлорежущих станках и обмерных операций. Правильное базирование (установка) и закрепление детали на станке в значительной степени определяют точность обработки и величину вспомогательного времени.

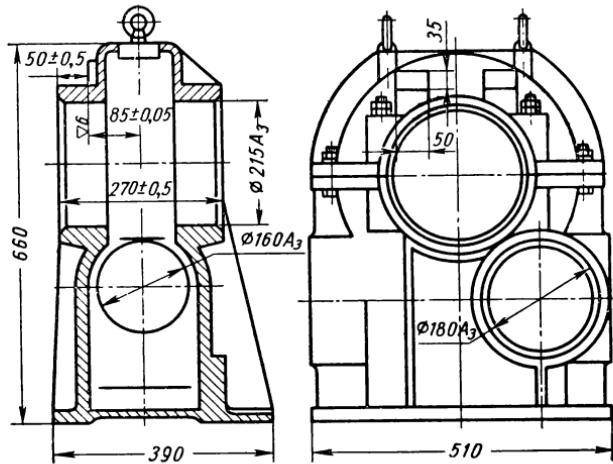


Рис. 162

Поэтому при конструировании литьих деталей следует предусматривать технологические приливы или платики, т. е. вспомогательные технологические базы.

В качестве примера на рис. 161 приведена отливка боковой крышки турбины, у которой предусмотрен временный технологический прилив 1, выполненный в виде фланца. По окончании механической обработки технологический прилив срезают.

При конструировании деталей очень часто приходится предусматривать специальные вспомогательные базовые поверхности. Например, в конструкции корпуса глобоидного редуктора (рис. 162) предусмотрены две вспомогательные технологические базовые поверхности (платики) размером  $35 \times 50$  м.и. По этим платикам устанавливают и выверяют корпус редуктора на столе расточного станка, контролируют подрезку торцов отверстий диаметром  $215A_3$ , поворачивают точно на  $90^\circ$  и ориентируют шпиндель станка по оси детали (размер  $85 \pm 0,05$ ) при расточке отверстий диаметром  $160A_3$  для червяка. В дальнейшем, на эти платики базируются шаблоны для регулировки положения червячного колеса [46].

Кроме технологических установочных баз, конструктор должен предусмотреть измерительные базы для обмерных операций во время обработки детали. Например, на крышке редуктора (рис. 163) по принятой технологии обрабатывают поверхности 1 и 2. После сборки крышки редуктора с корпусом, при установке его на расточку, правильность установки в вертикальной плоско-

сти определяют замером от борштанги до поверхностей 1 и 2. При этом обычно сложная выверка от необработанных поверхностей сводится к нескольким замерам от обработанных (чистовых) баз.

Конструирование с учетом уменьшения количества (унификации) инструмента, применяемого при механи-

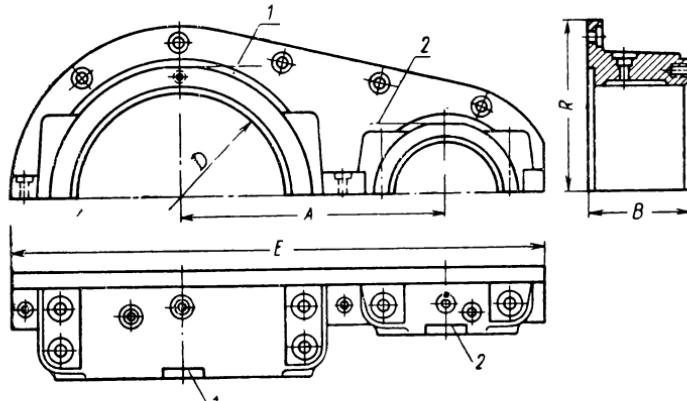


Рис. 163

ческой обработке. Трудоемкость обработки литой детали значительно уменьшается при использовании возможно меньшей номенклатуры инструмента.

Резкое снижение себестоимости продукции получают также в результате замены специального инструмента стандартным или нормализованным, от уменьшения количества оборотного инструмента и приспособлений и от повышения коэффициента их использования.

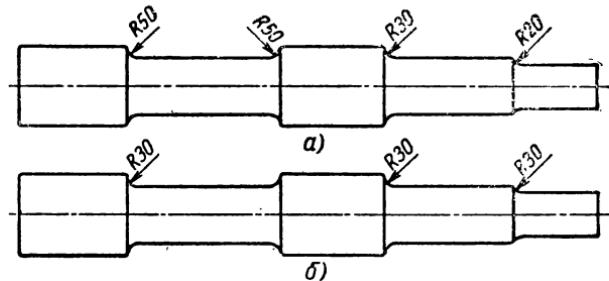


Рис. 164

Пример рациональной конструкции литого вала показан на рис. 164, б.

Радиусы закруглений (галтели) вала первоначальной конструкции (рис. 164, а) нужно было обрабатывать тремя разными резцами с радиусами 20, 30, 50 мм, что увеличивало затрату времени на обработку. В измененной конструкции все закругления выполняют по радиусу 30 мм.

Унификация деталей и их элементов и форм (размеров отверстий, бобышек, платиков и т. д.) значительно повышает производительность труда.

Конструирование с учетом уменьшения количества установок при механической обработке. При конструировании литой детали следует предусмотреть возможно меньшее количество установок отливки во время механической обработки с целью уменьшения трудоемкости обработки.

Примеры улучшения конструкций с целью уменьшения числа установок показаны на рис. 164—168.

Обработка поверхностей 1—8 цилиндра шагающего экскаватора (рис. 165, а) производилась на продольно-строгальном или фрезерном стан-

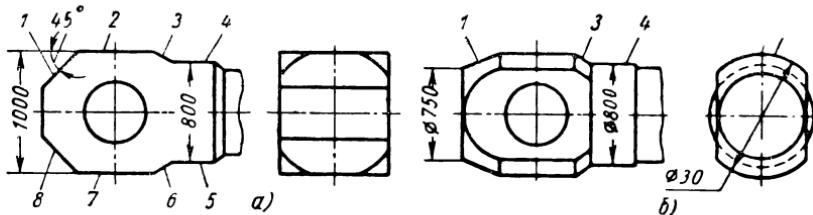


Рис. 165

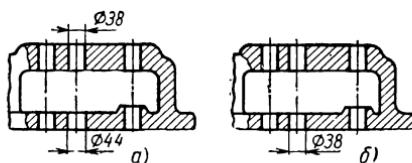


Рис. 166

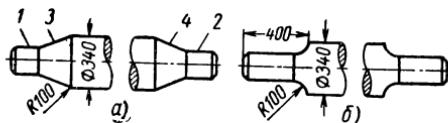


Рис. 167

ках с двух установок. После изменения конструкции (рис. 165, б) поверхности 1—4 обрабатывали уже на токарном станке. Время обработки сократилось на 14 ч.

В рамках роликового транспортера (рис. 166, а) отверстия диаметром 38 и 44 мм сверлили с двух установок. Для установки детали использовали 30-т кран, ожидание крана часто приводило к простоям станка. При значительной серийности производства этих деталей механическая обработка их приводила к большим простоям на участке не только сверлильных, но и других станков. После изменения конструкции (рис. 166, б) время на обработку отверстий с одной установки резко сократилось; были ликвидированы также простой станка.

Поверхности 1 и 2 шпинделя (рис. 167, а) обрабатывались на крупном расточном станке с одной установки, поверхность 3 — с другой и поверхность 4 с третьей установки детали. При выполнении этих операций был загружен 50-т мостовой кран. После изменения конструкции (рис. 167, б) шпиндель стали обрабатывать с двух установок; трудоемкость сократилась на 10 ч.

Для сверления и нарезания отверстий M8 по первоначальной конструкции (рис. 168, а) необходимо было щеку вертлюжного блока скреперной лебелки устанавливать вертикально и крепить к боковой поверхности стола радиально-сверлильного станка. Перенос отверстия M8 в плоскость, совпадающую

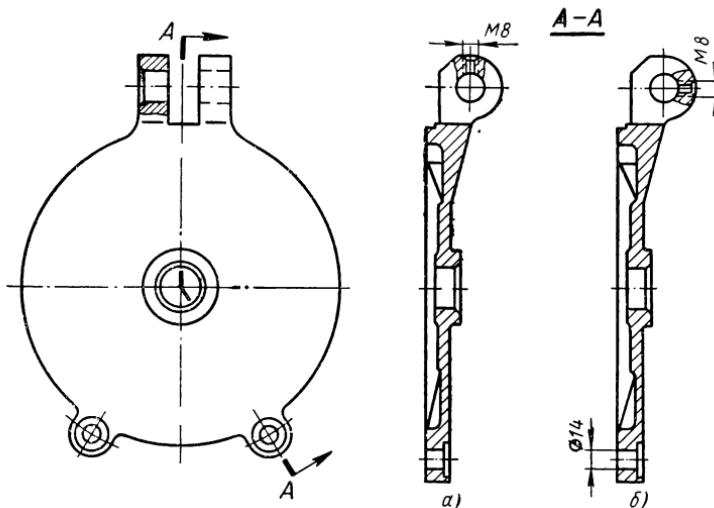


Рис. 168

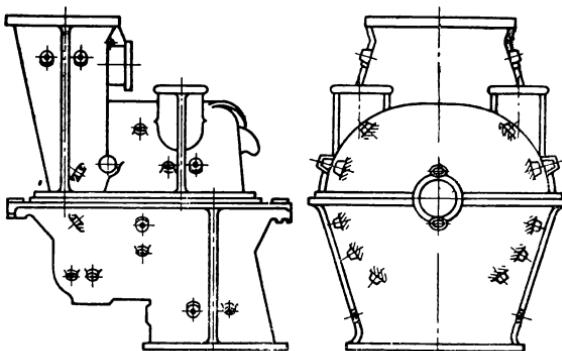


Рис. 169

с плоскостью расположения двух отверстий диаметром 14 мм (рис. 168, б), устранил лишнюю установку, сократил вспомогательное время и значительно упростил конструкцию кондуктора для сверления щеки.

Корпус турбомашины (рис. 169) имеет 28 бобышек и приливы, оси которых расположены перпендикулярно несущим их поверхностям. Установка на станке корпуса весом в несколько тонн занимает длительное время и требует применения подъемных средств. Отношение времени установки к времени крепления и обработки бобышки (сверление, подрезка плоскости и нарезание резьбы) составляет от 5:1 до 19:1.

Для сокращения времени установки и обработки отверстий все оси бобышек и приливов следует расположить параллельно или перпендикулярно главным обрабатываемым поверхностям.

Конструирование с учетом режима резания при механической обработке. При конструировании литой детали следует

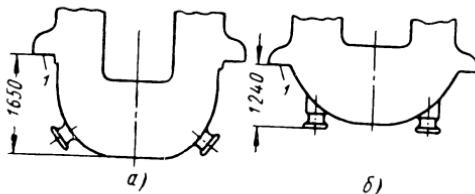


Рис. 170

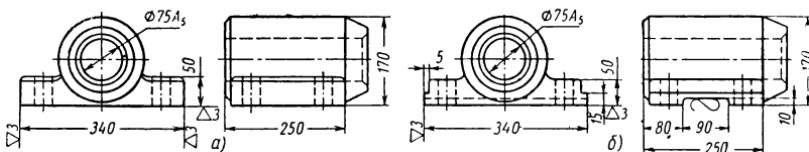


Рис. 171

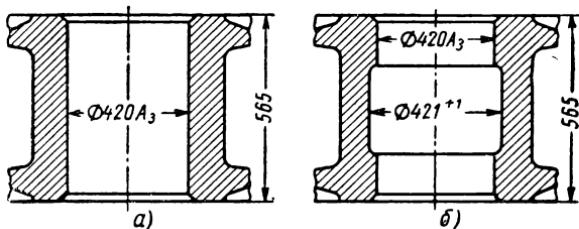


Рис. 172

учитывать возможность повышения режимов резания при механической обработке.

Например, для обработки поверхности 1 лапы станины прокатного стана (рис. 170, а) требовался большой вылет шпинделья фрезерного станка (более 1600 мм), это приводило к низким режимам резания (обработка длилась 75 ч). После изменения конструкции (рис. 170, б) вылет шпинделья уменьшился в 1,3 раза, а норма времени на их обработку сократилась на 25 ч.

Конструирование с учетом уменьшения поверхности обработки. При конструировании литых деталей следует стремиться к уменьшению обрабатываемой поверхности; это достигают признаком деталям таких форм, при которых часть поверхности можно оставить необработанной.

Примеры улучшения конструкций показаны на рис. 171—173.

В подшипнике (рис. 171) опорная плоскость  $340 \times 250$  мм вся подвергалась строжке (рис. 171, а). Торцовые поверхности подшипника также необходимо было строгать на всей высоте подошвы (50 мм), хотя упоры и клинья, прилегающие к этим поверхностям, имеют толщину только 10–15 см.

С целью снижения затрат на механическую обработку сплошная подошва заменена двумя опорными платиками шириной по 80 мм, а высота торцовых

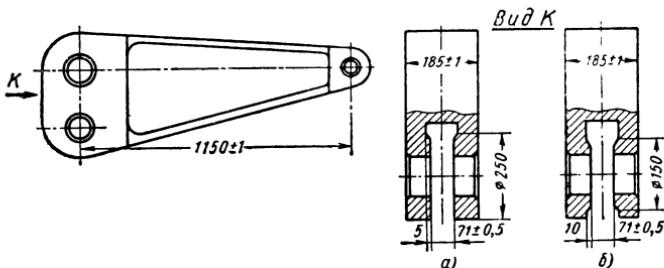


Рис. 173

обрабатываемых поверхностей уменьшена с 50 до 15 мм (рис. 171, б). В результате трудоемкость строгальной операции снизилась на 25%.

Посадочное отверстие диаметром 420 мм в ступице лебедки (рис. 172, а) обрабатывалось по всей длине (565 мм). После введения кольцевой канавки (рис. 172, б) трудоемкость растачивания отверстий сократилась в 2 раза; одновременно улучшилось и качество обработки [46].

В рычаге (рис. 173) торцовые поверхности отверстия диаметром  $100A_3$  в пазу  $71 \pm 0.5$  мм имели диаметр 250 мм, т. е. ширина стружки при подрезке составляла 75 мм (рис. 173, а). Таких широких подрезных резцов завод не имел, поэтому срезали металл за  $\frac{2}{3}$  выдвижения резца; торцовая поверхность после такого способа обработки получалась не плоской, а ступенчатой. Так как для работы узла нет никакой необходимости в такой широкой торцовой поверхности, то прилив диаметром 250 мм был заменен приливом диаметром 150 мм (рис. 173, б). Кроме того, с целью более четкого отделения обрабатываемых поверхностей от черных размер 5 мм увеличен до 10 мм.

В измененной конструкции торцы рычага стали обрабатывать одним нормальным резцом, качество поверхностей значительно улучшилось, сократилось вспомогательное и машинное время.

Конструирование с учетом технологических требований к обрабатываемым поверхностям литых деталей. В конструкциях литых деталей встречаются плоские и фасонные обрабатываемые поверхности. Конфигурация плоских обрабатываемых поверхностей должна обеспечивать равномерный и безударный съем стружки. Ширина обрабатываемых поверхностей должна быть унифицирована в соответствии с нормальным рядом диаметров торцовых фрез или длин вальцовых фрез. В том случае, когда не может быть предусмотрен выход для режущего инструмента, переходная часть плоских обрабатываемых поверхностей должна соответствовать размерам и виду поверхности режущего инструмента (рис. 174).

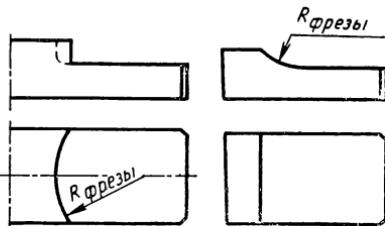


Рис. 174

Радиусы вогнутых и выпуклых фасонных поверхностей литых деталей должны быть увязаны с размерами нормальных полукруглых и вогнутых фрез.

Конструирование с учетом технологических требований к пазам и гнездам литых деталей. При проектировании литых деталей с пазами, подлежащими обработке на металлорежущих станках, следует по возможности предусматривать обработку пазов на проход. Если в конструкции это обеспечить невозможно, переходная часть паза должна соответствовать радиусу фрезы (рис. 175). Глубину и ширину пазов выбирают в соответствии с размерами нормальных пазовых фрез. Радиусы закругления у основания гнезд должны быть одинаковыми по всему периметру (рис. 176) и соответствовать размерам и геометрии нормальных пазовых фрез.

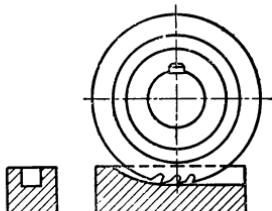


Рис. 175

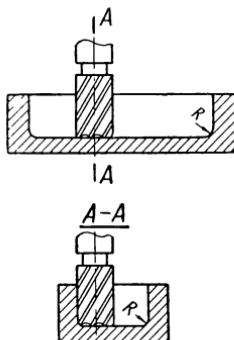


Рис. 176

Конструирование с учетом расстояния между взаимодействующими деталями, а также расстояния между передвигаемыми и врачаемыми деталями и стенками корпусных деталей. При конструировании необходимо проверять размеры деталей на рабочем и сборочном чертежах, для того чтобы добиться совместности деталей.

## 5.2. Минимальные зазоры между взаимодействующими деталями Размеры в мм

Эскиз	Производство	Зазор $a$ при наибольшем габаритном размере корпусной детали				
		До 250	Св. 250 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 2000	Св. 2000
	Серийное	4	6	8	10	12
	Мелкосерийное и индивидуальное	6	10	12	15	18

Рекомендуемые минимальные зазоры между взаимодействующими вращающимися или передвигающимися черными деталями, а также между ними и черными стенками корпусных деталей приведены в табл. 52.

Если величины зазоров, приведенные в табл. 52, необходимо уменьшить, то на чертежах деталей следует сделать оговорку о необходимости проведения проверки резом или подвергать механической обработке места, где детали наиболее близко подходят одна к другой; с этой целью на чертежах следует поставить размер  $a$  и сделаться надпись: «Проверить при механической обработке».

Конструирование с учетом расстояния между взаимодействующими деталями следует увязывать с техникой безопасности. Во избежание несчастных случаев промежутки между подвижными частями машин берут не менее:

30 мм в местах, куда может попасть палец рабочего;

120 мм в местах, куда может попасть рука рабочего;

350 мм в местах, куда может попасть голова или корпус рабочего.

Конструирование литьих деталей со сверлеными отверстиями. При конструировании литьих деталей со сверлеными отверстиями руководствуются следующими рекомендациями:

1. Диаметры отверстий назначать в соответствии с размерами стандартных сверл (ГОСТ 885—64).

2. Расстояния между отверстиями назначать с учетом возможности применения многошпиндельных сверлильных головок.

3. Расположение и размеры отверстий во фланцах следует унифицировать в целях применения многошпиндельных головок.

4. Количество отверстий во фланцах выбирать таким, чтобы можно было сверлить их нормальной трех- или четырехшпиндельной головкой с последовательным поворотом.

5. При сверлении входная и выходная поверхности, во избежание поломки сверл, должны быть перпендикулярными к оси отверстия (допустимое отклонение не более 10—15°). При сверлении наклонной поверхности предусматривать специальную выемку или бонку для входа сверла.

Примеры неправильного и правильного конструирования приведены на рис. 177—179.

6. При конструировании детали должно быть обеспечено удобство врезания инструмента. В конструкции корпуса редуктора ПД-150 (рис. 180, а) при сверлении отверстий диаметром 65 мм сверло выходило на наклонную стенку и от односторонней нагрузки часто ломалось. В измененной конструкции на месте выхода сверла добавили бонку (рис. 180, б), преждевременный выход из строя сверл прекратился.

7. Длину сверленых отверстий следует делать возможно меньшей, так как для длинных отверстий требуются специальные сверла, уменьшается точность

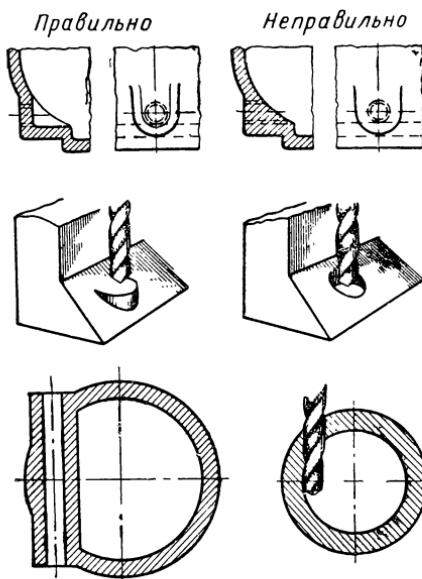


Рис. 177

расположения и направления, а повторные выводы сверл для удаления стружки увеличивают время обработки. Длина отверстия не должна превышать пяти его диаметров. При большей длине применяют специальные сверла или отверстие делают ступенчатым (рис. 181).

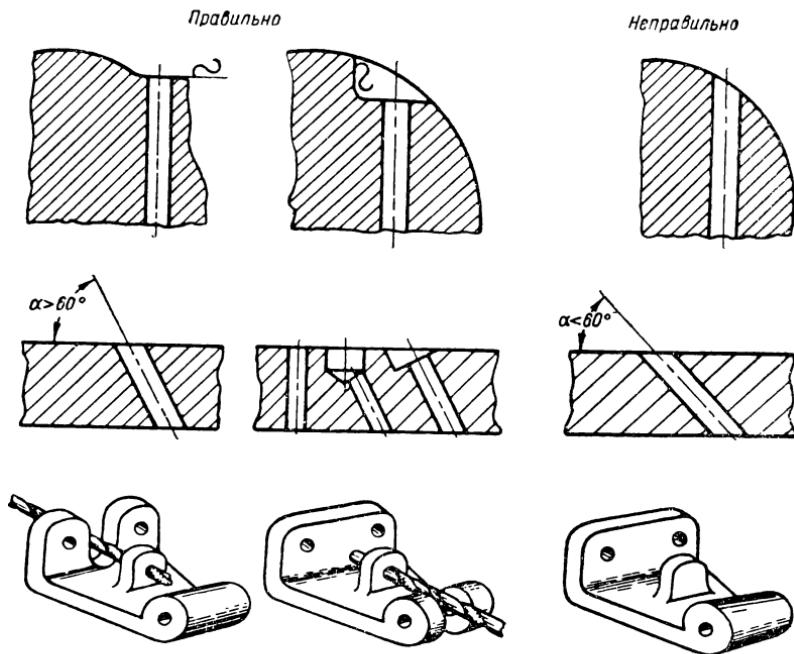


Рис. 178

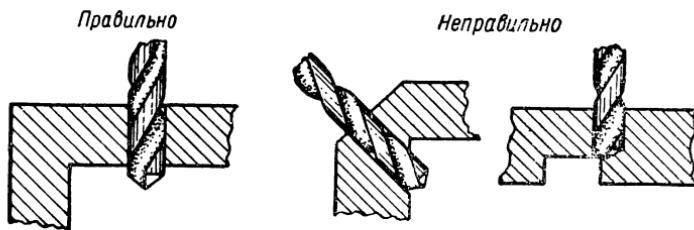


Рис. 179

Для сверления удаленных отверстий, не доступных обработке стандартными сверлами, следует пользоваться нормальми машиностроения с МН 5565-64 по МН 5568-64 «Сверла спиральные большой длины».

При сверлении отверстия малого диаметра (например, для масла) следует избегать глубоких сверлений.

Если глубокое сверление малого диаметра необходимо, то для упрощения операции обработки можно несколько увеличить его диаметр, но затем вставить в отверстие стержень (рис. 182).

8. При расположении нескольких отверстий на одной оси рекомендуется с целью одновременной обработки последовательно уменьшать размеры от-

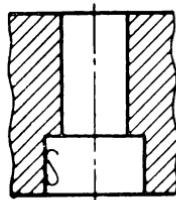
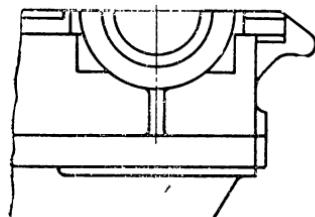


Рис. 181

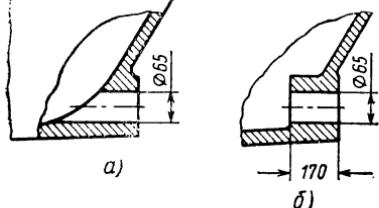


Рис. 180

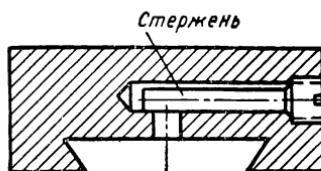


Рис. 182

верстий на величину, превышающую припуск на обработку предшествующего отверстия (рис. 183)

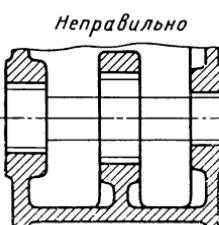
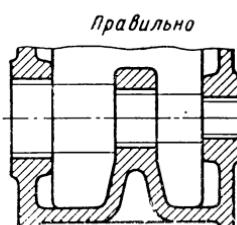


Рис. 183

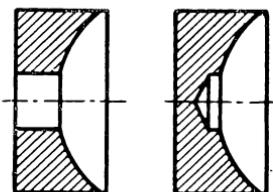


Рис. 184

9. При сверлении отверстий в пазах их диаметры следует назначать меньше ширины пазов на 0,5—1 мм.

10. При ступенчатых отверстиях наибольшую точность назначать для сквозной ступени.

11. Конструкция вогнутой сферической поверхности должна предусматривать сквозное или глухое отверстие, чтобы при обработке ее не было нулевых скоростей резания (рис. 184).

12. В отверстиях, обрабатываемых на сверлильных и агрегатных станках, следует избегать канавок и механически обрабатываемых выточек, так как

они усложняют обработку, предусматривая взамен их литые поверхности (рис. 185).

13. По возможности следует предусматривать не глухие, а сквозные отверстия, так как обработка их значительно легче (рис. 186).

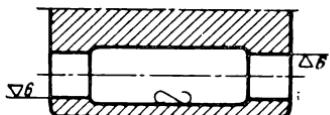


Рис. 185

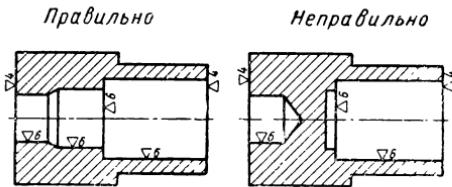


Рис. 186

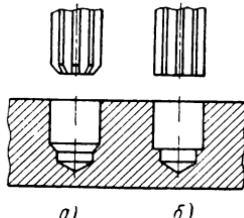


Рис. 187

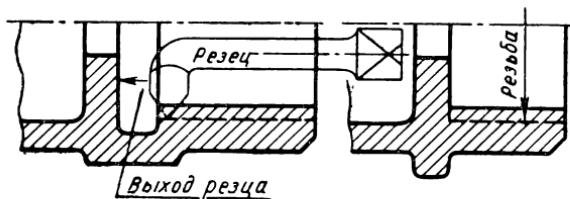


Рис. 188

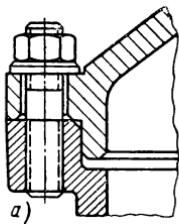


Рис. 189

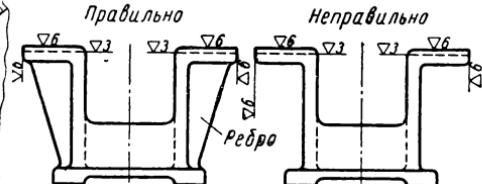


Рис. 190

14. Конфигурация глухих отверстий должна быть увязана с конструкцией применяемого осевого инструмента, например, развертки (рис. 187, а) или зенкера (рис. 187, б).

15. Для изготовления внутренней резьбы в отливках предусматривают цилиндрические заточки или углубления для выхода резца (рис. 188).

16. Подгонку сопрягаемых деталей следует производить только по одной поверхности (рис. 189, а), так как одновременная подгонка по нескольким поверхностям — крайне трудоемкая операция (рис. 189, б).

17. Жесткость детали должна быть достаточной для механической обработки (рис. 190).

## ЭКОНОМИЯ МЕТАЛЛА

Стоимость литой детали определяется не только технологическим процессом ее изготовления, но и стоимостью металла. Экономичное расходование металла приобретает особое значение при изготовлении литой детали из дорогих сплавов (легированных сталей, оловянной бронзы и т. д.) и при сложной литниковой системе большого веса.

Экономия металла должна отражаться прежде всего в конструкции детали. Неэкономный расход металла характерен для так называемых «второстепенных деталей», которые обычно не подвергают расчету на прочность.

Многие литые чугунные детали работают с очень низкими напряжениями, так как при их конструировании в целях создания определенной надежности расчет на прочность заменяют непомерным увеличением толщины стенок. Это приводит не только к увеличению веса детали, но и к увеличению трудоемкости их обработки в механических цехах, увеличению отходов в виде стружки, возрастанию стоимости детали и в целом машины.

Например, у блока дизель-мотора мощностью 100 л. с. трактора ЧТЗ минимальная толщина стенок 9 мм, а некоторые стенки в зависимости от конфигурации детали имеют и большую толщину. Всасывающие и выхлопные трубы дизель-мотора выполняют с минимальной толщиной стенок 6—7 мм. Картин блока (поддон) имеет толщину стенок 8 мм, а картер коробки передач 7 мм и больше. Блок двигателя и картер коробки передач можно отнести к нагруженным деталям, поэтому приведенные выше толщины их стенок оправданы соображениями прочности, но толщины стенок выхлопных труб и картера блока явно завышены. По нормам, принятым на ЧТЗ, для стенок литых деталей толщиной 6—10 мм допускаются отклонения от нормального размера от +2 до —1,5 мм, т. е. в сумме до 3,5 мм. Следовательно, если стенка имеет толщину 7 мм, то отклонение этой величины вследствие особенностей производства могут достигать 50%. Условия производства отливок при этом облегчаются, но порождаются неоправданно тяжелые детали, увеличивающие вес машины.

В конструкции пусковой рукоятки пускового двигателя того же трактора имеется литой чугунный кронштейн, на котором установлен валик пусковой рукоятки.

Расчеты на прочность показали, что кронштейн сконструирован с 40—50-кратным запасом прочности [4].

Конструкции стальных литых деталей также часто работают в условиях очень низких напряжений. Например, проверочный расчет передней опоры тракторного двигателя КДМ-46 мощностью 80 л. с. показал, что в наиболее напряженном месте имеется 15—17-кратный запас прочности. Переднюю опору при нормальном качестве отливки и соблюдении равнопрочности можно делать в 2—3 раза легче. По данным НАТИ, отечественные тракторы по сравнению с зарубежными имеют большую удельную металлоемкость: при исчислении по тяговой мощности разница составляет 10—20%, при исчислении по мощности двигателя — 20—30%. Задача состоит в том, чтобы в ближайшее время удельную металлоемкость тракторов довести до лучших образцов зарубежных машин (у колесных тракторов 55—60 кГ/л. с., у гусеничных 80—90 кГ/л. с.).

Металлоемкость можно снизить конструктивными и технологическими мероприятиями, направленными на создание наиболее облегченных деталей и узлов, на повышение их мощности.

Предварительные подсчеты показывают, что при проведении конструктивных и технологических мероприятий можно снизить вес трактора в зависимости от его мощности на 30—100 кГ; при пересчете на программу 1965 г. это может дать экономию 30—40 тыс. т металла.

Аналогичные детали нерациональной конструкции имеются в различных машинах, станках и оборудовании многих отраслей промышленности. Все это

приводит к неоправданному увеличению расхода металла на изготовление отливок и потерь при механической обработке.

При конструировании можно использовать следующие пути снижения металлоемкости деталей.

Применение более совершенных принципов конструирования машин. Резко повысить коэффициент использования металла и снизить стоимость изготовления изделий позволяют облегченные конструкции машин, станков и других изделий. Кроме того, необходимо стремиться к замене сборных конструкций цельнолитыми деталями, металлических деталей—деталями из пластмасс, легких сплавов и штампованными из листовой стали.

Большое значение для уменьшения веса литых деталей имеет взаимное расположение, монтаж отдельных узлов и деталей машин.

На рис. 191 контурной и штрих-пунктирной линиями изображены два 20-т пресса для прошивки отверстий. Благодаря перестановке двигателя и насоса

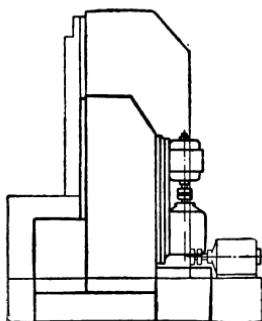


Рис. 191

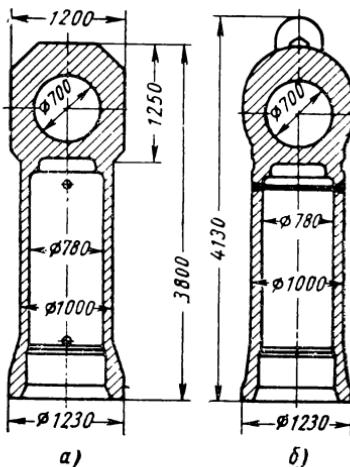


Рис. 192

и другим конструктивным изменениям значительно уменьшены размеры пресса и почти на половину сокращен вес отливок (с 9,5 до 5 т). Значительная экономия металла была достигнута при изготовлении гидравлического цилиндра шагающего экскаватора (рис. 192).

Гидравлический цилиндр изготавливали цельнокованым. Технология ковки не позволяла получить пустотелый цилиндр, поэтому после ковки внутреннюю полость высверливали (рис. 192, а). Для получения цилиндра весом 13,5 т использовали слиток весом 54 т. В дальнейшем головку цилиндра начали отливать, а к ней приваривать цилиндрическую трубу, получаемую из тонкостенной поковки (рис. 192, б).

Рациональное использование металла в отливке. Одной из наиболее важных предпосылок получения высококачественной облегченной отливки является правильное распределение металла в конструкции, обеспечивающее наилучшее соотношение между весом и прочностью.

В случае неравномерной нагрузки во время эксплуатации, применение отливки с равными толщинами стенок нерационально. Примером может служить рессорный балансир (рис. 193), где нагрузка прилагается на концах и в центре; максимальные напряжения возникают в центре отливки, поэтому только для этого сечения необходимо предусмотреть максимальную толщину.

Уменьшать концентрацию напряжений можно за счет незначительных из-

менений конструкций, предусматривая большие радиусы, более толстые сечения в необходимых местах, ребра и бобышки.

Снижение веса детали возможно за счет устранения слабонагруженного или неработающего металла. Примером может служить конструкция сектора токарно-винторезного станка (рис. 194).

В первоначальном варианте сектор весил 1,02 кГ (рис. 194, а), в измененной конструкции вес уменьшился на 0,223 кГ (рис. 194, б).

Экономия металла может быть достигнута посредством увеличения площади окон, об разования выемок и уменьшения толщины стенок. Примеры уменьшения веса отливок по

казаны на рис. 195. Веса кронштейна шатуна плуга ПН-2-30 (рис. 195, а), кронштейна подшипника плуга ПН-2-30 (рис. 195, б), призмы культиватора КРН-4,2 (рис. 195, в) снижены на 30—35% без ухудшения их качества. Детали



Рис. 193

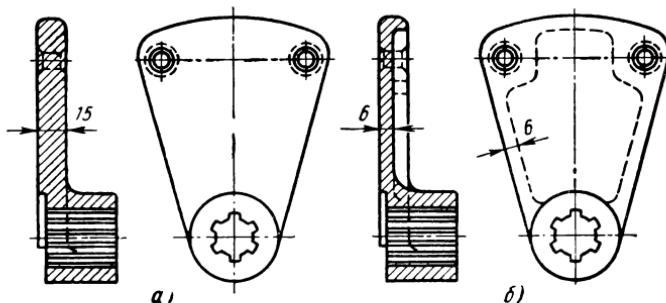


Рис. 194

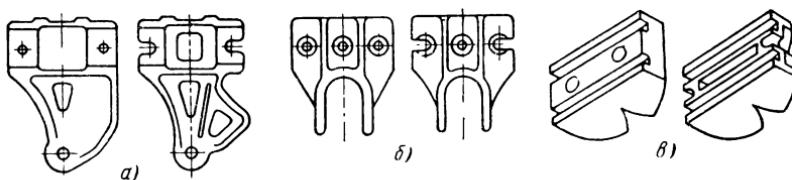


Рис. 195

типа секторов, рычагов, вилок, фланцев, дисков и многие другие, имеющие сплошные толстые стенки, с успехом могут быть заменены деталями с уплотненными стенками с невысокими тонкими ребрами жесткости.

Вес деталей типа крышек, фланцев, коробок, станин, тумб, корпусов, где в конструкции предусмотрены сплошные широкие борта под сверление отверстий для крепления (рис. 196, а), следует снижать за счет изменения формы или уменьшения ширины бортов. Вокруг отверстий могут быть прилиты бобышки, диаметр и высота которых равны прежнему сплошному борту (рис.

196, б). Если деталь обладает достаточной прочностью и допускаются пропускы между сопряженными поверхностями, а также смещения отверстий относительно бобышек, то бобышки можно выполнять изолированными.

Экономия металла при изготовлении многих массивных деталей типа шкивов, ступиц, барабанов и фланцев возможна за счет уменьшения объема металла со стороны центровых отверстий, выполняемых стержнями. В этом случае обрабатываемые части отверстия прерываются на отдельных участках черными кольцевыми карманами, увеличивая диаметр отверстия.

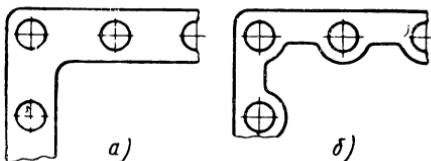


Рис. 196

Значительная экономия металла и уменьшение веса деталей возможны при уменьшении размера нижних опорных буртов и лап крупных и средних базовых деталей типа станин, колонн, оснований, стоек. Двусторонние бурты при возможности следует заменять односторонними. Целесообразно приливать бурты не по всему периметру детали, а только на отдельных поверхностях, где они действительно необходимы.

Применение более дешевых литьевых сплавов. Дорогостоящий металл детали можно заменить более дешевым полностью или частично. В первую очередь заменяют стальные детали отливками из высокопрочного, модифицированного или армированного чугунов, дефицитные цветные металлы — черными, обычные серые чугуны — модифицированными с шаровидным графитом. Частичная замена предусматривает использование спе-

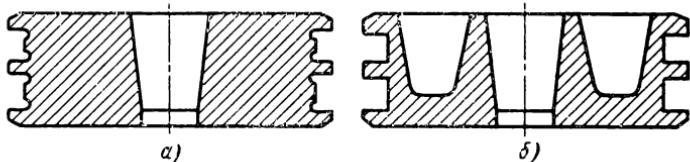


Рис. 197

циальных свойств дорогостоящего металла только в тех элементах, где эти свойства действительно необходимы; остальная часть отливки может быть изготовлена из более дешевого материала.

Например, латунный поршень гидроцилиндра отливают сплошным, без выемок (рис. 197, а); без ущерба для прочности конструкцию поршня изменили (рис. 197, б), в результате получили экономию латуни 2 кГ на каждом изделии.

В червячных редукторах лебедок типа МКБУ колесо обычно выполняли составным — чугунная ступица и бронзовый венец. В первоначальной конструкции (рис. 198, а) венец крепили шестью чистовыми болтами М16, для этого его выполняли с кольцевым ребром шириной 55 мм. При такой конструкции объем механической обработки был значительным. Венцы отливали по одному в форме.

В измененной конструкции венец устанавливают на ступицу по посадке  $A_3$   $P_{p13}$  и стопорят шестью винтами (рис. 198, б). Простая форма венца позволяет отливать заготовку одновременно на две-три детали, при этом значительно меньше расходуется бронзы на прибыльные части отливки. Трудоем-

кость обработки редуктора уменьшилась на 2 нормо-часа, и снизился расход бронзы на каждом венце на 2,6 кг.

Аналогично этому можно уменьшать расход легированной стали на зубчатые колеса (рис. 199).

Применение низколегированных сталей взамен углеродистых, не снижая прочности деталей, дает возможность снизить вес стального литья на 10—15%. Это объясняется более высокими (на 15—20% по сравнению с углеродистыми сталью) механическими свойствами низколегированных сталей.

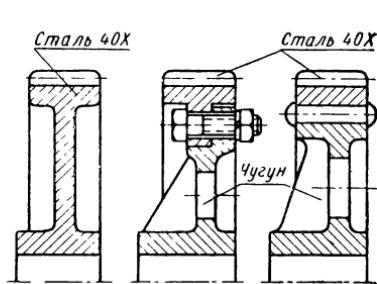
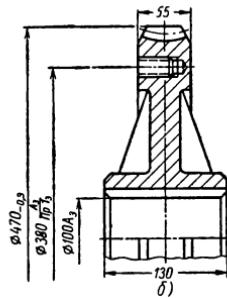
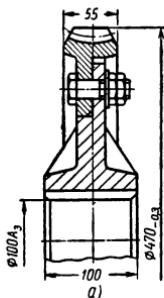


Рис. 198

Рис. 199

Прочность модифицированных и высокопрочных чугунов в 2—3 и более раза выше, чем серых. Поэтому замена серых чугунов более прочными позволяет значительно уменьшить толщину стенок сильно нагруженных массивных деталей. Значительную экономию получают также при замене стальных

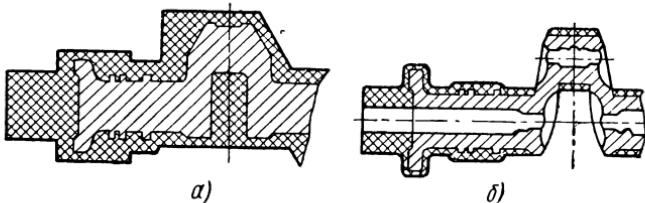


Рис. 200

поковок литыми деталями из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Примером может служить коленчатый вал шестицилиндрового дизеля мощностью 600 л. с. Вал отливали из высокопрочного чугуна с перлитной структурой металлической основы (рис. 200, а). На отливку израсходовали 4 т жидкого чугуна; при механической обработке снимали только 400 кГ стружки, так как все поверхности, кроме рабочих шеек, были оставлены в черном виде. В целях снижения веса конструкцию вала изменили, шейки начали отливать полыми (рис. 200, б), в местах перехода шеек к шекам были предусмотрены выемки, создавшие более равномерное распределение напряжений. Вес отливки составил 2100 кГ, чистый вес 1700 кГ.

Для стального кованого вала конструкции, показанной на рис. 200, а, потребовался бы слиток весом 12 т (вес поковки вала 6300 кГ) при чистом весе вала 1900 кГ, в стружку уходило бы более 4 т.

Следовательно, только на одном двигателе замена кованого вала литым из высокопрочного чугуна дала экономию 4200 кГ металла. Себестоимость изготовления литого вала в 3—4 раза меньше кованого. Замена стальных кованых коленчатых валов литыми, помимо экономии металла, увеличила долговечность машины, обеспечила резкое сокращение потерь в производстве, ускорила цикл производства и снизила трудоемкость изготовления двигателей.

Показательно сопоставление некоторых технологических и технических данных по коленчатым валам завода им. Малышева, приведенных в табл. 53.

53. Технические данные литых и кованых коленчатых валов

Номер вала	Мощность в л. с.	Чистый вес в кГ	Вес заготовки в кГ	Вес литьников в кГ	Вес прибыли в кГ	Вес технологических сливков в кГ	Расход жидкого металла в кГ	Расход металла на 1 т окончательно обработанного вала в т	Коэффициент использования металла, в %	Цикл изготовления	Трудоемкость в нормо-часах
Д100.05.001 (10 колен)	2000	1065	1395	50	425	370	2240	1,1	47,5	От отливки до готового вала 20 дней	380
Д100.05.002 (10 колен)	2000	1015	1315	50	425	370	2160	1,13	47,0		380
Д50.05.001 (6 колен)	1000	1800	6000	—	—	—	10000	4,55	18,0	От слитка до готового вала 1,5 месяца	1540

Коэффициент использования металла в литых чугунных коленчатых валах почти в 3 раза выше, чем в стальных кованых. Цикл изготовления сокращается более чем в 2 раза, а трудоемкость изготовления в 4 раза.

#### Проверка резцом

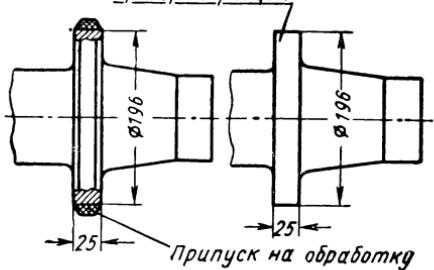


Рис. 201

моста (рис. 201) обеспечила заводу годовую экономию 57 т ковкого чугуна и значительно сократила механическую обработку детали.

Экономия металла может быть получена и при правильном конструктивном положении охладительных ребер в отливке. Так, в первоначальной конструкции крышки блока цилиндров компрессора охладительные ребра распо-

ложены в виде плавающих блоков, что усложняет конструкцию и снижает ее прочность. Уменьшение технологических припусков и припусков на механическую обработку. Конструирование отливок с учетом механической обработки изложено ранее, поэтому здесь приведено лишь несколько примеров конструирования отливок с уменьшенными припусками на обработку. В ряде случаев возможно полностью ликвидировать припуски на обработку. Например, ликвидация припуска на обработку по диаметру фланцев картера заднего

лагались перпендикулярно оси цилиндров (рис. 202, а). В измененной конструкции они располагаются параллельно оси цилиндров (рис. 202, б).

Такое изменение дало экономию на единицу продукции 0,10 кГ, а на 1000 отливок 100 кГ.

Повышение прочности, износостойкости и других свойств деталей, позволяющих увеличивать продолжи-

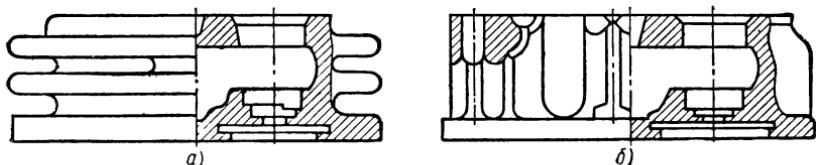


Рис. 202

тельность ее эксплуатации. Улучшение конструкции с целью продления срока эксплуатации деталей достигают уменьшением износа поверхностей, подвергающихся истиранию, приданием поверхностям отливок специальных свойств (поверхностное легирование, металлизация и др.).

Целесообразно делить сложные детали, имеющие разные сроки службы поверхностей, на простые или вводить съемные элементы в местах быстрого износа. В тех местах детали, которые наиболее подвержены износу, стремятся создать определенный запас металла. Примером деления детали может служить стальной кожух вала водяной турбины (рис. 203). Верхняя часть отливки подвергается кавитационному воздействию струи воды и истирающему действию поршня, нижняя служит корпусом подшипника. Поэтому не следует иметь цельную отливку, как показано на рис. 203, а; целесообразно верхнюю часть изготовить из легированной стали, а нижнюю — из углеродистой (рис. 203, б).

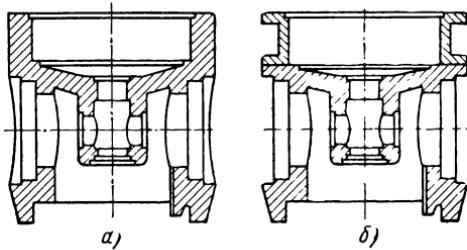


Рис. 203

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

В конструкциях средних, крупных и тяжелых отливок для удобства транспортирования и кантовки необходимо предусматривать окна, цапфы, скобы и другие элементы для зачаливания тросом или цепью. Вес отливки с невыбитыми стержнями может быть в 2—2,5 раза больше чистого веса отливки, поэтому приспособления для транспортирования должны быть достаточно прочными.

Чалочные отверстия, цапфы и другие приспособления следует располагать на отливке так, чтобы они были доступны для зачаливания.

Количество приспособлений для транспортирования определяют исходя из веса отливки и максимально допустимой нагрузки на одну ветвь троса или цепи.

Чтобы обеспечить безопасное транспортирование чугунных отливок, не имеющих окон и специальных приспособлений (скоб, цапф), необходимо предусматривать такелажные отверстия, размеры которых приведены в табл. 54.

#### 54. Минимальный диаметр такелажных отверстий

Наибольший размер отливок в мм	Минимальный диаметр такелажных отверстий при толщине стенок или стенок с отбортовкой в мм	
	До 25	Св. 25 до 50
До 500	50	—
Св. 500 до 1500	70	—
Св. 1501	100	110 140

Массивные сплошные детали типа плит, болванок, цилиндров, а также литые детали, где по конструктивным соображениям окна вводить нельзя, следует для транспортирования снабжать специально прилитыми чугунными цапфами, а более тяжелые — специально заливаемыми стальными цапфами (рис. 204, а).

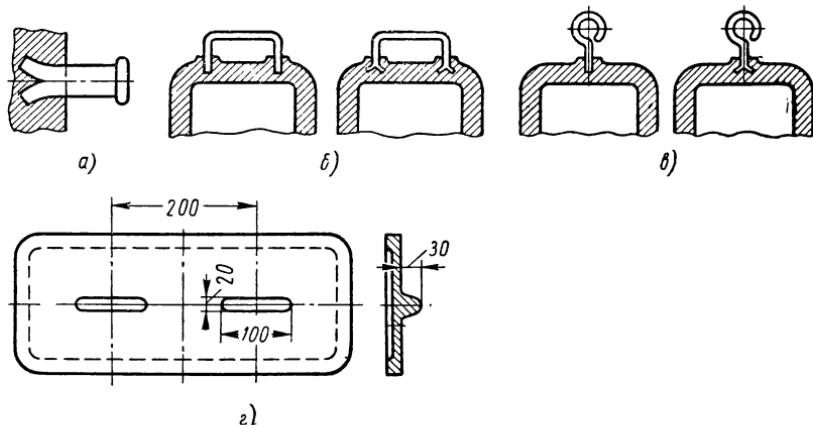


Рис. 204

Чугунные цапфы в зависимости от конфигурации детали и линии разъема форм могут быть круглого или иного профиля. Длина шейки цапфы должна быть больше ширины звеньев цепи, с помощью которой отливка транспортируется. Размеры цапфы приведены в табл. 55.

#### 55. Размеры цапф для транспортирования отливок

№	D	l	D <sub>1</sub>	R			b
1	50	90	90	140	15	60	15
2	60	90	100	150	30	65	15
3	70	110	120	180	32	80	20
4	80	130	135	220	35	100	20
5	95	145	150	250	45	110	20
6	110	160	170	270	55	120	25

Во многих случаях целесообразно чугунные отливки транспортировать с помощью специально залитых скоб (рис. 204, б) или подъемов типа рымов (рис. 204, в). Для мелких отливок скобы целесообразно заменять ребрами (рис. 204, г), между которыми при транспортировании пропускают трос. Кро-

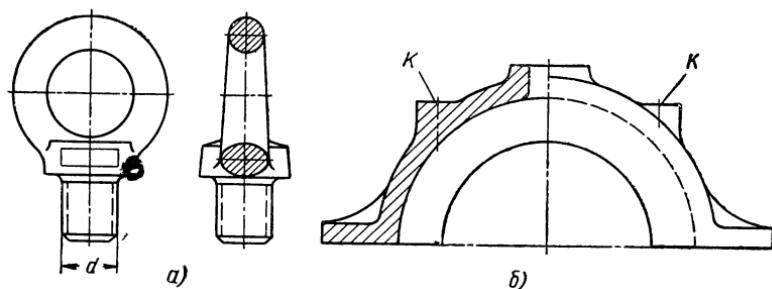


Рис. 205

ме приведенных приспособлений, для транспортирования можно применять винты грузовые (рым-болты) по ГОСТу 4751—52 (рис. 205, а), в этом случае на отливке предусматривают специальные приливы  $K$  (рис. 205, б).

Рым-болты изготавливают из стали марки 20 или 25 по ГОСТу 1050—60 \* штамповкой или ковкой и подвергают термической обработке (отжигу или нормализации). Резьба винтов — основная метрическая по ГОСТу 9150—59, с допусками по 3-му классу точности по ГОСТу 9253—59 до диаметра М64 включительно и со степенью точности  $h$  по ГОСТу 9253—59 для диаметров М72 и выше. Сбеги резьбы — по ГОСТу 10549—63.

#### 56. Грузоподъемность стандартных рым-болтов

Резьба	Грузоподъемность в кГ		
	Один рым-болт	Два рым-болта	
M8	120	160	80
M10	200	250	125
M12	300	350	175
M16	550	500	250
M20	850	650	300
M24	1250	1000	500
M30	2000	1400	700
M36	3000	2000	1000
M42	4000	2600	1300
M48	5000	3300	1600
M56	6200	4000	2000
M64	7500	5000	2500
M72	10000	7000	3500
M80	14000	9000	4500
M100	20000	13000	6500

Грузоподъемность стандартных рым-болтов приведена в табл. 56.

Тяжелые отливки обычно транспортируют тросами диаметрами 47 мм (допустимая нагрузка на одну ветвь 10 т) и 67 мм (допустимая нагрузка 20 т).

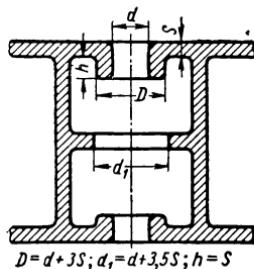


Рис. 206

Диаметры чалочных отверстий должны быть достаточными для прохода тросов, а закругления кромок не должны создавать резкого перегиба троса, приводящего к излому его проволок.

Пример выполнения чалочного отверстия для деталей весом до 15 т показан на рис. 206.

Для деталей, имеющих небольшую длину по сравнению с высотой, допускается предусматривать одно отверстие или один грузовой винт. Место подвеса должно быть значительно выше центра тяжести и лежать с ним на одной вертикали (рис. 207, а).

Правильное закрепление деталей станков при удлиненной форме дано на рис. 207, б. В этом случае необходимо предусматривать два отверстия или два грузовых винта.

Если же станина или другая тяжелая деталь имеет форму, удобную для захватывания тросом или цепью, то никаких специальных устройств не тре-

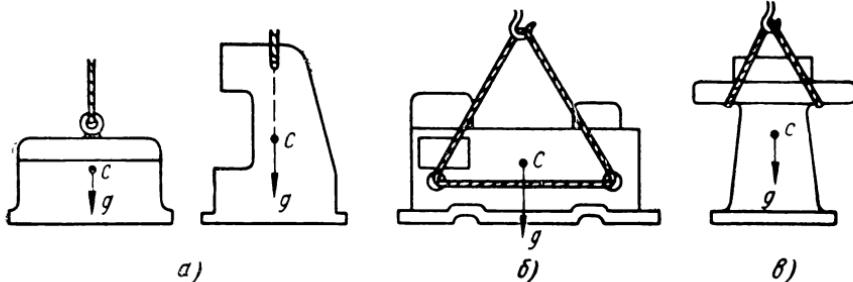


Рис. 207

буется. Например, станину заточного станка легко подвесить (рис. 207, в), и при транспортировке она будет иметь устойчивое положение.

---

## ГЛАВА IV

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ, ОТЛИВАЕМЫХ СПЕЦИАЛЬНЫМИ СПОСОБАМИ

## ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литьем под давлением изготавливают небольшие по весу, тонкостенные и сложные по конфигурации отливки из сплавов на основе цинка, алюминия, магния, меди, свинца и олова в крупносерийном и массовом производстве. Проводятся работы по получению этим способом отливок из стали.

Основные преимущества отливок, получаемых литьем под давлением:

- высокая точность, соответствующая 4—5-му классу;
- высокое качество поверхности;
- сложная форма при тонких стенках (до 0,5 мм);
- повышенная прочность;
- минимальная потребность в механической обработке.

Вес отливок в зависимости от сплава, конструкции и назначения отливки колеблется от десятков граммов до 90 кГ. Наибольший размер отливки обычно не превышает 300 мм, редко достигает 800—1200 мм.

### Особенности конструирования деталей

По сложности отливки делят на три категории [43]:

I категория — отливки простой конфигурации, с гладкими поверхностями или с незначительными простыми по форме ребрами и выступами, имеющие оптимальные литейные уклоны на внутренней поверхности 1°, на внешней поверхности 0°30'

II категория — отливки с прямолинейными и криволинейными поверхностями, с углублениями и выступами, с резкими переходами от тонких стенок к толстым; литейные уклоны на внутренней поверхности 0°30'—1°, на внешней поверхности 0°15'—0°30'

III категория — отливки сложной конфигурации с криволинейными и прямолинейными поверхностями сложных очертаний, с значительным количеством углублений, выступов, ребер, окон, с глубокими отверстиями малых диаметров; минимальные литейные уклоны на внутренней поверхности 0°30', на внешней — 0°15'

Точность отливок зависит от правильного расчета и выполнения размеров рабочей полости формы, степени ее износа, а также от обоснованного выбора допусков на размеры и усадку сплава (табл. 1).

Наибольшую точность достигают при равенстве коэффициентов линейного расширения материала формы и отливки.

Классы точности отливок, получаемых литьем под давлением, устанавливают по ГОСТу 2689—54\*. С увеличением размеров отливки точность резко падает (табл. 2).

Практикой установлено, что точность изготовления деталей литьем под давлением соответствует в основном 5-му классу. Тщательной доводкой форм

**1. Усадка сплавов в % в зависимости от толщины стенки отливки  $S$  в мм**

Сплавы	$S$			
	1—3		Св. 3	
	A	B	A	B
Цинковые	0,4	0,5	0,5	0,6
Магниевые .	0,6	0,7	0,7	0,8
Алюминиевые	0,5	0,6	0,6	0,7
Медные	0,6	0,7	0,7	0,9

Обозначения: А — форма препятствует усадке; Б — не препятствует.

**2. Средняя точность изготовления отливок литьем под давлением**

Сплавы	Класс точности при номинальных размерах в мм			
	До 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 120	Св. 120 до 360
Цинковые	4	4	5	7
Магниевые .	4	4	7	7
Алюминиевые	5	5	7	7

П р и м е ч а н и е. 4-й класс точности по ОСТу 1014, 5-й — по ОСТу 1015, 7-й по ОСТу 1010.

можно увеличить точность отдельных размеров до 4-го и даже 3-го класса. Это возможно лишь при строгом соблюдении технологического режима (состава сплава и его температуры, температуры прессформы, продолжительности цикла прессования металла).

Детали, изготавляемые литьем под давлением, как правило, не подвергают механической обработке (обрабатывают только для посадок по 2-му и 3-му классам точности).

**Толщина стенок.** Рекомендуемые оптимальные толщины стенок приведены в табл. 3.

**3. Толщина стенок отливок в мм в зависимости от площади сплошной поверхности**

Сплавы	Площадь сплошной поверхности в $\text{см}^2$				
	До 25	Св. 25 до 100	Св. 100 до 225	Св. 225 до 400	Св. 400 до 1000
Оловянно-свинцовые	0,6	0,7	1,1	1,5	—
Цинковые	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0
Магниевые .	1,3	1,8	2,5	3,0	4,0
Алюминиевые	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0
Медные	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0

П р и м е ч а н и е. Для стали оптимальная толщина стенок 3 мм.

**4. Чистота поверхности отливок в зависимости от износа прессформы**

Количество деталей, отлитых в одной форме	Классы чистоты для сплавов		
	цинковых	алюминиевых и магниевых	медных
200		7—8	6—7
500			5—6
1000	7—8		4—5
2000		6—7	3—4
5000		5—6	
10000	6—7		
20000	5—6	4—5	
50000	4—5	3—4	
80000	3—4	—	

Если уменьшение толщины стенок до оптимальных размеров снизит прочность детали, то следует предусмотреть ребра жесткости.

При сочетании толстых и очень тонких стенок во избежание образования трещин необходимо обеспечить плавный переход, соотношение толщин на сопрягаемых участках не должно превышать 1 : 2,5.

На отдельных небольших участках (особенно вблизи литника или между толстыми стенками) можно получать стенки и более тонкие, чем указано в табл. 3.

Мелкие детали весом 10—30 Г (например из алюминиевых или цинковых сплавов) можно отливать с толщиной стенки 0,5—0,8 мм. Толщину стенок отливок из цинковых, алюминиевых, магниевых и медных сплавов не рекомендуется брать больше 6—8 мм, так как могут образоваться неплотности из-за осевой рыхлоты усадочного характера и воздушных включений.

**Чистота поверхности.** При литье под давлением чистота поверхности достигает 7—8-го класса по ГОСТу 2789—59. Однако это возможно только при использовании новых прессформ с полированными рабочими полостями; по мере износа прессформ чистота поверхности ухудшается, особенно для отливок из медных сплавов (табл. 4).

Средние значения чистоты поверхности отливок соответствуют 6-му классу.

**Припуски на механическую обработку.** При литье под давлением для отливок из цветных сплавов РТМ 516-64 рекомендуют припуски, приведенные в табл. 5.

Отверстия под резьбу в деталях из цинковых сплавов выполняют без припуска на механическую обработку; в деталях из алюминиевых и магниевых сплавов рекомендуется давать припуск на калибровку.

**Места выталкивания отливки из формы** обычно назначают в более глубоких местах или вблизи стержней. Эти места конструктор указывает на чертеже и согласует с технологом-литейщиком.

На обрабатываемых плоскостях отливки отпечатки выталкивателей должны быть выступающими, а на необрабатываемых — выступающими или углубленными до 0,5 мм.

**Литейные уклоны.** Величину литейных уклонов назначают в зависимости от сплава, высоты стенки отливки и ее толщины (табл. 6).

#### 5. Припуски на механическую обработку наружных поверхностей отливок из цветных сплавов

Размеры в мм

Наибольший габаритный размер	Припуск при номинальном размере			
	До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500
		Св. 50	Св. 120	Св. 260
До 50	0,3	—	—	—
Св. 50 до 120	0,4	0,5	—	—
» 120 до 260	0,5	0,7	0,8	—
» 260 до 500	0,7	0,8	1,0	1,0

**Примечание.** Припуск дан из расчета на одну сторону (для диаметров табличную величину удваивают). Припуск на обработку внутренних поверхностей можно увеличивать на 0,3 мм.

#### 6. Минимальные литейные уклоны стенок отливок

Сплавы	Уклон в % от высоты стенки для поверхности	
	наружной	внутренней
Цинковые	0,3— 0,5	0,5— 1,0
Алюминиевые	0,5— 1,0	1,0— 1,5
Медные и магниевые	0,5— 1,0	1,0— 2,0

**Примечание.** Чем больше усадка металла, тем больше должны быть линейные уклоны.

Литейные уклоны в отверстиях под болты и резьбы следует выполнять в пределах допуска на размер отверстия.

Если литейный уклон необходимо выполнить в пределах допуска на размер изделия, то двусторонний уклон не должен превышать  $\frac{1}{3}$  поля допуска (табл. 7).

Разъем формы и смещение ее подвижных частей уменьшают точность отливок. Поэтому поля допусков, полученные по табл. 7, увеличивают и принимают по табл. 8.

#### 7. Величина полей допусков

Размеры в мм

Сплавы	Поле допуска на размер до 25	Увеличение поля допуска на 1 мм увеличения размера	
		Св. 25 до 500	Св. 500
Цинковые	0,10	0,0020	0,0020
Алюминиевые и магниевые	0,15	0,0025	—
Медные	0,25	0,0060	0,004

#### 8. Увеличение поля допуска, связанное с разъемом формы и смещением подвижных частей

Размеры в мм

Сплавы	Величина приращения поля допуска при площади проекции отливки на плоскость разъема				
	До 150	Св. 150 до 300	Св. 300 до 600	Св. 600 до 1200	Св. 1200 до 1800
Цинковые	0,15	0,20	0,3	0,4	0,6
Алюминиевые и магниевые	0,20	0,25	0,4	0,6	0,75
Медные	0,35	—	—	—	—

Допускаемые отклонения на размеры отливок из цветных сплавов см. стр. 21.

### Конструктивные элементы деталей

При литье под давлением, как и при других способах, следует избегать резких переходов от толстого сечения к тонкому и скопления металла в отдельных сечениях, стенки отливок стремятся делать одинаковой толщины. Прочность детали следует повышать не увеличением толщины стенок, испытывающих наибольшие напряжения, а устройством ребер, уголков жесткости, приданием стенкам коробчатого и таврового сечения. Введение ребер жесткости обеспечивает необходимую прочность детали при меньшем расходе металла, а также облегчает поступление его в прессформу. Для приливов, испытывающих сосредоточенные нагрузки, ребра жесткости улучшают распределение напряжений. Например, конструкция крышки блока шестерен (рис. 1, а), отливающаяся в металлические формы, не пригодна для литья под давлением из-за массивности. Толщина стенок крышки (8 мм) удобна для заполнения кокиля. Для литья под давлением конструкцию крышки изменили (рис. 1, б и в), в результате значительно снижен вес отливки.

Благодаря применению отверстия с переменным уклоном стенок отпада необходимость в механической обработке, так как уклон 30' на длине 10 мм вполне укладывается в поле допуска для диаметра 16A<sub>5</sub>. Расширение отверстия и увеличение уклонов до 2—4° позволило сохранить опорное назначение бобышки и уменьшить толщину стенок и обжатие стержня.

Опорное назначение бобышки может быть сохранено также введением отдельных ребер, под которые подводят выталкиватели (рис. 1, в).

Коробчатая конструкция фланца с перемычками под отверстия диаметром 10 мм сохраняет его жесткость и уменьшает возможность поводки. Введение ребер К позволяет уменьшить толщину стенок крышки с 8 до 4 мм (рис. 1, в).

При конструировании отливок, особенно из цинковых сплавов, необходимо учитывать их последующую деформацию. Поэтому лучше избегать несимметричных отливок, имеющих тонкие кронштейны и другие части, значительно

выступающие из основной массы металла. Наружные контуры отливки не должны препятствовать удалению ее из формы.

Бобышки диаметром более 16 мм не следует выполнять, так как в них появляются зоны местных концентраций напряжений. Стержни для отверстий бобышек делают без припуска на дополнительную обработку.

При литье под давлением можно использовать стержни, однако при этом необходимо учитывать конструкцию прессформ, особенности операций заливки или последующей механической обработки. Применение стержней улучшает механические свойства металла, позволяет выравнить толщину стенок и уменьшить последующую механическую обработку.

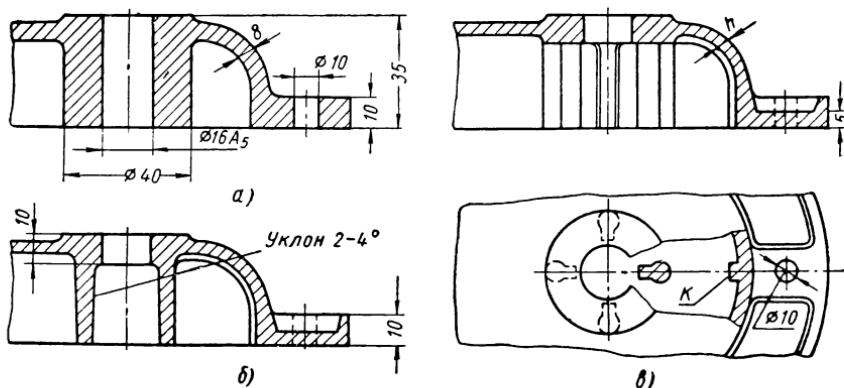


Рис. 1

В конструкцию латунного кольца (рис. 2) введены углубления *K*, в результате чего уменьшился вес отливки, выравнилась толщина стенок и снизились тепловые напряжения в форме. Кроме того, уменьшилось усилие обжатия стержня, образующего отверстие диаметром 100 мм, облегчился съем отливки и отпала необходимость в механической обработке.

В случае применения стержней при изготовлении детали литьем под давлением следует избегать чрезмерно длинных или сопряженных стержней; стержни должны иметь простую форму и достаточную конусность. С помощью стержней формируют только несквозные отверстия.

Внутренние полости (отверстия) выполняют так, чтобы стержни можно было свободно извлечь (без поднутрений, рис. 3).

На отверстиях предусматривают фаску, которая создает благоприятные условия для движения металла и предохраняет отливку от образования заусениц, для удаления которых необходима последующая обработка. Размеры фасок берут в соответствии с ГОСТом 10948—44.

Проектируя литую деталь без поднутрений, снижают расход металла на изготовление прессформы. Однако поднутрения при литье под давлением на наружных поверхностях отливки могут дать такую экономию металла, которая вполне окупит дополнительные затраты на изготовление прессформы. На внутренних стенах можно применять отъемные секции.

Знаки, надписи, цифры на детали следует выполнять выступающими, так как в противном случае изготовлять прессформу будет сложно.

При проектировании литой детали необходимо учитывать технические данные машины, на которой будут изготавливать деталь.

**Радиусы закругления.** При проектировании деталей, отливаемых под давлением, следует избегать острых углов, особенно внутренних, так как острые углы в отливках способствуют образованию трещин, кроме того, для вытеснения из них воздуха и для заполнения их сплавом необходимо большое давление.

Минимальный радиус закругления рекомендуется брать равным  $\frac{1}{3}$  толщины стенки, а при разных толщинах стенок определять по формуле

$$r = \frac{S + S_1}{3},$$

где  $S$  и  $S_1$  — толщина сопрягаемых стенок.

Полученную величину округляют и принимают в соответствии с ГОСТом 10948—64. Минимальный радиус практически принимают не менее 1 мм (для магниевых сплавов 1,5 мм) и только при особо тонкостенных деталях коробчатого сечения эту величину радиуса можно уменьшить, например, для внутренних углов в отливках из алюминиевых сплавов можно брать 0,5—0,6 мм.

Наружные радиусы на торцах стенок и на ребрах, перпендикулярных к плоскости разъема и расположенных в глубине полости формы, должны быть равны половине толщины стенки или ребра.

Торцы стенок и ребер, заканчивающиеся в плоскости разъема фор-

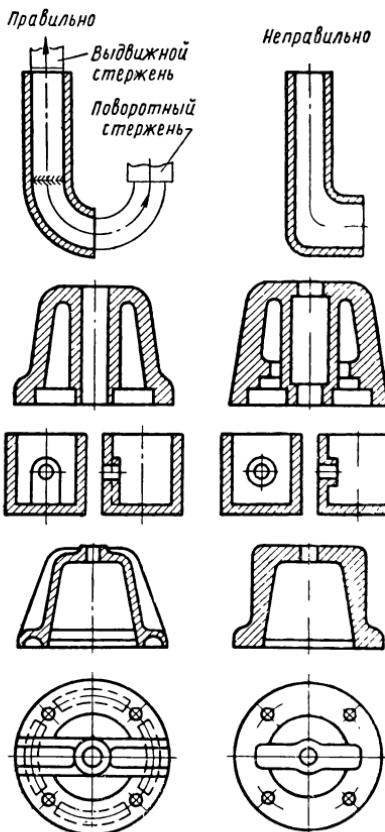


Рис. 3

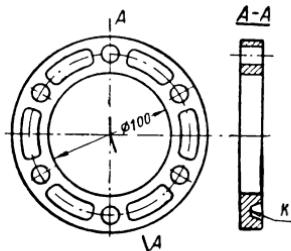


Рис. 2

мы или формируемые ее подвижными частями, можно делать без радиусов закруглений.

Минимальные радиусы закруглений приведены в табл. 9.

Пример назначения радиусов закругления для детали, поверхности которой сопрягаются под разными углами, показан на рис. 4.

**Литые отверстия.** Минимальные размеры сквозных литых отверстий, получаемых литьем под давлением, указаны в табл. 10.

Размеры сквозных отверстий под крепежные детали (болты, винты, шпильки, заклепки) со стержнями диаметром 1,0—48,0 мм, устанавливаемые с зазорами в соединяемые детали, должны соответствовать ГОСТу 11284—65.

## 9. Минимальные радиусы закруглений

Сплавы	Нормаль- ная тол- щина стенок в мм	Радиусы закруг- лений в мм	Минимальная конус- ность в % от вы- соты стенки	
			наружная	внут- ренняя
Оловянные	0,5—4	0,5	0,1	0,2
Свинцовые	0,75—4	0,5	0,1	0,2
Цинковые .	1,5—4	1,0	0,2	0,5
Магниевые . .	1,5—5	1,0	0,5	1,0
Алюминиевые	1,5—6	1,0	0,5—1,0	1,0
Медные	1,5—6	1,6	0,5—1,6	1,6

## 10. Минимальные размеры литых отверстий в мм

Сплавы	Минимальный диаметр отверстия $d$	Наибольшая глубина отверстия $h$		Конусность, не менее
		Глухие отверстия	Сквозные отверстия	
Цинковые	1,5	3d	6d	30'
Алюминиевые и магниевые	2,5	При $d > 3$ мм $h = 3d$ ; при $d < 3$ мм $h = 2d$	При $d > 3$ мм $h = 4d$ ; при $d < 3$ мм $h = 3d$	1°
Медные	5	При $d = 5$ мм $h = 3d$ ; при $d < 5$ мм $h = 1,5d$	При $d = 5$ мм $h = 4d$ ; при $d < 5$ мм $h = 2d$	1°30'

Достигаемая точность при выполнении литых отверстий:

Отношение глубины к диаметру отверстия  
Класс точности не выше .

До 3      Св. 3  
5            7

Допуски на расстояния между отверстиями в деталях приведены в табл. 11, а максимальная глубина и конусность отверстий — в табл. 12.

11. Допуски на расстояния между отверстиями  
Размеры в мм

Номинальный размер	Допускаемые отклонения ( $\pm$ )	Номинальный размер	Допускаемые отклонения ( $\pm$ )
Св. 10 до 30	0,10	Св. 120 до 180	0,45
» 30 » 50	0,15	» 180 » 260	0,60
» 50 » 80	0,20	» 260 » 360	0,75
» 80 » 120	0,30		

**Литая резьба.** Наружную и внутреннюю резьбу рекомендуется получать литьем под давлением, так как отпадает механическая обработка, при которой возможны вскрытия газовых раковин и других дефектов.

## 12. Максимальная глубина и конусность сквозных отверстий, получаемых с помощью стержней

Диаметр отверстия в мм	Максимальная глубина отверстия в мм	Конусность* в мм	Диаметр отверстия в мм	Максимальная глубина отверстия в мм	Конусность* в мм
2,5	9,5	0,50	6,4	50,8	0,40
3,2	12,7	0,50	12,7	101,6	0,30
4,0	19,1	0,40	19,1	152,2	0,30
4,8	28,6	0,40	25,4	203,0	0,30**

\* Конусность дана в виде разности диаметров отверстия по длине 25 мм.  
 \*\* Для первых 25 мм глубины; на каждые последующие 25 мм добавляют 0,05 мм.

## 13. Минимальные размеры в мм отливаемых резьб

Сплавы	Шаг	Диаметр	
		наружный	внутренний
Цинковые	.	0,75	6
Магниевые .	.	1,00	6
Алюминиевые	:	1,00	10
Медные	:	1,50	12
			—

Минимальные размеры отливаемых резьб указаны в табл. 13. Резьбу меньшего диаметра следует нарезать.

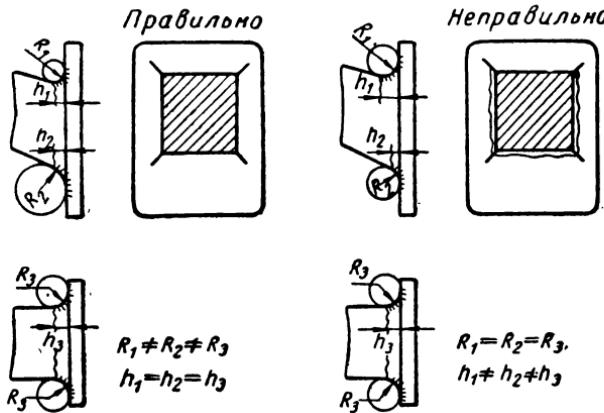


Рис. 4

Максимальную длину резьбы  $L$  в мм рассчитывают по одной из следующих формул:

при диаметре резьбы до 10 мм включительно

$$L = \frac{100b \operatorname{tg} 30^\circ}{Q};$$

при диаметре резьбы свыше 10 мм

$$L = \frac{160b \operatorname{tg} 30^\circ}{Q},$$

где  $b$  — допуск среднего диаметра резьбы в мм;  
 $Q$  — усадка заливающего сплава в %.

### Конструирование деталей, подвергаемых гальваническим покрытиям

Детали, подлежащие покрытию, не должны иметь резких переходов сечений, глубоких пазов и тонких выступов. При несоблюдении этого принципа нарушается однородность хромового слоя, нанесенного на подслой меди и никеля. Причина неравномерности покрытия — разность силы тока, проходящего через различные сечения детали.

При конструировании отливок, подлежащих покрытию, придерживаются следующих рекомендаций [82]:

наилучшая форма поверхности детали — округлая с плавными линиями и закругленными краями (рис. 5, а);

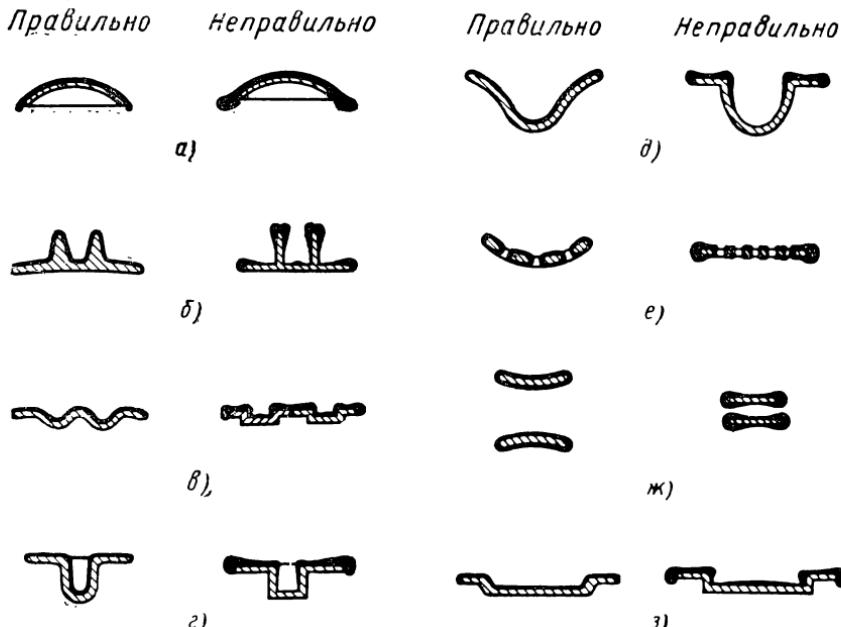


Рис. 5

высокие ребра с малым пазом ухудшают качество покрытия детали и увеличивают продолжительность отделки, поэтому ребра конструируют с плавными линиями и достаточными радиусами (рис. 5, б);

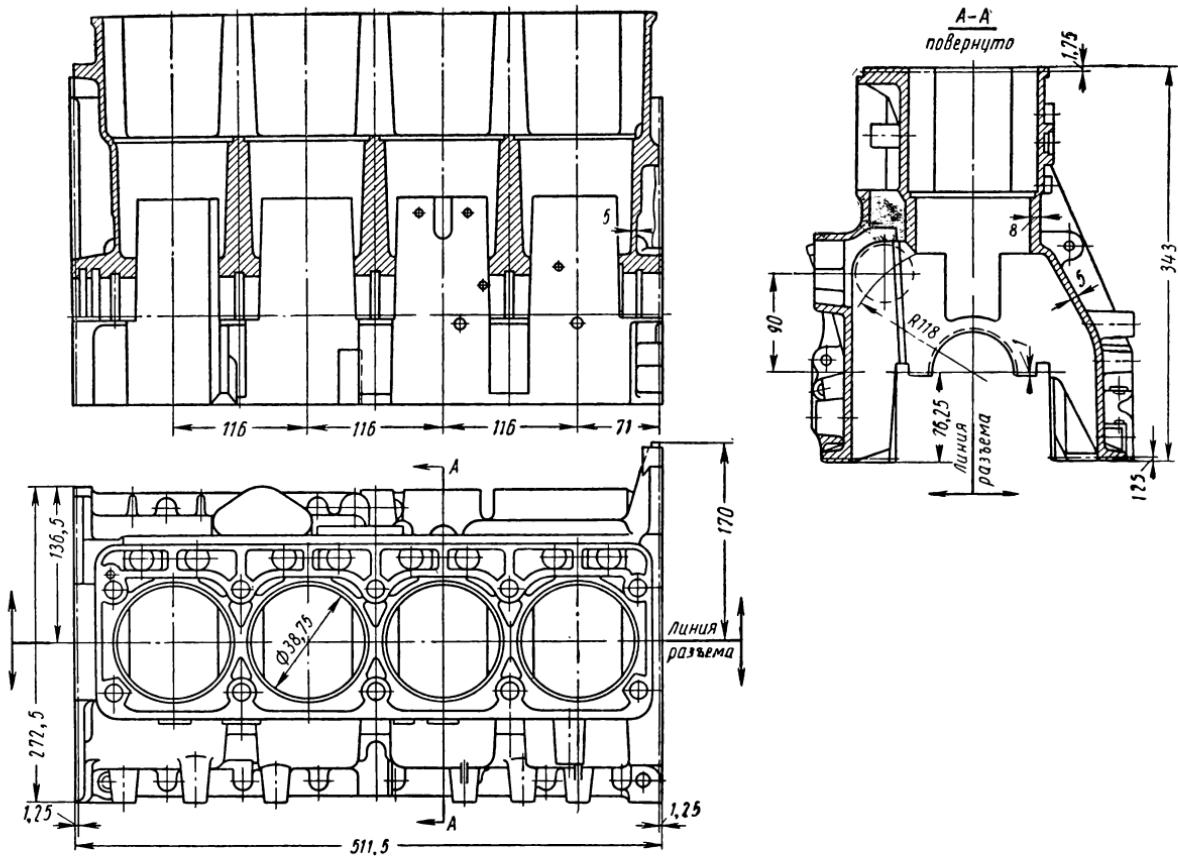


Рис. 6

прямолинейные канавки в детали следует выполнять скругленными, с уменьшающейся толщиной стенок по краям (рис. 5, в и г).

при наличии несквозных пазов следует предусматривать расширяющиеся скругления (рис. 5, д);

детали с узкими сквозными пазами, расположенными на близком расстоянии один от другого, конструировать не рекомендуется, так как литье получают низкого качества; лучше конструкция с расширением и скруглением перемычек (рис. 5, е);

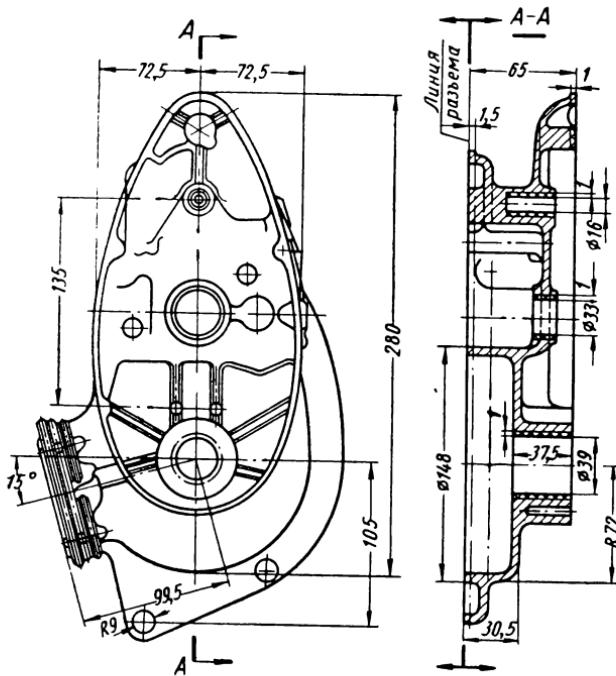


Рис. 7

узкие ребра с острыми кромками также ухудшают качество покрытий, поэтому расстояния между ребрами увеличивают, придавая ребрам окружную форму (рис. 5, ж);

острые кромки деталей необходимо скруглять (рис. 5, з).

**Детали-представители, выполняемые литьем под давлением.** Руководящими материалами, разработанными на основе опыта ведущих предприятий автомобилестроения [39], литьем под давлением рекомендуется выполнять следующие детали:

1) блоки цилиндров легковых автомобилей (из легких сплавов);

деталь-представитель: блок цилиндров автомобиля «Волга», ГАЗ-21 из алюминиевого сплава АЛ4 весом 19,5 кг (рис. 6); не указанные на рисунке радиусы 3 мм, неуказанные литейные уклоны: для отверстий 1°, для стенок 2°, для наружных бобышек до 3°;

2) детали мотоцикла: картер двигателя, головка цилиндра, тормозной диск, тормозная колодка, кронштейны крепления рулевого управления и рычага тяги рулевой трапеции, крышка картера рулевого управления и короб-

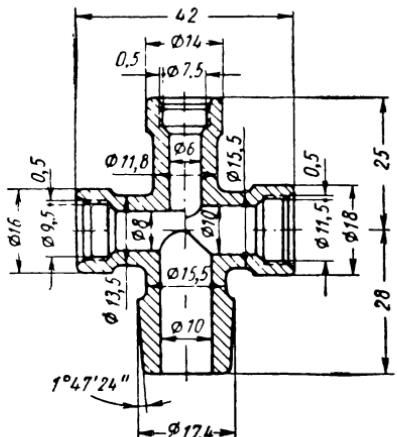


Рис. 8

меры  $\pm 0,5$  мм, неуказанные радиусы 2 мм, литейные уклоны 1— $2^{\circ}$ ;

ки передач; деталь-представитель: картер двигателя мотоцикла ММВЗ М1М из алюминиевого сплава АЛ10В весом 1,85 кг (рис. 7); допуски на свободные литейные размеры  $\pm 0,5$  мм, на угловые  $0^{\circ} 30'$ ; не указанные на рисунке радиусы 2—3 мм, литейные уклоны 2— $3^{\circ}$ , разностенность не более 1 мм;

3) крестовина, вкладыш опор, кольцо марганцовистое, корпус крана отбора воздуха, корпус крана системы охлаждения, угольники; деталь-представитель: крестовина ЗИЛ-164 из латуни ЛС59-1 весом 0,1 кг (рис. 8); литейные уклоны 1— $2^{\circ}$ ; допуски на размеры необрабатываемых поверхностей  $\pm 0,15$  мм;

4) корпус поплавковой камеры карбюратора ЗИЛ-111 из цинкового сплава ЦАМ4 весом 2,17 кг (рис. 9); допуски на свободные литейные раз-

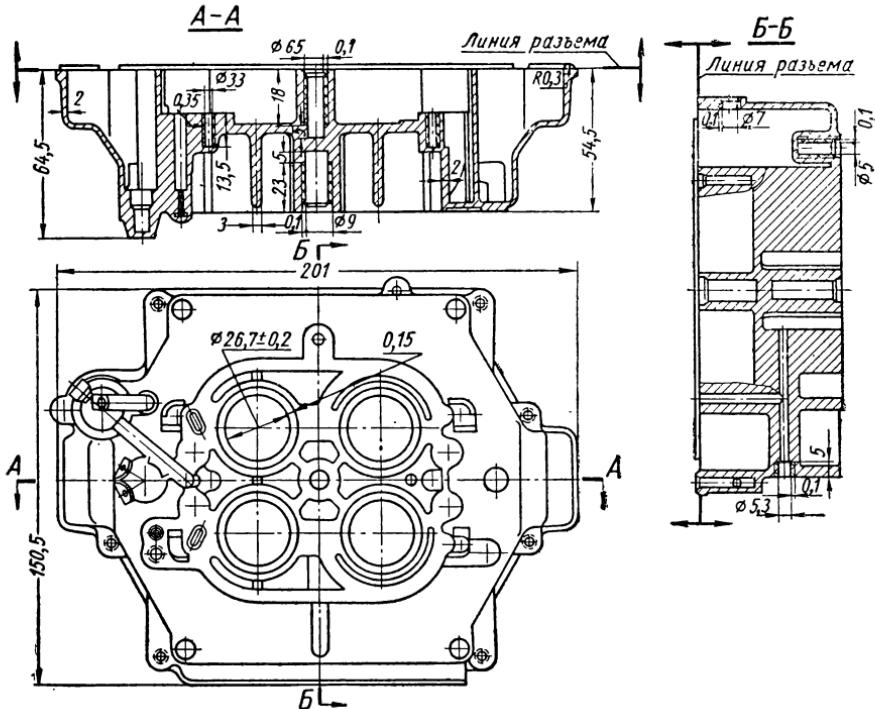


Рис. 9

5) барабан стеклоподъемника, защелка замка двери, накладки, орнамент капота, ролики, ручка двери, рычаги управления.

Деталь-представитель: ручка наружная передней двери ГАЗ-21 из цинкового сплава ЦАМ весом 0,33 кг (рис. 10); размеры, на которые не указаны

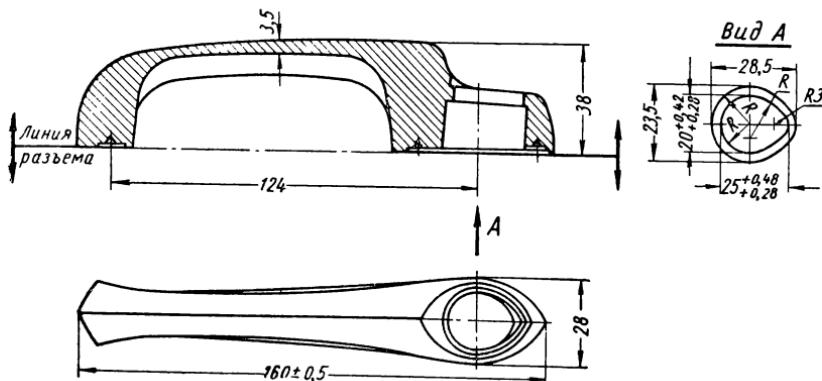


Рис. 10

допуски, выдерживают с точностью  $\pm 0,25$  мм, не указанные на рисунке радиусы до 0,5 мм, литейные уклоны до  $0^{\circ}15'$ .

### ЛИТЬЕ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ (В КОКИЛИ)

При литье в металлические формы (кокили) по сравнению с литьем в песчаные формы механические свойства сплавов повышаются в среднем на 10—15%, трудоемкость механической обработки в результате уменьшения припусков и повышения точности отливок снижается в 1,5—2,0 раза. Отливки получают с точным соблюдением геометрии и с очень плотной структурой. Расход металла при переходе с песчаных форм на металлические уменьшается на 10—20% за счет прибылей.

Литьем в металлические формы можно получать детали из медных, алюминиевых и магниевых сплавов, а также из чугуна и стали.

Литье в кокили целесообразно применять только в условиях серийного производства при получении с каждой металлической формы не менее 300—500 мелких и 50—200 средних по весу отливок, так как стоимость металлических форм довольно высокая. Литье в кокиль в основном применяют при изготовлении деталей простой конфигурации, преимущественно небольшого веса.

### Особенности конструирования деталей

Отливки, изготавляемые в кокилях, по сложности делят на три категории:

I категория сложности — отливки простой конфигурации, с небольшими выступами и углублениями, легко извлекаемые из кокиля.

II категория сложности — отливки средней сложности со значительным количеством выступов и углублений, усложняющих удаление отливки из кокиля.

III категория сложности — отливки сложной конфигурации или тонкостенные, с ребрами, выступами и углублениями, значительно затрудняющими удаление отливки из кокиля.

Допускаемые отклонения на размеры отливок из цветных сплавов устанавливают по нормалям (см. стр. 21).

Допуски на размеры отливок из чугуна и стали можно назначать по 2-му классу точности, а в отдельных случаях и по 1-му классу точности по ГОСТам 1855—55 и 2009—55.

Припуски на механическую обработку отливок из цветных сплавов по РТМ 516-64 приведены в табл. 14.

**14. Припуски на механическую обработку наружных поверхностей простых отливок, изготавляемых из безоловянных бронз, латуней и алюминиевых сплавов**  
Размеры в мм

Наибольший габаритный размер отливки	Положение поверхности при заливке	Припуск при номинальном размере				
		До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800
До 120	Верх	1,5	2,0	—	—	—
	Низ, бок	1,0	1,5	—	—	—
Св. 120 до 260	Верх	2,0	2,5	3,0	—	—
	Низ, бок	1,5	2,0	2,0	—	—
260 » 500	Верх	2,5	3,0	3,5	4,0	—
	Низ, бок	2,0	2,0	2,5	3,0	—
» 500 » 800	Верх	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0
	Низ, бок	2,0	3,0	3,0	3,5	4,0

**П р и м е ч а н и я:** 1. Припуски допускается увеличивать: а) на внутренние поверхности простых отливок и наружные поверхности сложных отливок: для размеров припусков до 4 мм на 1 мм, для 4 мм и выше на 2 мм; б) на внутренние поверхности сложных отливок — для размеров припусков до 4 мм на 1,5 мм, для 4 мм и выше на 3 мм; в) на размеры отливок, расположенных в форме, имеющей более чем один разъем, на 0,5 мм на каждый разъем.  
2. Припуски на отливки из оловянных бронз уменьшаются: при размерах припусков до 4 мм на 0,5 мм; при 4 мм и больше на 1 мм.

### Конструктивные элементы деталей

При конструировании деталей, изготавляемых литьем в кокиль, учитывают: охлаждение отливки в металлической форме происходит значительно быстрее, чем в песчаной;

металлическая форма совершенно не поддается усадке;

вывод газов из полости формы и стержней затруднен;

высокая теплопроводность стенок металлической формы усложняет получение тонкостенных отливок.

При литье в кокиль увеличивается возможность появления в отливках трещин, газовых раковин, недоливов и других дефектов.

Рекомендации по конструированию литьих деталей, получаемых в кокиле, аналогичны рекомендациям по конструированию деталей, отливаемых в песчаные формы.

Учитывая особенности литья в кокиль, при конструировании деталей придерживаются также следующих рекомендаций:

1. Минимальную толщину стенок в зависимости от вида сплава принимают по табл. 15.

2. Толщину внутренних стенок и ребер жесткости, ввиду худшего охлаждения, принимают 0,6—0,7 толщины наружных стенок.

3. Конструктивные уклоны стенок деталей берут по табл. 16. Конусность ребер жесткости назначают 8—10%.

4. Внутренние полости, образуемые металлическим стержнем, должны иметь уклон не менее 6° к плоскости разъема кокиля.

## 15. Минимальная толщина стенок при литье в кокиль

Сплавы	Площадь стенки в см <sup>2</sup>	Минимальная толщина стенки в мм
Магниевые ..	<30	3
Алюминиевые		3—4
Бронзы		4—6
Чугун	<25	4
"	25—125	6
" без отбела .....	—	15
Сталь кислая из электропечей	—	8
Сталь основная	—	10

## 16. Конструктивные уклоны стенок

Сплавы	Уклон в % от высоты стенки отливки		
	Наружная поверхность отливки (стенки кокилля)	Внутренние поверхности (со стороны металлического стержня) при высоте стенок в мм	
		до 50	св. 50
Цинковые ..	0,5	2,0	1,0
Алюминиевые	1,0—1,5	5,0	2—2,5*
Магниевые	2,5	3,0	2—3
Медные .....	1,5	7,0	3—3,5*
Чугун при длине стенки в мм:			
до 50 ..	7,0	—	—
51—100 ..	5,0	—	—
101—500 ..	3,0	—	—
Сталь углеродистая	5,0	—	—

Для тонкостенных отливок.

5. Большие (протяженные) плоскости для лучшего отвода газа следует делать наклонными, а края тонких стенок и отверстий усиливать отбортовкой, направленной в сторону стержня.

6. Бобышки и приливы целесообразно располагать на внутренних поверхностях, формируемых обычно песчаными стержнями.

7. Радиусы закруглений назначают по ГОСТу 10948—64. Для мелкого цветного литья не следует применять радиусов закруглений менее 3—4 мм.

8. Количество стержней должно быть минимальным; стержни ухудшают условия охлаждения отливок в форме и усложняют сборку кокилей.

9. Минимальные диаметры и соответствующие им максимальные глубины отверстий, которые могут быть получены литьем в металлические формы, приведены в табл. 17.

10. Диаметры сквозных отверстий под крепежные детали (болты, винты, шпильки, заклепки) со стержнями диаметром до 48,0 мм, устанавливаемые с зазорами в соединяемых детали, должны соответствовать ГОСТу 11284—65.

Примеры конструктивного оформления деталей, получаемых литьем в кокиль, показаны на рис. 11.

Особенности конструирования деталей из чугуна. При конструировании литых деталей из чугуна руководствуются следующими положениями:

## 17. Диаметры отверстий в отливках и их глубина при литье в кокиль

Сплавы	Минимальный диаметр отверстий в мм	Максимальная глубина отверстий в мм	
		глухих	сквозных
Цинковые, магниевые и алюминиевые Медные	8 10	16 15	24 20

резкие переходы от толстой стенки к тонкой совершенно недопустимы; выступающие части, тормозящие усадку металла, должны быть сведены до минимума (рис. 12);

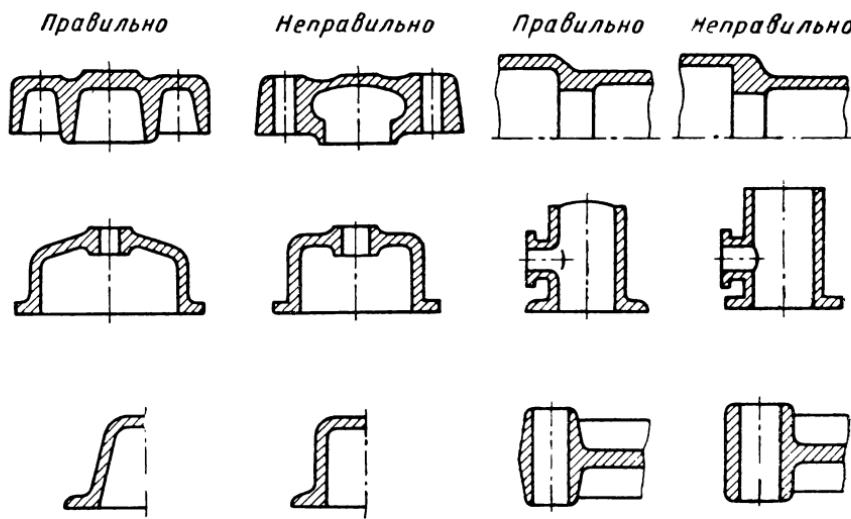


Рис. 11

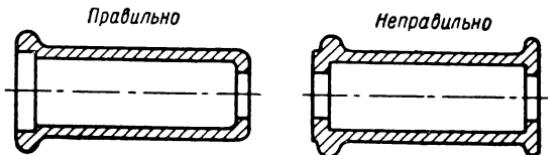


Рис. 12

следует избегать впадин в направлении извлечения отливки, препятствующих ее выбивке из кокиля;

минимальная толщина необрабатываемой стенки должна быть 4 мм (с отбелом) и 1,5 мм (без отбелы);

минимальную толщину наружных стенок, примыкающих к внутренним, берут на 20–30% более внутренних;

наружные и внутренние углы необрабатываемой части детали, образуемые кокилем, должны иметь радиусы закруглений не менее 3 мм;

уклоны необрабатываемых вертикальных поверхностей детали по отношению к плоскости разъема кокиля должны быть не менее 1°.

Примеры правильных конструкций чугунных деталей, получаемых в металлических формах, показаны на рис. 13, а на рис. 14 и 15 даны примеры изменения конструкции при переходе с песчаных форм на металлические.

Патрубок (рис. 14, а) при литье в песчаную форму имел припуск на механическую обработку (рис. 14, б), при переводе на литье в металлическую форму этот припуск оказался ненужным (рис. 14, в).

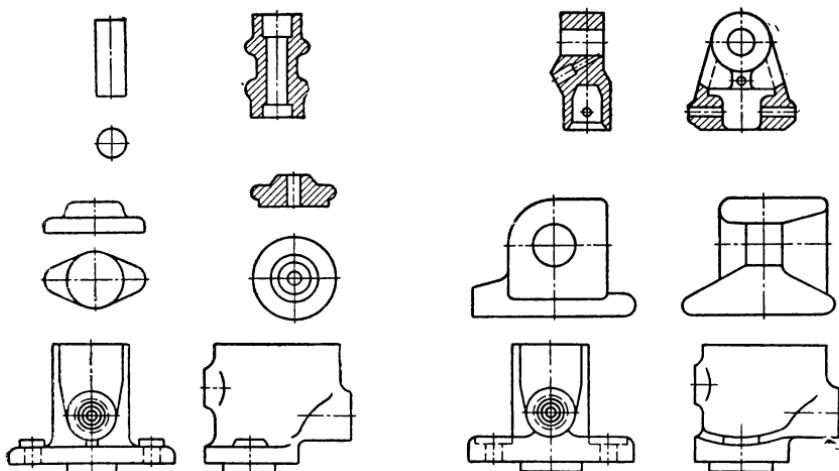


Рис. 13

Конструкция детали, показанной на рис. 15, а, для обычных методов литья нетехнологична. Зазор 1 мм между обрабатываемыми поверхностями  $R\ 35$  и  $R\ 36$  очень мал. Уложить ее в очень жесткие допуски при изготовлении отливки в песчаной форме невозможно. Поэтому ввели припуск на обработку черной поверхности (рис. 15, б). Увеличить зазор между  $R\ 36$  и  $R\ 35$  из-за малого габарита детали невозможно. Для уменьшения механической обработки при серийном производстве отливку перевели на изготовление в кокиле (рис. 15, в).

**Детали-представители, выполняемые литьем в металлические формы (кокиля).** Рекомендуется отливать в кокиль следующие детали [41]:

1) картер коробки перемены передач, колесо гидротрансформатора; корпусы масляного фильтра, водяного насоса, масляного насоса; крышки насоса централизованной смазки, распределительных шестерен, цилиндра тормоза; поршень двигателя; цилиндр двигателя с воздушным охлаждением;

деталь-представитель: поршень двигателя ЗИЛ-120 из алюминиевого сплава АЛ10В весом 1,150 кГ (рис. 16); не указанные на рисунке радиусы закруглений 2—5 мм, литейные уклоны 1°, допуски на литейные размеры по 7-му классу точности ГОСТа 7713—62;

2) головка блока цилиндров двигателя МЗМА-407 из алюминиевого сплава АЛ9 весом 12,06 кГ (рис. 17); неуказанные толщины стенок 4,5—5 мм, литейные уклоны 2°;

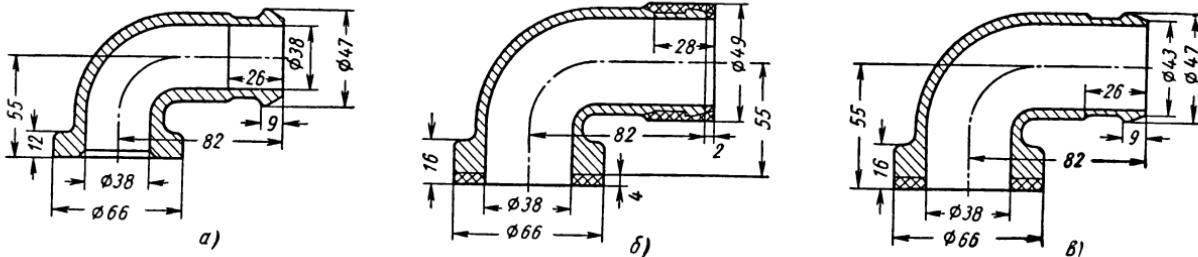


Рис. 14

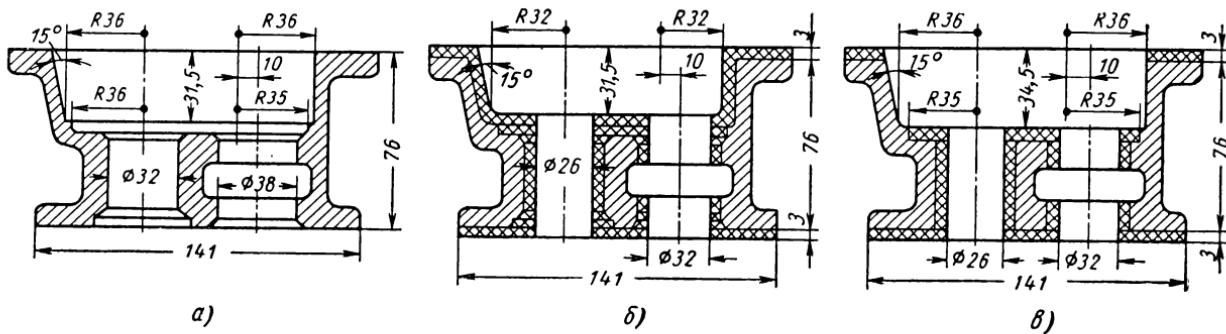


Рис. 15

3) картер коленчатого вала автомобиля «Запорожец» из магниевого сплава МЛ5 весом 8,1 кГ (рис. 18); не указанные толщины стенок и ребер  $5 \pm 0,5$  мм, литейные уклоны 1—2°.

К типовым представителям отливок станкостроения, рекомендуемых для литья в кокиль, относят корпусы гидрооборудования, цилиндры, заготовки,

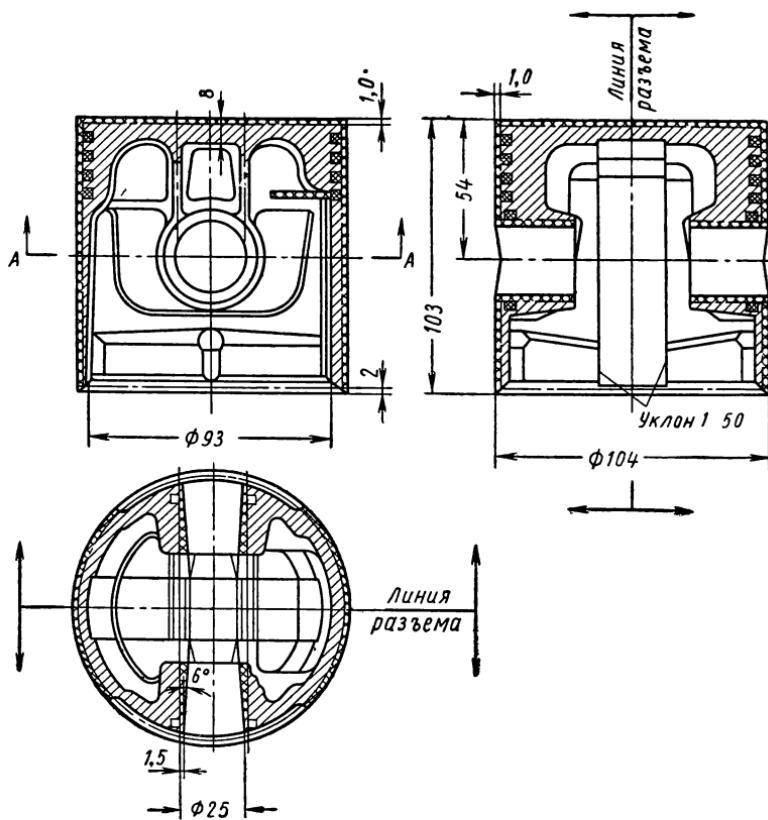


Рис. 16

болванки, втулки, планки, клинья, шкивы и т. д. В кокиль отливают также зубчатые колеса, кронштейны, арматуру, корпуса и роторы воздуходувок, редукторов, коробки передач и другие детали.

### ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Литье по выплавляемым моделям применяют для изготовления ответственных, сложных по конфигурации деталей, требующих повышенной точности размеров и чистоты поверхности.

Высокую точность и чистую поверхность отливок получают благодаря тщательному изготовлению прессформ, отсутствию раскачивания модели при из-

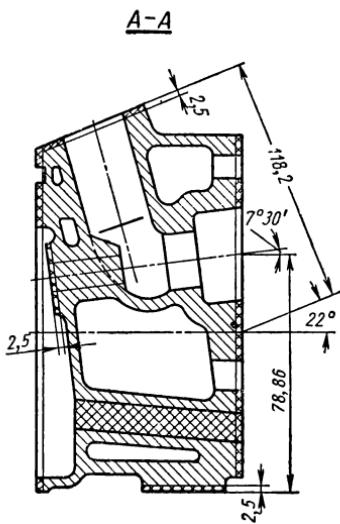
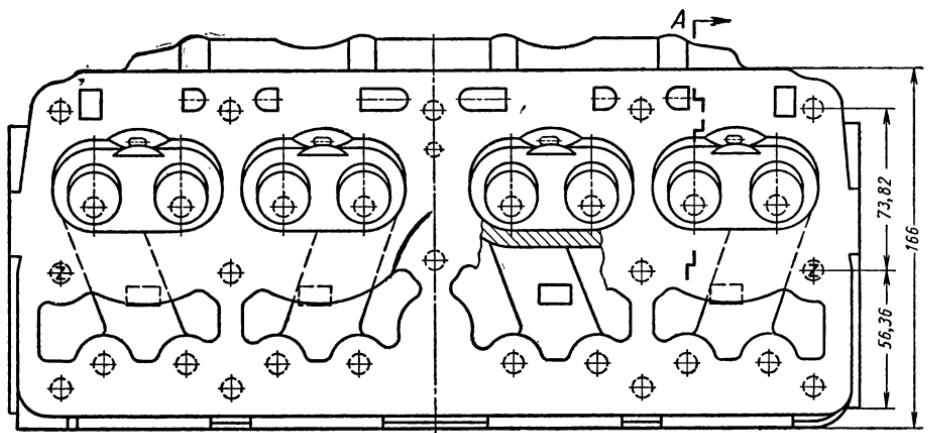
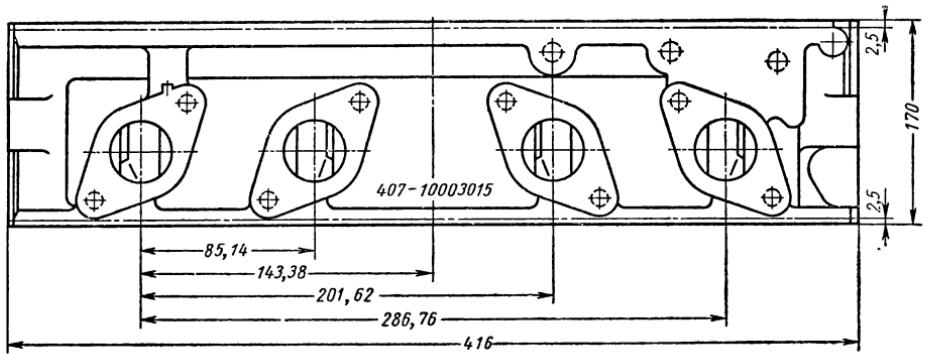


Рис. 17

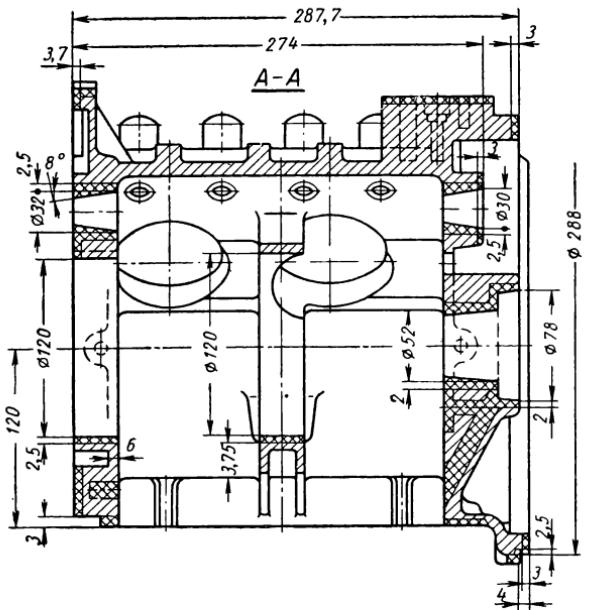
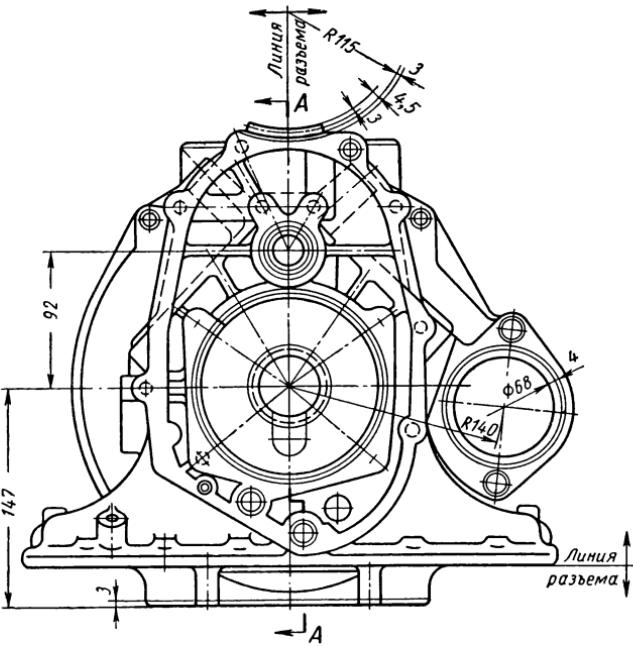


Рис. 18



влечении ее из формы, отсутствию разъема опок и моделей, применению высокогнеупорных материалов тонкого помола.

Основное преимущество этого способа в том, что отливка по своим размерам приближается к готовой детали, поэтому механическая обработка незначительна или полностью исключена. Объем механической обработки отливки, полученной литьем в песчаную форму, показан на рис. 19, а, эта же деталь, изготовленная литьем по выплавляемой модели, дана на рис. 19, б.

Кроме того, при этом способе можно заменять цветные металлы черными при изготовлении сложных и трудоемких деталей.

Литье по выплавляемым моделям применяют для изготовления деталей: из высоколегированных, жаростойких и сверхпрочных сплавов, плохо поддающихся обработке резанием, получение которых другими методами литья

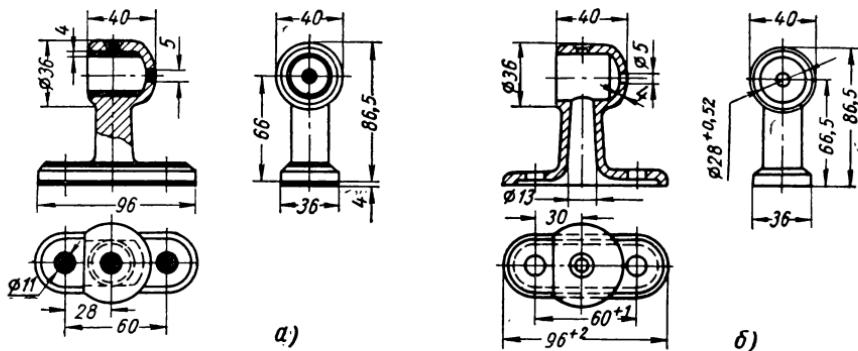


Рис. 19

или способами обработки (например, штамповкой) нецелесообразно ввиду большого веса заготовок и значительного объема механической обработки; сложных по конфигурации, которые при других способах изготовления можно только собрать из отдельных частей после их механической обработки.

Литье по выплавляемым моделям из цветных сплавов, кроме приведенных выше случаев, применяют:

для получения опытных отливок при отработке конструкций новых машин и приборов, когда возможно использовать более дешевые способы литья;

взамен литья под давлением, когда необходимо изготовить небольшие партии отливок (50—100 шт.) или ответственные отливки из бронз и других медных сплавов.

По выплавляемым моделям практически можно отливать детали почти из любых литейных сплавов. Вес отливок колеблется от 0,01 г до 135 кг, размеры от 0,5 до 1250 мм. Обычно по выплавляемым моделям изготавливают мелкие и средние детали весом 3—12 кг.

### Особенности конструирования деталей

**Сложность отливок и моделей.** По сложности изготовления отливки делят на четыре группы (табл. 18).

Общемашиностроительные нормативы времени на выполнение различных работ при литье по выплавляемым моделям предусматривают пять категорий сложности моделей, определяемых сложностью конструкций отливки, количе-

ством частей прессформы (в том числе и отъемных) и сложностью извлечения модели (табл. 19).

#### 18. Сложность отливок и трудоемкость их изготовления

Группа сложности	Средняя трудоемкость изготовления прессформ в нормо-часах	Среднее снижение трудоемкости механической обработки деталей в нормо-часах	Минимальный размер серии отливок в шт. при годовом выпуске литья в т		
			100	250	500
I	81,4	0,23	500	300	200
II	96,6	0,50	200	150	100
III	111,8	1,0	100	80	50
IV	150,7	8,0	50	40	25

П р и м е ч а н и е. I группа — детали простой конфигурации, механическая обработка которых требует применения несложных токарных операций;

II группа — детали средней и повышенной сложности, механическая обработка которых состоит из ряда более трудоемких операций, включая фрезерование внутренних полостей;

III группа — детали сложной конфигурации с развитыми внутренними и наружными поверхностями, требующие механической обработки с применением приспособлений;

IV группа — детали особо сложной конфигурации, при обработке которых требуется специальный инструмент и приспособления.

#### 19. Категория сложности моделей

Категория	Конфигурация модели	Число частей пресс-форм	Число отъемных частей пресс-формы	Выем модели
I	Простая с незначительными выступами и углублениями	2	Нет	Легкий
II	Несложная с незначительными выступами и углублениями, с отверстиями большого диаметра; толстостенные		1	Затрудненный
III	Несложная, состоящая из криволинейных и прямолинейных плоскостей, с отверстиями и ребрами; простые по геометрии тонкостенные модели	2—3	2—3	Трудный
IV	Сложная, состоящая из криволинейных и прямолинейных плоскостей с ребрами и отверстиями		<5	Очень трудный
V	Особо сложная с большим количеством выступов и углублений с отверстиями, с большим количеством тонких стенок, ребер	>3	>5	Особо трудный

П р и м е ч а н и я: 1. В условиях крупносерийного и массового производства трудоемкость изготовления прессформ может быть значительно сокращена при нормализации конструкций.

2. В мелко- и среднесерийном производстве применение прессформ с нормализованными деталями и сменными матрицами также весьма перспективно, так как позволяет на 30—40% и более снизить стоимость их изготовления, что позволит расширить область применения литья по выплавляемым моделям.

**Точность изготовления отливок** зависит от степени налаженности производства и точного выполнения всех технологических операций. Если суммарные отклонения от заданных размеров на всех операциях составляют не более 0,4%, то возможно получение отливки размером до 30 мм по 4-му классу точности ОСТа 1014; размером до 60 мм по 5-му классу точности ОСТа 1015.

Когда суммарные отклонения на всех операциях увеличиваются до 1%, отливки тех же размеров получают в пределах 5-го и 7-го классов точности по ОСТАм 1015 и 1010. Допускаемые отклонения размеров отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям, регламентированы ГОСТом 2689—54\* (табл. 20).

20. Классы точности отливок и допуски на размеры (в мм)

Номинальный размер отливки	Повышенная точность		Нормальная точность		Пониженная точность	
	Класс	Допуск	Класс	Допуск	Класс	Допуск
Св. 1 до 3	—	0,1		0,12		0,25
3 6	—	0,1	5	0,16	7	0,30
6 » 10 10 » 18	4	0,1 0,12		0,20 0,24		0,36 0,43
18 » 30		0,14		0,28		0,52
30 » 50 50 » 80 80 » 120 120 » 180 180 » 260	5	0,34 0,40 0,46 0,53 0,60	7	0,62 0,74 0,87 1,00 1,15	8	1,00 1,20 1,40 1,60 1,90
260 » 360 360 » 500	7	1,35 1,55	8	2,20 2,50	9	3,30 3,80

21. Приспособления для механической обработки наружных поверхностей отливок, изготовленных из оловянных бронз, латуни и алюминиевых сплавов

Размеры в мм

Наибольший габаритный размер отливки	Положение поверхности при заливке	Приспособление при номинальном размере				
		до 30	Св. 30 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500
До 30	Верх	0,8	—	—	—	—
Св. 30 до 80	Низ, бок	0,4	—	—	—	—
80 » 120	Верх	1,0	1,2	—	—	—
» 120 » 260	Низ, бок	0,6	0,8	—	—	—
260 » 500	Верх	1,2	1,4	1,6	—	—
	Низ, бок	0,8	1,0	1,2	2,0	—
	Верх	1,4	1,6	1,8	—	—
	Низ, бок	1,0	1,2	1,5	1,5	—
	Верх	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
	Низ, бок	1,2	1,5	1,5	2,0	2,5

**Примечания:** 1. Допускается увеличивать приспособления на внутренние поверхности: для приспособлений до 1,5 мм на 0,3 мм; для приспособлений 1,5 мм и более на 0,5 мм.

2. Приспособления на отливки из оловянных бронз уменьшаются; для приспособлений до 1,5 мм на 0,3 мм, для приспособлений 1,5 мм и более на 0,5 мм.

Допускаемые отклонения на размеры отливок из цветных сплавов можно устанавливать по нормалям (см. стр. 21).

**Чистота поверхности отливок** обычно соответствует 3—6-му классам по ГОСТу 2789—59. Для получения отливок по 5—6-му классу необходимо, чтобы рабочая полость прессформы имела 8-й класс.

**Припуски на механическую обработку** рекомендуется принимать по РТМ 516-64 (табл. 21).

При назначении припусков необходимо учитывать наличие обезуглероженного слоя на поверхности отливки толщиной до 0,7 мм, который при необходимости можно исправить термической обработкой или удалить механической обработкой.

## Конструктивные элементы деталей

Экономичность литья по выплавляемым моделям в значительной степени определяет конструкция отливаемых деталей.

Конструирование деталей, получаемых литьем по выплавляемым моделям, имеет некоторые особенности, изложенные ниже.

**Толщина стенок.** Отношение толщин сопряженных стенок детали не должно превышать 4 : 1. Толщину стенок отливок из различных сплавов выбирают по табл. 22.

### 22. Толщина стенок, получаемых литьем по выплавляемым моделям

Сплавы	Габаритные размеры детали в мм									
	Св. 10 до 50		Св. 50 до 100		Св. 100 до 200		Св. 200 до 350		Св. 350	
	Номи- нальная	Мини- мальная	Номи- нальная	Мини- мальная	Номи- нальная	Мини- мальная	Номи- нальная	Мини- мальная	Номи- нальная	Мини- мальная
Оловянно- свинцовые	1,0—1,5	0,7	1,5—2,0	1,0	2,0—3,0	1,5	2,5—3,5	2,0	3,0—4,0	2,5
Цинковые					2,5—3,5		3,0—4,0	2,5	3,5—5,0	3,0
Чугун	1,5—2,0	1,0	2,0—3,0	1,5	2,5—4,0	2,0	3,0—4,5	2,5	4,0—5,0	
2,0—3,5			2,0—3,5							
Медные Магниевые					3,0—4,0		3,5—5,0		4,0—6,0	
Алюмини- вые	2,0—2,5	1,5	2,5—4,0	2,0		2,5		3,0	4,0—7,0	
Сталь углеро- дистая					3,0—5,0		3,5—6,0		5,0—7,0	4,0

Примечание. Стенки толщиной меньше 0,75 мм можно допускать только в том случае, если они имеют небольшую поверхность (на длине не более 8—10 мм).

При переводе тонкостенных деталей, ранее изготавлившихся из поковок или проката, на литье по выплавляемым моделям, толщину стенок в отливках следует назначать по 20—30% больше; следует также подбирать другой более прочный сплав.

Необходимо избегать отдельных, разобщенных скоплений металла, которые приводят к образованию усадочных рыхлот, раковин и утяжек (рис. 20). Кроме того, подобные детали, имеющие несколько узлов скопления металла,

трудно получать литьем по выплавляемым моделям из-за крайней сложности прессформ и большого расхода металла на их изготовление.

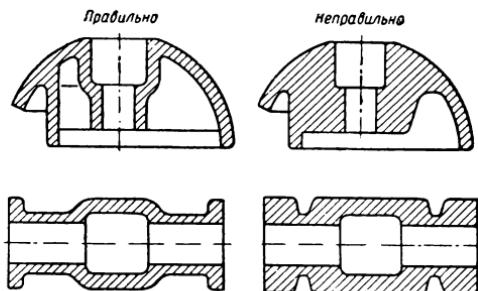


Рис. 20

нами). Промежутки между отверстиями и краем формы для обеспечения необходимой жесткости не должны превышать 50 мм.

Конструктивные (литейные) уклоны по наружным поверхностям деталей выполняют в направлении извлечения легкоплавких моделей из пресс-форм, по внутренним — в направлении удаления стержней и вкладышей из моделей (рис. 22).

Для деталей типа кольца или цилиндра при назначении толщины стенки необходимо учитывать возможность появления эллипсности, величина которой тем больше, чем больше диаметр детали.

**Толщина кромок.** При конструировании деталей с постепенно суживающимся профилем (например, гребных винтов, турбинных и компрессорных лопаток) необходимо руководствоваться следующими положениями:

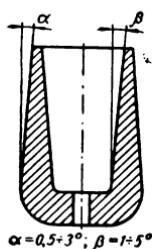


Рис. 22

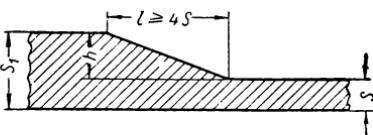


Рис. 21

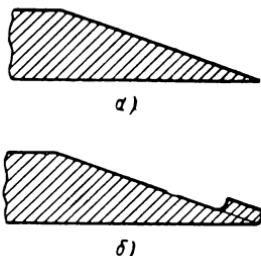


Рис. 23

для получения кромки минимальной толщины следует предусматривать плавное уменьшение толщины сечения, чтобы избежать образования трещин при охлаждении. Угол скоса поверхности не должен превышать 15°. Вдоль

При конструировании следует использовать принцип направленного затвердевания отливок; толщина стенок должна увеличиваться в направлении узла питания или снизу вверх по положению отливок при заливке.

При конструировании нагруженных отливок с большой разницей в толщине стенок следует предусматривать плавный переход от одной толщины к другой толщине стенки (рис. 21).

Плоскости большого размера ( $100 \times 100$  мм и больше) выполнять с отверстиями (окнами).

тонкой кромки (рис. 23, а) делают технологическое утолщение (рис. 23, б), которое удаляют при механической обработке;

практически минимальную толщину кромки можно принимать 0,3—0,4 мм; для деталей, работающих при повышенных температурах, допустимая толщина кромки должна быть не менее 0,6—0,7 мм.

**Ребра жесткости.** Прочность детали повышают не увеличением толщины ее стенки, а применением ребер жесткости. При литье по выплавляемым моделям, в отличие от других методов литья, ребра жесткости располагают на наружных поверхностях детали. Толщину ребер жесткости принимают 0,7—0,8 толщины стенки, чтобы ребра затвердевали раньше стенки. Слишком большое количество ребер жесткости усложняет технологический процесс получения отливок.

**Радиусы закруглений.** Величина радиусов закруглений может колебаться в широких пределах. Минимальный радиус при одинаковой или малой толщине стенок обычно принимают 1—2 мм. Уменьшение радиуса в этом случае снижает прочность отливки. При значительной разнице в толщине стенок радиусы закруглений увеличивают до 5—10 мм и более. При выборе радиусов закруглений руководствуются ГОСТом 10948—64. Во всех случаях необходимо избегать U-образных сопряжений трех стенок под острыми углами; такие сопряжения заменяют вильчатыми.

**Отверстия.** Литьем по выплавляемым моделям можно получать сквозные и глухие (заглушенные с одной стороны) литье отверстия. Сквозные литье отверстия диаметром  $d = 5$  мм и длиной  $l = (4 \div 6)d$  получают без затруднений; отверстия диаметром менее 3 мм, а также сквозные отверстия  $\frac{d}{l} \leq 0,5$  получать трудно, так как значительно сложнее изготовить керамическую форму удовлетворительного качества.

Минимальный диаметр отверстия принимают 0,5 мм в стенках из цветных сплавов толщиной 1 мм и из других сплавов толщиной 1,5 мм.

Расстояние  $h$  от отверстия до края детали назначают: для деталей толщиной более 3 мм, ограниченных прямыми кромками (рис. 24, а),  $h \geq d$ ; для цилиндрических (рис. 24, б)  $h > d$ ; при толщине стенки менее 3 мм расстояние до края увеличивают.

Диаметры сквозных отверстий под крепежные детали со стержнями диаметром 1—48 мм, устанавливаемые с зазорами в соединяемые детали, должны соответствовать ГОСТу 11284—65.

Глухие литье отверстия применяют лишь в крайних случаях, диаметры глухих отверстий должны быть не менее 3 мм; при  $\frac{d}{l} < 1$  отверстия получить трудно.

Дно глухого отверстия выполняют закругленным, а не плоским.

Отверстия диаметром менее 5 мм, которые не отливают, а получают после механической обработки, целесообразно намечать сферическими углублениями на отливке.

Допускаемые глубины сквозных и глухих отверстий приведены в табл. 23.

**Пазы.** Следует избегать применения глубоких пазов и узких полостей, для оформления которых могут потребоваться специальные стержни. Минимальное расстояние между ребрами, образующими паз (рис. 25), принимают: для цветных сплавов  $b \geq 1$  мм, для стали  $b \geq 2,3$  мм, при условии  $H \leq 2b$ .

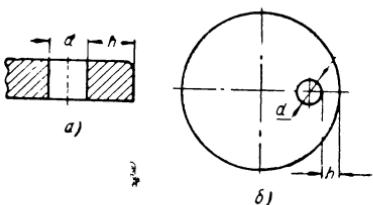


Рис. 24

## 23. Допускаемая глубина отверстий при литье по выплавляемым моделям

Размеры в мм

Диаметр отверстия	Глубина отверстия		Диаметр отверстия	Глубина отверстия	
	сквозного	глухого		сквозного	глухого
3—5	5—10	До 5	40—60	120—200	50—80
5—10	10—30	5—15	60—100	200—300	80—100
10—20	30—60	15—25	>100	300—350	100—200 и более
20—40	60—120	25—50			

**Резьбы и зубья.** Литая резьба получается неровной, не отвечает требованиям стандарта, требует калибровки метчиками или лерками. Точность ее не превышает 3-го класса, поэтому она применима только для неответственных деталей или при использовании сплавов, трудно обрабатываемых резанием, а также для получения специальных резьб с крупным шагом. Наружную резьбу отлит легче, чем внутреннюю.

Отливать зубья легче, чем резьбу. Получать зубья литьем экономически более целесообразно, чем механической обработкой. Шаг и радиальные размеры в местах зацепления достаточно точны и не требуют механической обработки. При особо жестких требованиях по точности размеров литые зубья шлифуют.

**Параллельные плоскости в деталях.** Не следует конструировать отливки с большими параллельными плоскостями, так как выполнение их в литье сложно; поверхности вследствие усадки и коробления моделей получаются неровными; для выравнивания их требуется дополнительная механическая

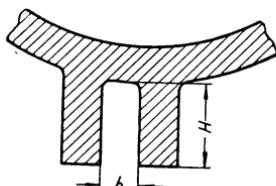
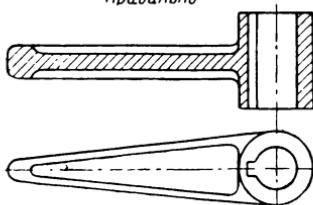


Рис. 25

Правильно



Неправильно

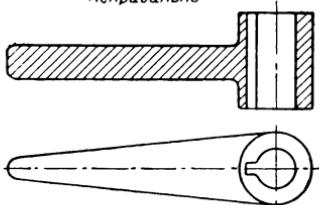


Рис. 26

обработка. Поэтому при конструировании отливок с параллельными плоскостями следует предусматривать устройство наружных опорных или контурных буртиков, каемок или ребер, выступающих над основной поверхностью (рис. 26), или технологических сквозных отверстий для скрепления параллельных стенок керамической формы дополнительными перемычками.

**Приливы и бобышки.** Эти элементы не должны препятствовать свободному извлечению моделей из прессформ. Как правило, их следует располагать на внешних поверхностях детали. Бобышки и приливы должны плавно переходить в тело детали по большим радиусам и конусным поверхностям (в пре-

делах 30—50°). Двусторонние бобышки конструировать не рекомендуется; количество приливов и бобышек должно быть минимальным.

**Внутренние полости.** В конструкциях литых деталей, получаемых литьем по выплавляемым моделям, рекомендуется избегать внутренних полостей, карманов, поднурений, усложняющих изготовление моделей, требующих применения керамических или карбамидных стержней.

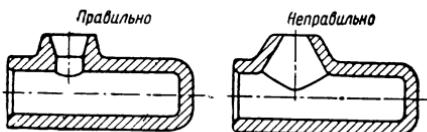


Рис. 27

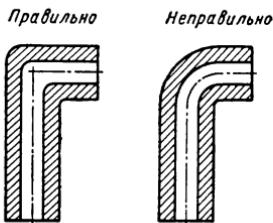


Рис. 28

Если внутренние полости необходимы, то их следует выполнять без уширений внутри детали (рис. 27), но с увеличением размеров в направлении контура.

При криволинейных полостях следует избегать внутреннего радиуса, чтобы полость можно было образовать двумя стержнями (рис. 28). Технология литья по выплавляемым моделям допускает использование растворимых материалов для стержней, но это связано с удорожанием формообразования.

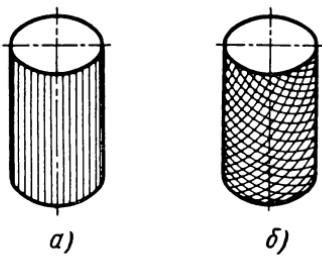


Рис. 29

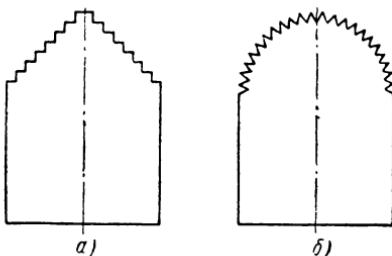


Рис. 30

**Рифленые поверхности.** При проектировании таких поверхностей следует избегать косого сетчатого рифления (рис. 29, б). Прямое рифление (рис. 29, а) позволяет проще удалить модель из формы. Элементы рифленой поверхности лучше выполнять прямоугольного профиля (рис. 30, а), избегая сложных профилей (30, б).

**Детали-представители, выполняемые литьем по выплавляемым моделям.** В автомобильной промышленности этим способом получают многие детали: вилки, защелки замков, упоры кабин, коромысло клапана, разные кулачки, тройники, фланцы, кронштейны и др.

Деталь-представитель: коромысло клапана ЗИЛ-130 из стали 45ЛК-1, вес 0,185 кг (рис. 31); не указанные на рисунке литейные уклоны 1°, допуски на свободные размеры по 7-му классу точности ГОСТа 7713—62.

Литье по выплавляемым моделям широко применяют в станкостроении, тракторостроении и других отраслях машиностроения.

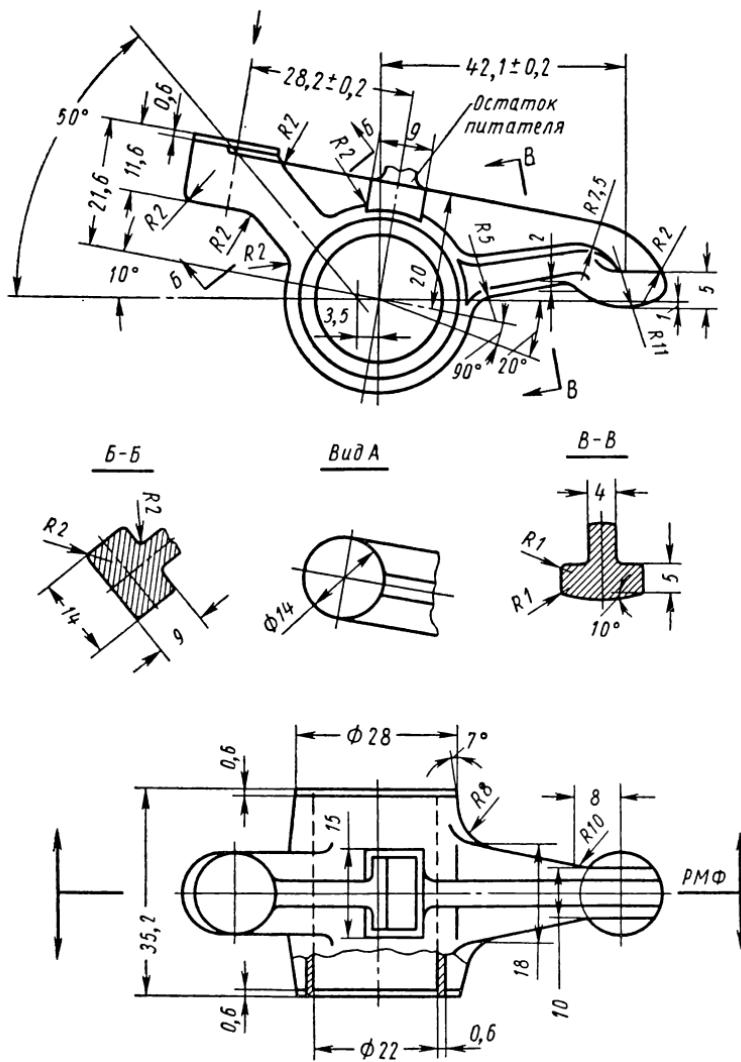


Рис. 31

### ЛИТЬЕ В ОБОЛОЧКОВЫЕ (КОРКОВЫЕ) ФОРМЫ

Преимущества литья в оболочковые формы по сравнению с литьем в песчаные формы:

- повышенная чистота поверхности и точность размеров отливок;
- уменьшение объема обрубных и очистных работ до 50%;
- возможность получения тонкостенных отливок из стали, чугуна и цветных сплавов любого химического состава;

сокращение на 40—50% (или полное устранение) объема механической обработки;

экономия металла (до 30—50%);

снижение брака отливок;

снижение расхода формовочных песков в 10—20 раз;

сокращение технологического оборудования и транспортных средств (отпадает потребность в сушильных печах);

простота механизации и автоматизации.

Этот способ используют преимущественно для изготовления мелких и средних по весу отливок (до 80 кГ).

В отдельных случаях получают отливки весом до 150 кГ, наибольшим размером 800 мм.

Литье в оболочковые формы применяют вместо литья по выплавляемым моделям, если получаемые отливки удовлетворяют требованиям по чистоте поверхности и точности размеров. Этим способом труднее получать отливки с развитой горизонтальной поверхностью, легче отливать контурные тонкостенные отливки из серого и магниевого чугуна, стали и цветных сплавов.

**Точность отливок.** Допускаемые отклонения размеров для отливок из стали можно брать по I классу точности ГОСТа 2009—55, для чугуна по I классу точности ГОСТа 1855—55. Допуски на размеры из цветных сплавов принимают по нормалиям НО.010.006 и НРО.010.082 (см. стр. 21 и 25), а также по ГОСТу 2689—54\*.

Отклонения размеров отливок из любых сплавов могут быть доведены до 0,2—0,5 мм на 100 мм, если направление размера не пересекает разъем формы. При наличии разъема отклонения размеров находятся в пределах до 0,5 мм.

Для снижения стоимости оснастки необходимо уменьшать количество размеров, имеющих допуски.

**Чистота поверхности.** Экспериментальные данные о чистоте поверхности приведены в табл. 24.

24. Чистота поверхности отливок при литье в оболочковые формы [39]

Сплавы	Высота микронеровностей в мк	Класс чистоты ГОСТ 2789—59
Силумин . . . . .	6—17	5—6
Латунь кремнистая	12—20	4—5
Чугун серый . . . .	12—20	4—5
Сталь углеродистая	18—40	3—4

**Припуски на механическую обработку.** В зависимости от размера, веса и конструктивных особенностей деталей припуски на механическую обработку назначают:

Наибольший размер детали в мм	До 50 Приспуск в мм	Св. 50 до 250 0,5—0,7	Св. 250 до 500 0,7—1,0	Св. 500 1,2—2,0

## Основные рекомендации по конструированию деталей

Конструирование деталей, отливаемых в оболочковые формы, имеет следующие особенности:

1. Этим способом можно выполнять отливки с острыми углами, тонкими стенками и ребрами, а также с художественными рельефами. В зависимости

от жидкотекучести сплава и сложности отливки, толщину стенок назначают в *мм* не менее:

Мелкие отливки (кроме стальных) .	2,0—2,5
Средние (и мелкие стальные) отливки	3,0—4,0

По сравнению с литьем в песчаные формы достигается значительная экономия металла.

Припуск на механическую обработку при литье в оболочковые формы (рис. 32, б) берут значительно меньший, чем при литье в песчаные формы (рис. 32, а).

2. Сокращение (лучше полное устранение) в конструкциях деталей сочетаний массивных сечений с тонкими, так как при литье в оболочковые формы применение холодильников и прибылей усложняет процесс изготовления оболочек и снижает производительность установок.

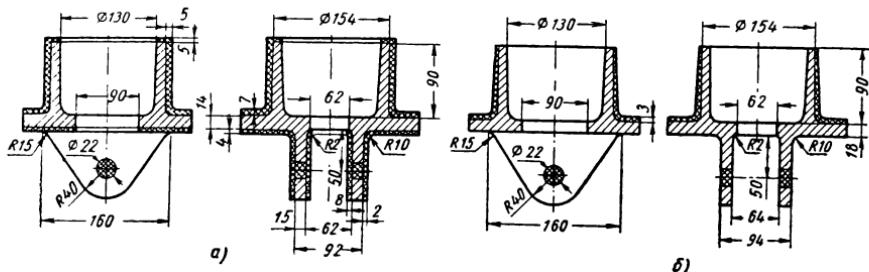


Рис. 32

3. Возможность назначать уклоны значительно меньшие, чем рекомендует ГОСТ 3212—57 ( $5^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $1^\circ$ ,  $30'$ ). Конструктивные уклоны на внутренних стенах позволяют оформлять внутренние полости не стержнем, а по модели.

4. При толщине стенок 10—12 *мм* можно выполнять отверстия диаметром 6 *мм* и более по модели (без стержней). При большей толщине стенок отверстия малого диаметра выполнять нецелесообразно.

5. Разъем формы должен быть по возможности прямолинейным. Излишние разъемы усложняют изготовление модельной оснастки.

6. Конфигурация детали в целом должна обеспечить возможность извлечения модели из формы с минимальным числом разъемов, без отъемных частей и с минимальным количеством стержней.

7. Установочные базы не следует располагать на верхней поверхности отливки, поверхности, образуемой стержнем, и в местах подвода металла к отливке.

8. В зависимости от толщины сопрягаемых стенок радиусы закруглений принимают 1, 2, 3, 5, 8 и 10 *мм*. Для стальных отливок радиусы закруглений должны быть не менее 3 *мм*. Переходный угол для оформления различных утолщений на отливке следует брать  $30$ — $45^\circ$ .

9. При конструировании деталей необходимо учитывать технические характеристики машин для изготовления полуформ и стержней.

Детали-представители, выполняемые литьем в оболочковые формы. Рекомендуется изготавливать литьем в оболочковые формы следующие детали для автомобилей:

цилиндры двигателей с воздушным охлаждением, гильзы блока цилиндров (для двигателей с гильзами без вставок), вставки к гильзам блока цилиндров (из легированного чугуна), толкатели клапана, блоки цилиндров компрессора,

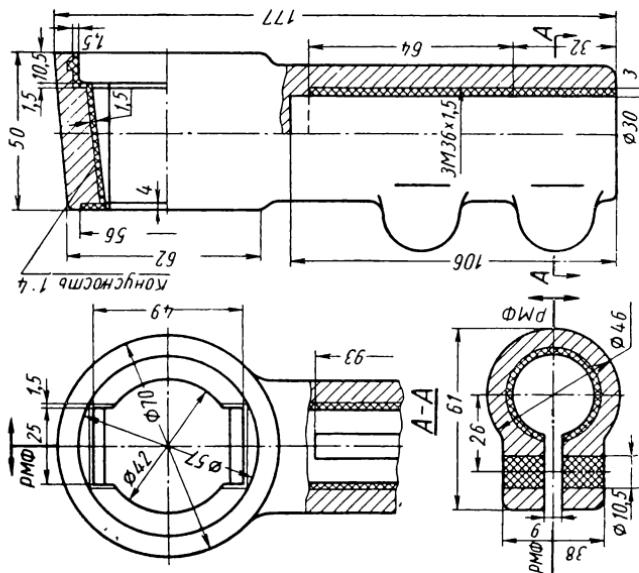


Рис. 34

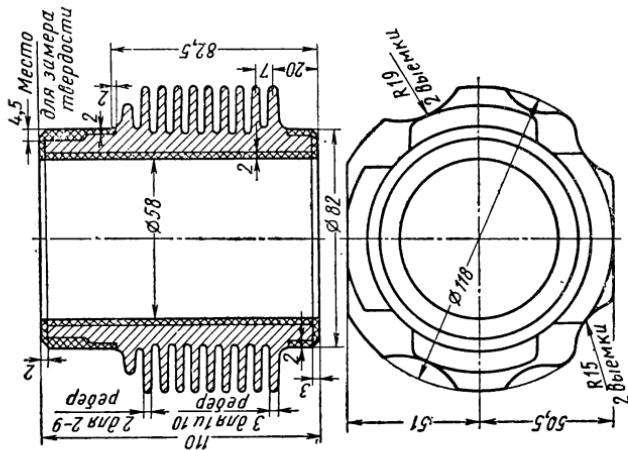


Рис. 33

распределительный вал, коленчатые валы из высокопрочного чугуна для легковых автомобилей, шестерня распределительного валика, наконечники, тяги и другие детали.

Детали-представители:

цилиндр двигателя с воздушным охлаждением автомобиля «Запорожец» из чугуна СЧ 21-40 весом 3,1 кГ (рис. 33); наконечник тяги сошки рулевого управления автомобиля Урал-375 из стали 35Л1 весом 1,79 кГ (рис. 34); коленчатый вал ГАЗ из высокопрочного чугуна ВЧ 50-1,5 весом 20,8 кГ (рис. 35).

Формовочные уклоны для деталей, показанных на рис. 33 и 34, берут  $2^\circ$ , для детали на рис. 35— $1^\circ$ , допуски по I классу точности ГОСТа 1855—55.

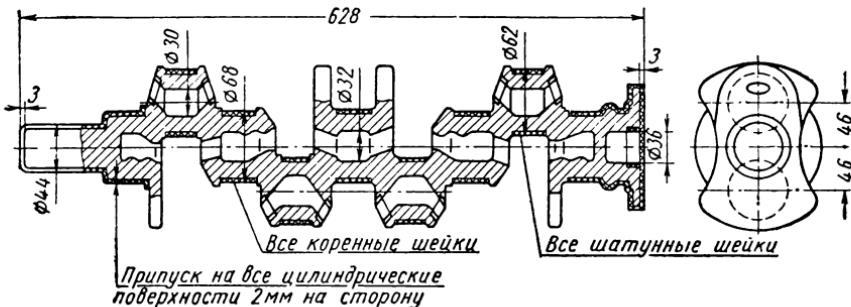


Рис. 35

Методом литья в оболочные формы можно получать аналогичные детали для других отраслей машиностроения.

### РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЛИТОЙ ДЕТАЛИ

Перед конструированием литой детали выбирают металл или сплав со свойствами, отвечающими техническим условиям, назначают способ литья, который в значительной степени определяет конструктивную форму детали, затем в соответствии с условиями эксплуатации детали решают вопрос о ее форме и габаритных размерах.

Установив форму и габаритные размеры, составляют первоначальный эскиз, максимально приближенный по конфигурации к окончательной форме детали, предусматривая наименьшие затраты на изготовление отливки и последующую механическую обработку.

Первоначальный эскиз детали корпуса клапана показан на рис. 36, а. На эскизе даны расчетные толщины стенок, а радиусы закруглений определены из условий работы. В зависимости от выбранного способа литья этот эскиз детали уточняют. При уточнении изменены предельные толщины стенок  $S$ , радиусы закруглений  $r$ , переходы сечения  $S_1$ , а также облегчены массивные части отливки  $a$  (рис. 36, б).

Следующим этапом является согласование эскиза с технологом-литейщиком и выбор положения отливки при заливке. Изготовление формы тесно связано с установлением плоскостей разъема, величиной конструктивных или формовочных уклонов и количеством стержней. Конфигурация отливки должна способствовать улучшению конструкции моделей и стержневых ящиков, уменьшению количества стержней, облегчению выбивки отливки из формы.

После согласования с технологом-литейщиком и выбора положения отливки при заливке увеличены толщины стенок по направлению к прибыли для создания условий направленного затвердевания отливки (рис. 36, в). По на-

стоянию технолога-литейщика введено отверстие  $d$  (рис. 36,  $z$ ), которое обеспечивало правильную установку стержня и облегчало изготовление детали.

На чертеж детали наносят размеры с допусками, чистоту поверхностей, а также составляют технические условия.

Последний этап конструирования заключается в согласовании с технологом-механиком условий установки и обработки отливки на металлообрабатывающих станках. При этом часто приходится предусматривать специальные технологические приливы, которые в дальнейшем срезают.

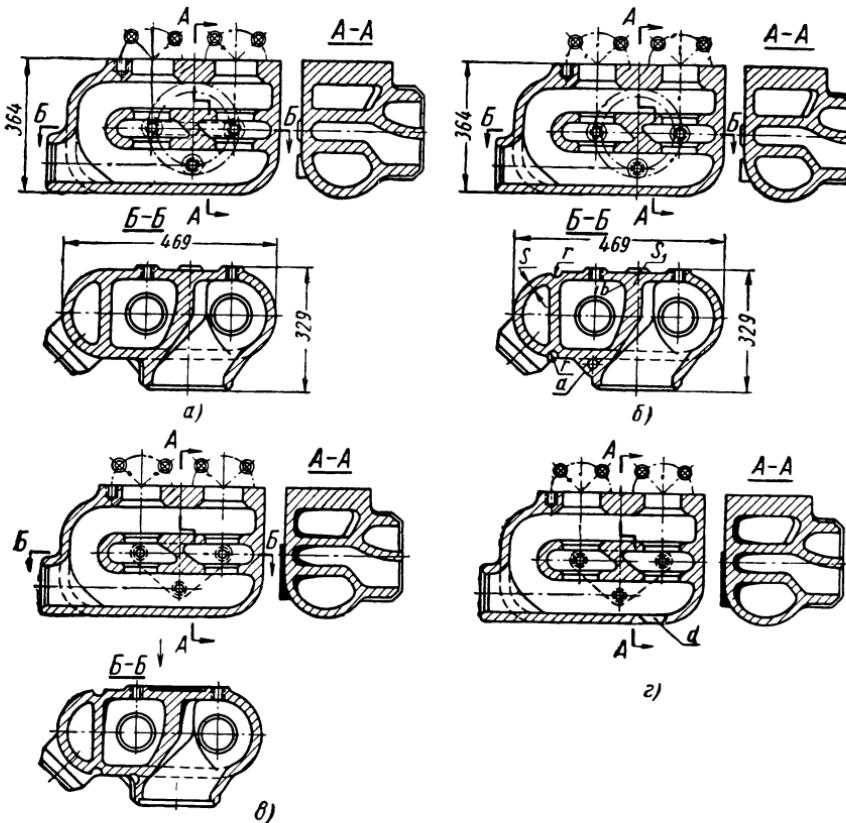


Рис. 36

тывающих станках. При этом часто приходится предусматривать специальные технологические приливы, которые в дальнейшем срезают.

Пример изменения конструктивных форм корпуса головки мешалки при изготовлении ее различными способами литья показан на рис. 37.

Первоначальная конструкция корпуса головки мешалки показана на рис. 37,  $a$ . Для серийного производства при литье в песчаную форму конструкцию корпуса головки изменили; устранили поднутрения и ввели формовку по цельной модели с плоским разъемом (рис. 37,  $b$ ), стержни 1 и 2 (рис. 37,  $b$ ) начали собирать вместе, прибыли для питания поместили в стержнях 3 и 5, для охлаждения массивных сечений предусмотрели ходильник.

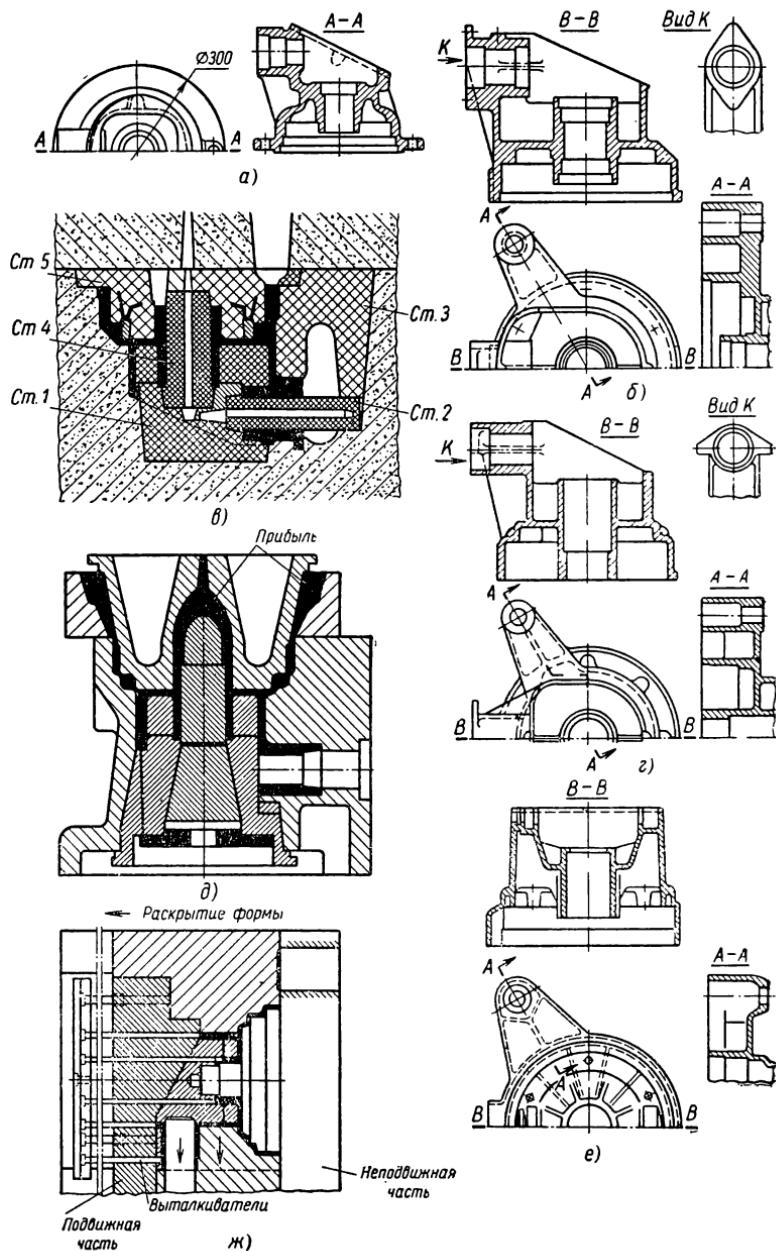


Рис. 37

Для литья в металлическую форму (кокиль) конструкцию детали необходимо изменить (рис. 37, г), толщину стенок с 7 мм уменьшить до 5 мм. Кокиль в сборе показан на рис. 37, д.

При переходе на литье под давлением конструкция детали претерпела дальнейшие изменения: толщину стенок уменьшили до 3,5 мм, выравняли сечения, устранили бобышки. Так как в отличие от литья в металлические формы (кокиль) при литье под давлением форма раскрывается лишь в одном направлении, верхнюю половину подшипников отделили и объединили с крышкой (рис. 37, е). Прессформа показана на рис. 37, ж.

Из примера следует, что при всех методах литья отливка не должна иметь поднутрений по отношению к плоскости разъема, толщину стенок выбирают с учетом метода литья, первоначальную конструкцию отливки, запроектированную без учета способа литья, не следует считать обязательной для всех методов литья.

---

## ГЛАВА V

### КОНСТРУИРОВАНИЕ АРМИРОВАННЫХ ОТЛИВОК

Армированием литьих деталей решают такие конструктивные или технологические задачи, которые обычными способами литья решить очень трудно или невозможно.

Армирование отливок преследует цель:

местного упрочнения или повышения износостойкости;

предохранения от хрупкого разрушения и от коррозии;

экономии дефицитных металлов;

повышения качества отливок и сокращения брака;

повышения технологичности и снижения трудоемкости механической обработки;

получения новых физических свойств.

Сущность армирования заключается в соединении в процессе литья в одну конструкцию двух и более металлов (черных, цветных, магнитных, с большим электросопротивлением и др.), обладающих различными свойствами, а также металлов и неметаллов (пластмасс, керамики, прессованного картона, дерева, фибры и др.). Соединение осуществляют двумя способами: механическим сцеплением и сплавлением металлов.

На рис. 1, *a* приведен тормозной барабан автомобиля ГАЗ-51 из чугуна СЧ 18-36, армированного стальной штампованной заготовкой, а на рис. 1, *б* — технология его отливки в песчаную форму.

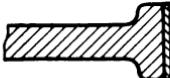
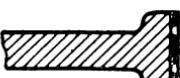
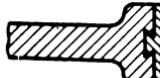
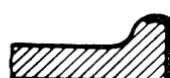
Пример армирования с целью повышения стойкости к истиранию показан на рис. 1, *в*; алюминиевое рабочее колесо вентилятора армировано стальной втулкой. Чугунная крышка на рис. 1, *г* армирована с целью устранения узлов скопления металла, в которых возможно появление усадочных раковин. При армировании простыми по форме деталями можно получать сложные отливки (рис. 1, *д*). В армированных отливках обеспечивается герметичность стенок и их стыков с арматурой (рис. 1, *е*). Пример армирования с целью снижения трудоемкости механической обработки приведен на рис. 1, *ж*, где в крышку гризевого насоса залита трубка.

Армированием защищают от износа детали, отливаемые из магниевых сплавов, имеющих низкую твердость (табл. 1). Способы армирования отливок устанавливают в зависимости от конструкции армирующих вставок, качества металла вставок и основного металла отливки, а также от требований технических условий к характеру сцепления вставок с телом основной отливки. Конструкция армирующих вставок должна быть проста в изготовлении, удобна для установки в форму и для последующей механической обработки.

Армирующие вставки, заливаемые внутрь тела отливки и предназначенные для придания ей определенной механической прочности, не должны иметь острых впадин, надрезов и других элементов, ослабляющих прочность вставок и отливок.

По РТМ 12-60 толщина стенки детали, при превышении температуры плавления металла армирующей вставки над температурой плавления детали до 300°С, должна превышать толщину армирующей вставки в 4 раза, если эта

## 1. Армирование с целью защиты от износа деталей из магниевого сплава

Конструкция	
обычная	армированная
	
Сталь напрессовывают или насаживают т горячим способом	В стальной пластине делают отверстия с обратным конусом
	
Сталь накатывают	Кромки стальной пластины загибают, их концы входят в тело отливки
	
Стальную накладку закрепляют на детали ласточкиным хвостом, который изготавливают механической обработкой	Стальную накладку закрепляют ласточкиным хвостом
	
Стальную пластину приваривают	Кромки стальной пластины загибают и концы их заливают в тело отливки
	
Стальную накладку прикрепывают	Концы стальной пластины загибают и заливают в тело отливки

вставка служит рабочей поверхностью (рис. 2), и в 3 раза, если составляет только ее часть (рис. 3). При разности температур плавления свыше  $300^{\circ}\text{C}$  толщина стенки детали должна быть больше толщины армирующей вставки соответственно в 2,5 и 2 раза. Расстояние вставки до наружной поверхности

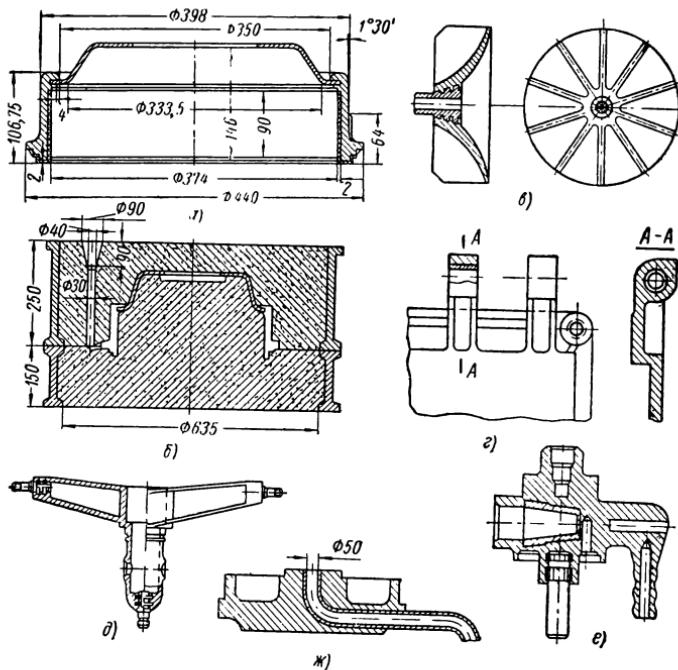


Рис. 1

детали принимают не менее 0,75 диаметра вставки для сплошных сечений и 0,5 диаметра для трубчатых сечений.



Рис. 2



Рис. 3

Температуры плавления основных литьевых сплавов, применяемых для изготовления армированных отливок, приведены в табл. 2.

При превышении температуры плавления металла вставки над температурой плавления металла детали до  $300^{\circ}$  следует предусматривать надежное механическое крепление вставки в теле детали (замки). Конструкции замков приведены в табл. 3.

## 2. Температура плавления литейных сплавов

Сплавы	Температура плавления в °C	Сплавы	Температура плавления в °C
<b>Чугун</b>		<b>Латуни</b>	
Серый Белый	1200 1150	ЛКС 80-3-3 ЛК 80-3Л ЛАЖ 60-1-1Л; ЛМцС 58-2-2; ЛМцЖ 55-3-1;	890 900 900—920
<b>Сталь</b>		ЛАЖ 52-4-1; ЛС 59-1Л ЛА 67-2,5 ЛАЖМи 66-6-3-2	950 980
При содержании 0,3% С То же 0,8% С » » 1,6% С	1510 1485 1420		
<b>Бронзы</b>		<b>Алюминиевые сплавы</b>	
Бр. ОЦ 10-2; Бр. ОЦС 6-6-3; Бр. ОЦС 3-12-5	1000—1015	АЛ2 АЛ3; АЛ4; АЛ5; АЛ8; АЛ9; АЛ10 АЛ1; АЛ7; АЛ12; АЛ13	590 612—626 630—636 645
Бр. С 30	990		
Бр. ОФ 10-1	970		
Бр. ОЦСН 3-7-5-1; Бр. ОЦС 5-5-5		<b>Магниевые сплавы</b>	
Бр. ОЦС 4-4-17	975—990	Мл1; Мл2	643—650
Бр. ОС 5-25	920	Мл3; Мл4	610—628
Бр. АЖ 9-4Л; Бр. АМи 9-2Л;	890	Мл5; Мл6	596—602
Бр. АЖС 7-1-5-1,5	1045—1065	<b>Цинковые сплавы</b>	
Бр. АЖМц 10-3-1,5	1080	ЦАМ 3-4	380—450
Бр. АЖ 10-4-4Л	1140	ЦАМ 10-5	390—400

Конструкцию замков выбирают в зависимости от усилия (тяга, вращение), которое испытывает вставка. При превышении температуры плавления металла вставки над температурой плавления металла детали:

а) до 300°С следует предусматривать надежное крепление вставки в тело детали; например, скобы и крюки для транспортирования тяжелых деталей выполняют с раздвоенным концом, а на деталях предусматривают приливы;

б) выше 300°С допускается применение замков, менее сложных по конфигурации, например, типа шпоночных срезов, что значительно упрощает конструкцию армирующей вставки. В этом случае связь тела отливки с арматурой обеспечивается не столько их механическим сцеплением, сколько образованием промежуточного переходного слоя.

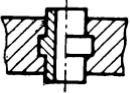
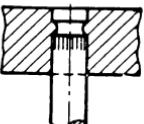
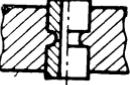
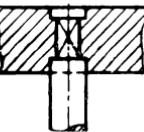
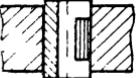
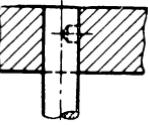
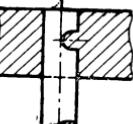
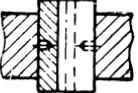
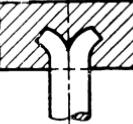
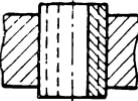
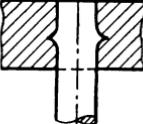
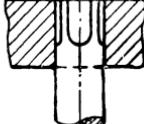
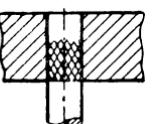
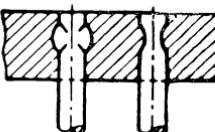
Площадь сечения арматуры для металлов, имеющих температуры плавления, различающиеся более чем на 300°С, не должна превышать 15% площади сечения тела армированных отливок, а при разнице температур менее 300°С площадь сечения арматуры должна быть в пределах 8—12%.

При установке арматуры необходимо учитывать возможность образования в ней трещин как в момент заливки металлом, так и в период эксплуатации при переменной температуре. В первом случае трещины вызываются разницей коэффициентов линейной усадки основного металла и металла вставки. Поэтому расстояние от наружной поверхности отливки до армирующей вставки не должно быть менее  $\frac{3}{4}$  диаметра армирующей вставки, если она имеет сплошное сечение, и не меньше  $\frac{1}{2}$  диаметра при трубчатом сечении.

Во втором случае появление трещин связано с различными коэффициентами линейного расширения основного металла и металла вставок и развитием в связи с этим в детали переменных напряжений растяжения и сжатия. Устранить появление трещин можно путем удаления армирующих вставок от источников тепла на достаточное расстояние.

Для уменьшения напряжений, связанных с различием коэффициентов линейного расширения и усадки, можно применять предварительный нагрев одной из составляющих частей армированной детали.

## 3. Конструкции замков для крепления армирующих вставок

Замок	Эскиз	Замок	Эскиз
Внешний буртик		Заточка с прямой накаткой	
Кольцевой паз		Разделка на квадрат	
Накатка		Засверловка	
Квадрат и буртик		Паз	
Отверстия		Раздвоенный конец	
Резьба		Насечка	
Выточка		Скосы	
Косая накатка		Расплющенный конец	

## 4. Свободная линейная усадка литьевых сплавов при охлаждении

Сплавы	Пределы свободной линейной усадки в %
<i>Сталь конструкционная</i>	
15Л	2,35—2,45
35Л	2,20—2,40
45Л	2,15—2,35
55Л	2,10—2,30
<i>Сталь конструкционная легированная</i>	
35ГЛ, 35ХМЛ, 35ХНЛ, 35ХГСЛ	2,0—2,2
<i>Сталь высоколегированная со специальными свойствами</i>	
1Х13Л, 2Х13Л, Х9С2Л, Х6С2МЛ	1,8—2,2
Х18Н9ТЛ, Х25Н19С2Л	2,3—3,0
Х25ТЛ, Х28Л, Х34Л	1,5—1,8
Г13Л	2—3,0
<i>Чугун</i>	
серый	0,8—1,2
ковкий	1,5—1,7
высокопрочный	1,4—1,6
<i>Бронзы оловянные</i>	
Бр.ОЦС 6-6-3	1,2—1,3
Бр.ОЦС 3-12-5	1,5—1,6
Бр.ОЦС 4-4-17	1,4—1,5
<i>Бронзы безоловянные</i>	
Бр.АМц 9-2Л; Бр.АЖН 10-4-4Л	1,7—1,8
Бр.АЖ 9-4Л; Бр.АЖМц 10-3-1,5	2,3—2,5
<i>Латуни</i>	
ЛК 80-3Л, ЛКС 80-3-3	1,7
ЛМцС 58-2-2	1,8
ММцЖ 55-3-1	1,6
ЛС 59-1Л	2,23
<i>Алюминиевые сплавы</i>	
АЛ1	1,40
АЛ2	0,80
АЛ3	1,10
АЛ4	0,84
АЛ4В	1,15
АЛ5	0,96
АЛ19	2,25
АЛ6	1,08
АЛ7	1,4
АЛ8	1,3
АЛ9, АЛ11	1,0
АЛ13	0,97
АЛ22, ВАЛ4	1,2
<i>Магниевые сплавы</i>	
Мл2	1,7—1,9
Мл3	1,6
Мл4	1,3—1,4
Мл5, Мл7	1,2—1,3
Мл6	1,1—1,2
Мл9	1,2—1,45
Мл10, Мл11	1,2—1,5
Мл12, Мл14, ВМл1	1,3—1,5
ВМл3	1,2—1,4
<i>Цинковые сплавы</i>	
ЦАМ 10-5 и др.	0,9—1,2

## 5. Коэффициенты теплового линейного расширения сплавов

## А. Чугун и сталь

Материал	$\alpha \cdot 10^{-6}$ при $100^{\circ} \text{C}$	Материал	$\alpha \cdot 10^{-6}$ при $100^{\circ} \text{C}$
Чугун серый и высокопрочный . . . . .	10—12	Сталь кремнистая . . . . .	11,3—12,4
Чугун белый . . . . .	9—10	» марганцовистая . . . . .	12,4—16,9
» ковкий черносердечный . . . . .	10—12	» хромистая . . . . .	10,0—15,5
» » белосердечный . . . . .	10—11	» хромоникелевая . . . . .	10,8—16,5
Сталь нелегированная . . . . .	11,1—12,4	» хромомолибденовая . . . . .	9—13,5

## Б. Алюминиевые сплавы

Марка	$\alpha \cdot 10^{-6}$			$\alpha \cdot 10^{-6}$			
	20—100° C	20—200° C	20—300° C	20— 100° C	100— 200° C	200— 300° C	300— 400° C
АЛ1	22,3	23,2	24,4	Мл2	26,6	27,3	27,7
АЛ2	21,1	22,1	23,3	Мл3	26,0	27,0	—
АЛ3	22,0	23,2	24,0	Мл4	26,4	27,6	28,3
АЛ4	21,7	22,5	23,5	Мл5	26,8	28,1	28,7
АЛ5	23,1	23,9	25,2	Мл6	26,1	27,3	27,7
АЛ7	23,0	—	—	Мл7-1	23,0	24,0	26,8
АЛ8	24,5	25,6	23,3	Мл9	25,6	28,7	30,8
АЛ9	23,0	24,0	24,5	Мл10	25,02	26,07	26,71
АЛ11	—	24,4	26,6	Мл11	21,9	22,7	24,8
АЛ14	20,0	24,0	27,0	Мл12	26,2	29,5	31,1
ВАЛ4	23,2	24,5	25,2	Мл14	25,2	—	—
АЛ22	24,5	25,6	27,3	ВМл1	27,3	—	29,3
АЛ19	19,5	21,87	25,62	ВМл3	26,8	—	—
АЛ21	22,9	24,6	27,8				

## 6. Твердость литейных сплавов

Сплавы	ГОСТ	Марка	Твердость HB
Серый чугун	1412—54	СЧ 12-28 СЧ 15-32 СЧ 18-36 СЧ 21-40 СЧ 24-44 СЧ 28-48 СЧ 32-52 СЧ 35-56 СЧ 38-60	143—229 163—229 170—229 170—241 170—241 170—241 187—255 197—269 207—269
Ковкий чугун*	1215—59	КЧ 30-6 КЧ 33-8 КЧ 35-10 КЧ 37-12 КЧ 45-6 КЧ 50-4 КЧ 56-4 КЧ 60-3 КЧ 63-2	163 163 163 163 241 241 269 269 269
Высокопрочный чугун	7293—54	ВЧ 45-0 ВЧ 50-1,5 ВЧ 60-2 ВЧ 45-5 ВЧ 40-10	187—255 187—255 197—269 170—207 156—197

Продолжение табл. 6

Сплавы	ГОСТ	Марка	Твердость HB
Антифрикционный чугун	1585—57	АСЧ-1 АСЧ-2 АСЧ-3 АВЧ-1 АВЧ-2 АКЧ-1 АКЧ-2	180—229 190—229 160—190 210—260 167—197 197—217 167—197
Жаростойкий чугун	7769—63	ЖЧХ-0,9 ЖЧХ-1,5 ЖЧХ-2,5 ЖЧНДХ-15-7-2 ЖЧС-5,5 ЖЧСШ-5,5-0,1	207—285 207—285 228—363 120—197 140—255 228—321
Коррозионно-стойкий и жаропрочный чугун	11849—66	4НХТ 4Н1ХМД 4Н1МШ 4Н15Д7Х2 4Н15Д3ХШ 4Н19Х3Ш 4Н11Г7Х2Ш	201—286 201—286 183—286 120—197 120—255 120—255 120—255
Конструкционная нелегированная сталь	977—65	15Л 20Л 25Л 30Л 35Л 40Л 45Л 50Л 55Л	109—136 116—144 124—151 131—157 137—166 146—173 153—179 159—190 170—199**
Высоколегированная сталь со специальными свойствами	2176—57	X28Л X34Л	220—270 250—320
Высококремнистые сплавы (ферросилид)	2233—43	C15 C17	300—400 400—460
Титановые сплавы	—	—	311—321
Алюминиевые сплавы	2685—63	АЛ8 АЛ27 АЛ27-1 АЛ13 АЛ22 АЛ23 АО23-1 АЛ28 АЛ29 АЛ2 АЛ4 АЛ4В АЛ9 АЛ9В АЛ7 АЛ7В АЛ19 АЛ3 АЛ3В АЛ5 АЛ6 АЛ1А АЛ14В	60 75 75 55 90 60 60 55 60 50 50—70 70—90 45—70 60—75 60—70 55—70 70—90 65—75 65—75 65—70 45 80—90 70—85

\* Твердость приведена наибольшая.

\*\* После термообработки.

Продолжение табл. 6

Сплавы	ГОСТ	Марка <sup>1</sup>	Твердость HB
Алюминиевые сплавы	2685—63	АЛ15В АЛ1 АЛ11 АЛ16В АЛ17В АЛ18В АЛ20 АЛ21 АЛ24 АЛ25 АЛ26 АЛ30	70—85 80—95 60—90 65—70 60—85 80 65 65—75 60—70 90 90 90
Магниевые сплавы	2856—55	Мл1 Мл2 Мл3 Мл4 Мл5 Мл6	40 30 40 50—60 50—65 50—65
Латуни	1019—47	ЛА 67-2,5 ЛАЖМц 66-6-3-2 ЛАЖ 60-1-1Л ЛК 80-3Л ЛКС 80-3-3 ЛМцС 58-2-2 ЛМцОС 58-2-2-2 ЛМцЖ 55-3-1 ЛМцЖ 52-4-1 ЛС 59-1Л	90 160 — 90—100 70—100 70—80 90—100 90—100 90—100 80
Бронзы безоловянные	493—54	Бр. АМц 9-2Л Бр. АМц 10-2 Бр. АЖ 9-4Л Бр. АЖМц 10-3-1,5 Бр. АЖС 7-1,5-1,5 Бр. АЖН 10-4-4Л Бр. АЖН 11-6-6 Бр. С30 Бр. СН 60-2,5	80 110 100 120 — 170 250 25 14
Бронзы вторичные оловянные	613—50	Бр. ОЦСН 3-7-5-1 Бр. ОЦС 3-12-5 Бр. ОЦС 5-5-5 Бр. ОЦС 6-6-3 Бр. ОЦС 4-4-17 Бр. ОЦС 3,5-6-5	60 60 60 60 60 60
Сплавы на цинковой основе, антифрикционные	7117—62	ЦАМ 10-5 ЦАМ 9-1,5	95 95

Величины коэффициентов линейной усадки и линейного теплового расширения приведены в табл. 4 и 5.

При выборе литейного сплава для местного упрочнения детали следует учитывать также твердость литейных сплавов (табл. 6).

Армированные детали изготавливают в разовых сухих и сырых формах, а также специальными способами литья: под давлением, в кокиль, по выплавляемым моделям, в оболочковые (корковые) формы.

Рекомендации по конструированию армированных отливок, приведенные выше, касаются всех способов их получения; однако конструкции армированных отливок, получаемых специальными способами литья, имеют некоторые особенности.

Литье под давлением. Армированные детали, отлитые под давлением, показаны на рис. 4.

При конструировании армированных деталей, получаемых литьем под давлением, следует придерживаться следующих рекомендаций.

Армирующую вставку не следует располагать слишком далеко от литникового канала, так как желательно, чтобы ее омывали горячие порции металла. Однако металл из литника не должен ударять в армирующую вставку, так как возможно ее смещение и частичное разъединение жидким металлом.

Стержни с резьбой во избежание проникновения металла в резьбу заливают так, чтобы резьба кончалась на расстоянии  $l \geq \frac{1}{2}d$  от поверхности отливки (рис. 5, а).

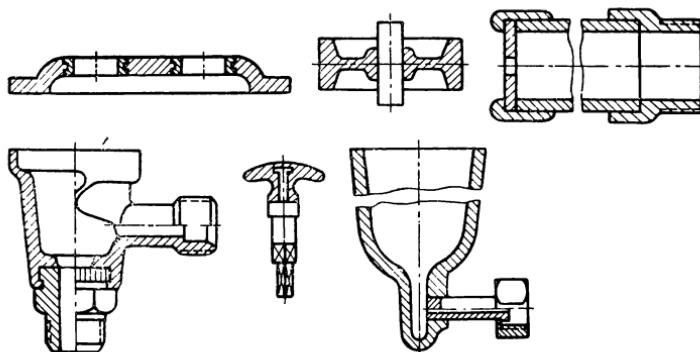


Рис. 4

Втулки заливают так, чтобы торцы их были не залиты, это гарантирует от смещения втулки вдоль оси при смыкании прессформы (рис. 5, б); если невозможно оставить открытыми оба торца втулки, то не заливают хотя бы один, а для сопряжения второй торцовой поверхности с отливкой принимают  $D > d$  (рис. 5, в); такое же соотношение диаметров берут в случае, когда необходимо иметь оба торца залитыми (рис. 5, г).

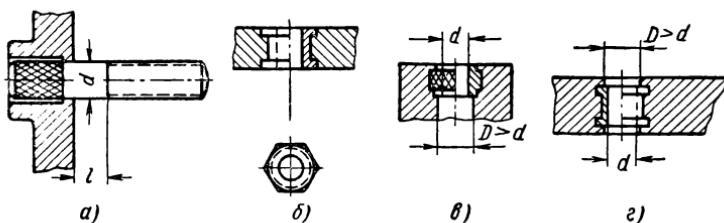


Рис. 5

**Литье в металлические формы (кокилии).** При конструировании армированных отливок учитывают, что соотношение между массой металла отливки и армирующих вставок должно быть изменено в сторону уменьшения массы последнего. Например, при армировании отливок трубками выдерживают следующее соотношение толщин:

Толщина стенки отливки вокруг трубы в мм	До 25	Св. 25 до 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200
Толщина трубы в мм	3,0	4,5	6,0	9,0

Наибольшую толщину тела отливки определяют из условий предотвращения проплавления трубок жидким металлом.

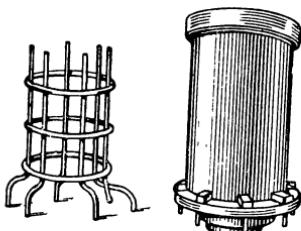


Рис. 6

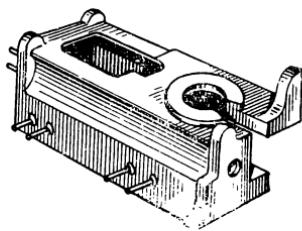
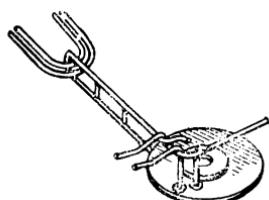


Рис. 7

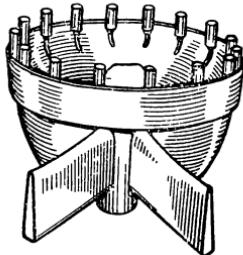


Рис. 8

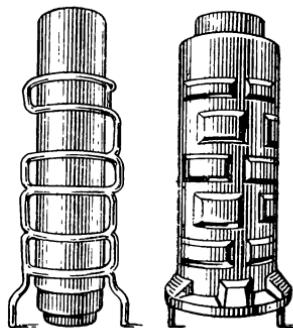


Рис. 9

Для чугунных отливок рекомендуется использовать стальные трубы; для отливок из алюминиевых сплавов — трубы из нержавеющей стали или никелевого сплава (для специальных целей).

Назначение армирующих трубок — получение отливок с мелким зерном и повышенными механическими свойствами, изготовление отливок с криволинейными отверстиями сложной конфигурации, а также очень длинных отверстий небольшого диаметра (до 3 мм); при этом обеспечивается герметичность, компактность, снижается вес отливок.

Примеры армированных отливок показаны на рис. 6—9. На этих рисунках приведены отливки и залитая в них арматура; на рис. 6 — чугунная отливка, армированная стальными трубками; на рис. 7 — отлитый в кокиль корпус гидравлической системы из алюминиевого сплава, армированный стальными трубками и диском из износостойкой стали, арматура соединена в один узел высокотемпературной пайкой; на рис. 8 — трубчатая арматура и армированная отливка из алюминиевого сплава; на рис. 9 — корпус генератора с жидкостным охлаждением.

Литье по выплавляемым моделям. При изготовлении армированных литьих деталей армирующие вставки помещают в прессформу перед тем, как ее заполняют модельным составом. При этом учитывают, что концы армирующих вставок должны выступать за пределы модели и допускать их крепление в форме после выталкивания модельного состава, конструкция прессформ должна предусматривать применение армирующих вставок.

---

## ГЛАВА VI

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТО-СВАРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Создание современного крупногабаритного оборудования потребовало новых инженерных решений, позволяющих изготавливать его с наименьшими затратами труда и материалов.

Применение лито-сварных конструкций, которое стало возможным после разработки надежных способов сварки, является одним из прогрессивных решений. Расчленение крупногабаритной и сложную деталь на менее сложные и мелкие составные части, можно более экономично отлиты эти части (заготовки), а затем сварить их в общий узел. Такие конструкции позволяют в одном сварном узле комбинировать заготовки из металла разных марок.

Практика показала, что электрошлаковой сваркой можно изготавливать крупногабаритные лито-сварные конструкции любой величины и веса при высоком качестве сварных швов. Можно сваривать литье детали из углеродистых, конструкционных и легированных сталей, чугуна и титана.

Накоплен достаточный опыт проектирования и изготовления лито-сварных и сварно-комбинированных (лито-ковано-сварных, лито-штампованны-сварных, лито-прокатно-сварных и лито-ковано-прокатно-сварных) конструкций.

Однако расчленение сложных крупногабаритных конструкций на несколько частей не всегда целесообразно. Иногда в результате расчленения увеличивается объем механической обработки, несколько уменьшается жесткость конструкции и увеличивается расход металла на литниковые системы и прибыли. Конструкцию целесообразно расчленять на составные части при следующих условиях:

если изготовление цельнолитой детали связано с большими производственными трудностями в литейном цехе и очень сложной механической обработкой;

если изготовление цельнолитой детали связано с большим литейным браком из-за нетехнологичности конструкции;

в случае, когда только отдельные части детали требуют сложной и точной механической обработки;

когда отдельные части детали работают в особо сложных условиях ( повышенный износ, коррозия и т. п.) и изготовление их требует применения более дорогих сплавов;

если отливка представляет собой разветвленную конструкцию со значительным количеством больших выступающих частей и изготовление ее требует крупногабаритных форм и больших затрат формовочных материалов и рабочего времени в литейном цехе.

Иногда детали расчленяют исходя из удобства транспортирования (например, при большом весе и габаритах) и очень редко с целью полного устранения стержней при изготовлении формы.

### Выбор материала

При выборе материала для лито-сварных деталей и конструкций следует: согласовать материал с технологом-сварщиком для обеспечения хорошей свариваемости, по возможности без применения подогрева;

избегать различных по химическому составу сталей при близких или одинаковых свойствах, это усложняет обеспечение литыми заготовками, выбор электрода и режимов термической обработки;

выбирать более пластичные стали в связи с тем, что пластичность стали имеет особое значение при изготовлении либо-сварных деталей;

выбирать сталь, менее склонную к прокаливаемости для обеспечения лучшей свариваемости.

Под свариваемостью понимают способность однородных или разнородных металлов образовывать сварное соединение, надежно работающее при заданных режимах эксплуатации.

Содержащиеся в стали элементы по-разному влияют на свариваемость.

**Углерод.** При содержании углерода до 0,25% сталь сваривается хорошо. Дальнейшее увеличение количества углерода резко ухудшает свариваемость, так как может служить причиной закалки в переходных зонах и возникновения трещин.

**Марганец** в обычных сталях содержится в количестве 0,3—0,8% и не затрудняет сварку. В некоторых специальных сталях его содержание повышается до 1,8—2,5%, в этом случае он увеличивает закаливаемость стали и может способствовать образованию трещин.

В высокомарганцовистых сталях марганца содержится 11—16%. Во время сварки он интенсивно выгорает, поэтому необходимо применять специальные способы защиты (применение качественных электродов, флюсов, защитных газов).

**Кремний** в обычных углеродистых сталях содержится в количестве 0,02—0,3%, а в специальных сталях достигает 0,8—1,5%. Кремний хотя и увеличивает жидкотекучесть сплавов, но затрудняет сварку, легко окисляется, образует тугоплавкие окислы и шлаковые включения.

**Хром** в обычных сталях содержится в количестве 0,2—0,3%, конструкционных — 0,7—3,5%, хромистых — 12—18%, хромоникелевых — 9—35%. Хром очень затрудняет сварку, так как усиливает окисление и содействует образованию тугоплавких окислов ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ); образует карбиды хрома (содействия хрома с углеродом), которые увеличивают твердость и ухудшают химическую стойкость стали; способствует закалке и повышению твердости в переходных зонах сварного соединения.

**Никель** в обычных сталях содержится в количестве 0,2—0,3%, в конструкционных — 1—5%, в легированных — 8—35%, а в некоторых специальных сплавах достигает 85%. Никель не ухудшает свариваемость стали, измельчает ее зерно и является полезной примесью, увеличивающей пластичность и прочность стали. Однако никель является дефицитным материалом и поэтому следует ограничивать его содержание в стали.

**Молибден** содержится в сталях в количестве 0,15—0,8%. Его добавляют в стали, работающие при высоких температурах и ударных нагрузках. Молибден сильно измельчает зерно стали, увеличивает ее прочность и ударную вязкость, но затрудняет сварку, так как служит причиной образования трещин в шве и переходных зонах; сильно окисляется и выгорает при сварке.

**Вольфрам** содержится в сталях от 0,8 до 18%. Он резко увеличивает твердость стали и ее работоспособность при высоких температурах, но затрудняет сварку, так как сильно окисляется и требует надежной защиты от кислорода.

**Титаниниобий** содержится в сталях в количестве 0,5—1%. Их применяют в нержавеющих и жаропрочных сталях как сильные карбидообразователи. Они связывают углерод и препятствуют образованию вредных для этих сталей карбидов хрома.

Применяемые для изготовления либо-сварных деталей марки сталей и их характеристики приведены в табл. 1.

## 1. Стали для изготовления либо-сварных деталей

Группа	Марка	ГОСТ или ТУ	Назначение	Стойкость и температура эксплуатации в °С, не выше
Углеродистая	20Л, 25Л, 30Л, 35Л (применяют при содержании се-ры и фосфора до 0,05%; марки 30Л и 35Л используют при содержании углерода в отливках до 0,32%)	ГОСТ 977-65	Либо-сварные де-тали общего и энер-гетического машино-строения (цилинд-ры, клапаны, за-движки, комбиниро-ванные конструкции с большим объемом сварки, арматура трубопроводов, диа-фрагмы паровых турбин и турбома-шин)	450
Кремнемар-ганцевая	20ГСЛ, 25ГСЛ	Марочник ста-лей МТМ № 1763 ТУ НКМЗ	Либо-сварные де-тали общего и энер-гетического машино-строения (литые детали машин повышенной прочности, валов и лопастей гидротурбин)	100
Хромомолиб-деновая перлитная	20ХМЛ	ПМТУ 17-55 (ЛМЗ)	Либо-сварные де-тали паровых и га-зовых турбин (от-ливки цилиндров па-ровых коробок и ар-матуры)	500
Хромомолиб-денованадиевая	20ХМФЛ	ТУ МИ 205-57 Нормаль МВН 632-58	Либо-сварные де-тали энергомашино-строения (цилиндры, паровые и сопловые коробки, фасонные отливки для армату-ры и трубопроводы высокого давления)	510—540
	15Х1М1ФЛ	ТУ МИ 235-56		580
Хромомолиб-денованадиевая мартен-ситного класса	15Х11МФЛ	ТУ ЛМЗ	Либо-сварные де-тали энергомашино-строения (отливки сегментов сопел и других изделий)	565
Хромомолиб-денованадиевая перлит-ная	(15Х2М2ФБСЛ) П-3	ТУ МИ 255-59 (ХТГЗ)	Либо-сварные де-тали гидротурбин, работающие в усло-виях кавитации (ло-пости гидротурбин, рабочие колеса гид-ротурбин)	565—580
Нержавеющая	20Х13НЛ	ТУ НЭЛ 2010-63		Стойкая против кави-тационного износа
	10Х12НДЛ	ВТУ ЦНИИМаш		

Продолжение табл. 1

Группа	Марка	ГОСТ или ТУ	Назначение	Стойкость и температура эксплуатации в °С, не выше
Аустенито-ферритная	10Х18Н3Г3Д2Л	ВТУ ЦНИИТМАШ	Лито-сварные детали энергомашиностроения, работающие при обычных температурах в условиях кавитационного и эрозионного износа (рабочие колеса и другие детали крупных гидротурбин)	Стойкая против кавитационного и эрозионного износа
	1Х18Н3Г3Д2Л	ТУ МИ 270-60 (ХТГЗ)	Лито-сварные детали гидротурбин; предназначенные для эксплуатации в условиях абразивного износа	Стойкая против абразивного износа
Аустенито-ферритная (с ограниченным количеством ферритной фазы)	1Х20Н12ТЛ (сталь малочувствительна к образованию горячих трещин в отливках и сварных соединениях)	ВТУ ЦНИИТМАШ	Лито-сварные детали энергетических и других установок (детали арматуры и турбин)	600

## Методы конструирования

К созданию лито-сварной конструкции необходимо подходить как к расчленению вначале созданной цельной конструкции, а не как к соединению в одно целое ранее отлитых самостоятельных деталей. Такой подход позволит правильно решить вопросы о конструкции отдельных узлов и их последующем соединении. При этом следует учитывать также требования, предъявляемые к сварным конструкциям (отсутствие коробления при сварке, удобство сварки и хорошее качество шва, возможность контроля качества сварки, стоимость сварки).

Лито-сварные детали в зависимости от конструкции, толщины сварочного соединения и марки металла соединяют ручной электродуговой сваркой, полуавтоматической и автоматической сваркой в среде углекислого газа или под флюсом, электрошлаковой сваркой.

Электрошлаковую сварку применяют при толщине свариваемого соединения до 1000 мм и более, т. е. практически неограниченной толщины.

Основные технические данные аппаратов для электрошлаковой сварки конструкции института электросварки им. Патона приведены в табл. 2.

При производстве лито-сварных конструкций применяютстыковые, угловые и тавровые сварные соединения.

Условные обозначения швов сварных соединений приведены в ГОСТе 5263—58.

Подготовку кромок свариваемых отливок в зависимости от вида соединений выполняют:

при ручной электродуговой сварке по ГОСТам 5264—58 и 11534—65;

## 2. Технические характеристики сварочных аппаратов

Тип	Назначение	Максимальная толщина свариваемого металла в мм	
		проводочными электродами	пластинчатыми электродами
A-314 A-433 A-372м	Сварка прямолинейных и криволинейных швов	55 90 450	— — —
A-306 A-430 A-350	Сварка прямолинейных швов	60 150 450	— — —
A-356 A-385 A-401	Сварка кольцевых швов барабанов, днищ, валов и т. д.	150 450 450	— — —
A-480	Сварка прямоугольных сечений	—	1000
A-501м	Вертикальная сварка продольных швов угловых и стыковых соединений	100	—
A-535	Сварка продольных и кольцевых швов стыковых и угловых соединений	500 (при любой длине шва)	800 (при длине шва не выше 1,5 м)

при полуавтоматической и автоматической сварке под флюсом по ГОСТу 11533—65;

при прочих способах сварки, в том числе и при электрошлаковой сварке по заводским нормам.

В либо-сварных конструкциях тавровые соединения обычно заменяют с помощью приливов стыковыми (рис. 1, а). Преимущество такого соединения заключается в том, что качество металла прилива обычно выше, а жесткость меньше, чем основной части отливки.

При необходимости выполнить шов электрошлаковой сваркой без полного провара в случае отсутствия доступа со стороны внутренней поверхности шва применяют разделку кромок, показанную на рис. 1, б.

При проектировании либо-сварной конструкции, рассчитанной на восприятие вибрационных переменных нагрузок, следует стремиться к исключению резких концентраций напряжений или к их смягчению путем создания плавных сопряжений и переходов от одного сечения элемента конструкции к другому, хотя электрошлаковая сварка допускает разность толщин свариваемого металла.

Для соединения массивных отливок с тонким листовым материалом выполняют специальные отростки на отливках; толщина отростков должна соответствовать толщине сопрягаемых листов (рис. 2). При наличии отростка вся околышевая зона выносится за пределы основной части конструкции, послед

ния остается практически ненапряженной и, следовательно, отпадает опасность изменения ее формы под нагрузкой при возникновении деформаций при механической обработке.

Пример удачного проектирования сварной конструкции из литых заготовок и проката показан на рис. 3.

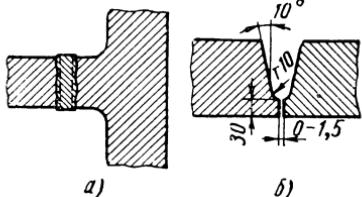


Рис. 1

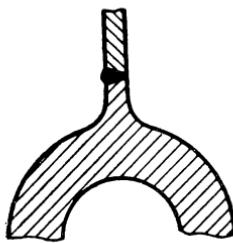


Рис. 2

Если отростки на массивных отливках запроектировать сложно, то для предотвращения коробления конструкции при приварке тонкостенных элементов вдоль линии приварки механической обработкой выбирают канавку

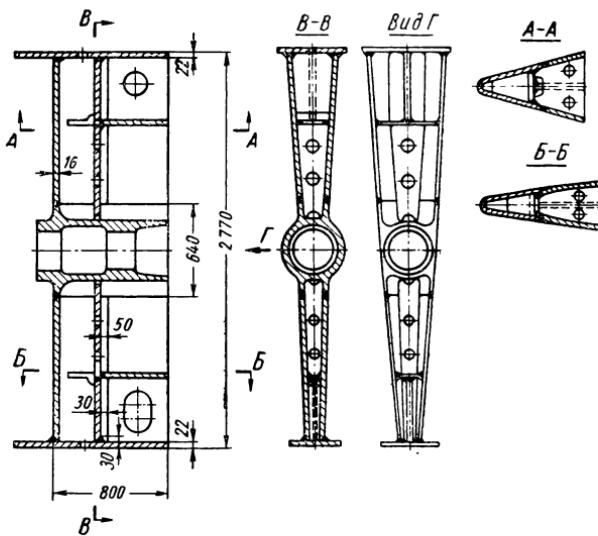


Рис. 3

(рис. 4), этим способом практически исключают деформацию от поперечного укорочения околошовной зоны [44].

При выполнении литьо-сварных конструкций электрошлилаковой сваркой между кромками свариваемых заготовок необходимо оставлять зазор. Величина зазора определяется конструкцией и размерами токоподводящих мундштуков и необходимостью создания шлаковой ванны оптимального объема. Величина этого зазора обычно колеблется от 22 мм (при сварке металла толщиной

**3. Величина зазоров между кромками свариваемых заготовок**  
Размеры в мм

Толщина свариваемых деталей	Длина шва	Сварочный (сборочный) зазор	Толщина свариваемых деталей	Длина шва	Сварочный (сборочный) зазор
100—150	350—300	$22+2$	350—400	800—1000	$30+2$
200—250	400—500	$25+2$	350—400	1000—1500	$32+2$
300—400	500—650	$30-2$	400—450	1500—2000	$35+2$
300—400	700—800	30	450—500	800—1000	$32+2$

до 50 мм) до 38 мм (при сварке металла толщиной 200 мм). При сварке металла большей толщины величину зазора устанавливают при подборе режима сварки.

Величины сварочных зазоров, применяемых Николаевским судостроительным заводом им. И. Н. Носенко, приведены в табл. 3.

При проектировании либо-сварных конструкций под электрошлаковую сварку следует:

швы по возможности выполнять прямолинейными и непрерывными по длине;

вырезы в детали выполнять после сварки;

элементы конструкций балочного типа для уменьшения величины деформаций, вызываемых электрошлаковой сваркой, проектировать и изготавливать симметричными;

швы располагать в местах, доступных для постановки и передвижения сварочного автомата.

При электрошлаковой сварке деталей стержневого типа наиболее удобными для сварки являются прямоугольные или кольцевые сечения (рис. 5, а — в). Успешно могут быть также сварены детали и других сечений (рис. 5, г — ж), ограниченные прямыми линиями или дугами постоянного радиуса, если углы между ними не слишком велики. Трудно сваривать детали, имеющие сечения переменной кривизны, и особенно детали с резкими изменениями толщины (рис. 5, з).

При конструировании литых заготовок для либо-сварных конструкций необходимо предусматривать расположение прибылей на отливках вдали от кромок, подлежащих сварке. В местах расположения прибылей содержание серы и углерода может в несколько раз превышать среднее содержание этих элементов в литье, и если эти места повышенной химической неоднородности совпадут с местами расположения сварных швов, то не исключена возможность появления дефектов в сварных швах и в прилегающих к ним зонах металла отливки.

При сочетании в конструкции стенок постоянного сечения толщиной до 30 мм со сложными фасонными профилями переменного сечения рекомендуется проектировать их либо-листо-сварными.

При наличии в детали стенок постоянного сечения толщиной свыше 30 мм, сочетающихся со стенками переменного сечения и с узлами, имеющими сложный фасонный профиль, целесообразнее проектировать конструкцию из отдельных литых заготовок — либо-сварной.

В связи с тем, что выполнение в литье стенок большой протяженности толщиной до 20 мм связано с рядом технологических трудностей (обуслов-

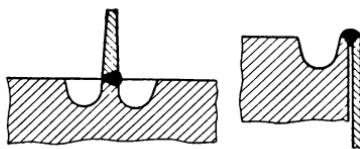


Рис. 4

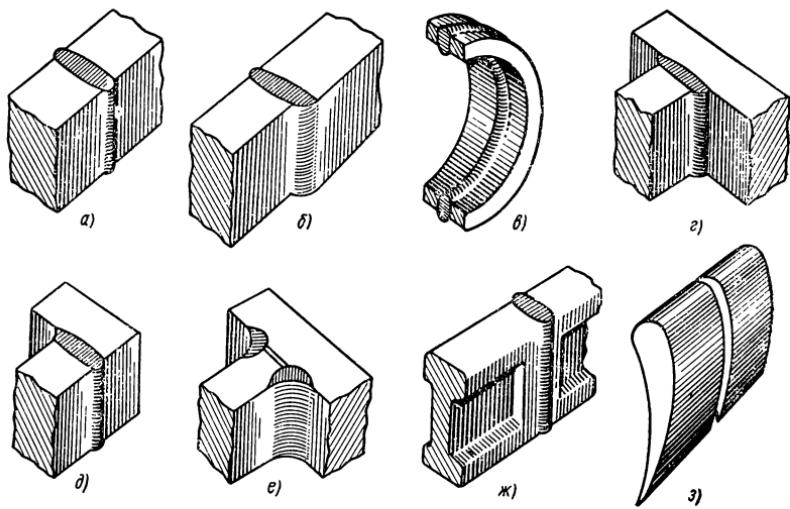


Рис. 5

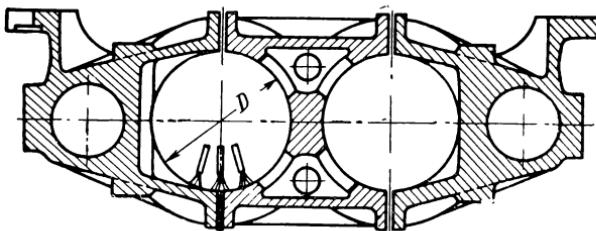
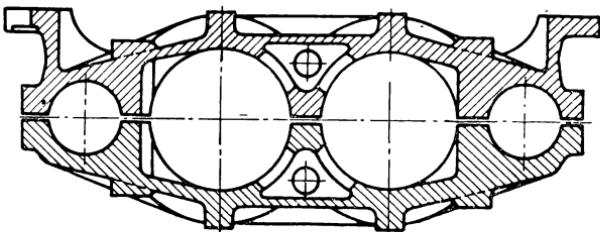
*Правильно**Неправильно*

Рис. 6

ленных в основном склонностью стали к горячим трещинам, пленам и другим дефектам), рекомендуется стенки с постоянным сечением проектировать из листового материала.

При проектировании лito-сварных конструкций, образующих жесткий контур, следует стремиться к тому, чтобы каждая жесткая деталь или узел соединялись с остальной частью конструкции не более чем двумя швами (рис. 6).

Для определения размеров отдельных элементов конструкции необходимо учитывать величину зазоров между ними. В этом случае можно не учитывать деформации при электрошлаковой сварке. Величину расчетных зазоров принимают (размеры в мм):

Толщина металла	50—70	70—100	100—120	200—500
Расчетный зазор	18	20	22	25
Сварочный »	20	22	25	28

Расчленение очень сложных и крупногабаритных конструкций на две, три или более простые заготовки значительно сокращает трудоемкость их изготовления и обеспечивает получение качественных отливок.

При разработке крупногабаритных лito-сварных конструкций необходимо предусматривать, чтобы габаритные размеры мелких литых заготовок обеспечили бы возможность машинного изготовления форм.

Длина отдельных заготовок для лito-сварных конструкций во избежание заметного коробления не должна превышать 4—5 м.

При замене крупной цельнолитой отливки на лito-сварную конструкцию из более мелких литых деталей облегчается очистка внутренних полостей от стержневой смеси, что особенно важно при проектировании и изготовлении сложных ответственных отливок для энергомашиностроения.

Последовательность сборки и сварки, а также конструктивное оформление отдельных сопряжений лito-сварных конструкций с учетом возникающих при сварке деформаций конструктор устанавливает в тесном сотрудничестве с технологом-литейщиком и технологом-сварщиком.

## Примеры конструирования

**Конструирование с учетом способа сварки.** В случае разъема не по двум, а большему числу стыков (рис. 6), одновременная сварка всех стыков дает такой же результат, как по двум стыкам, но осуществить такую сварку сложно, а иногда практически невозможно.

Имеется положительный опыт сварки крупных конструкций по многим стыкам, но рекомендовать такое соединение можно только в тех случаях, когда разъем с двумя стыками невозможен, например, при двухрядном расположении отверстий.

Разъем по нескольким стыкам иногда предпочитают, потому что стыки располагаются в ненагруженной зоне и не несут расчетных нагрузок.

При изготовлении лito-сварных конструкций с нечетным числом отверстий разъем рекомендуется делать по поперечной осевой плоскости среднего отверстия. При этом конструкцию расчленяют на две части. Сварка таких конструкций значительно упрощается.

Применение электрошлаковой сварки требует от конструктора не только выбора места расчленения лito-сварной конструкции, но и соответствующего выбора ее конфигурации.

Простое разделение отливки на две части для уменьшения веса без изменения их формы создает крайне неудобные условия для их сварки, даже с применением плавящегося мундштука. В этом случае конструкцию нижней плиты одноцилиндрового гидравлического пресса средней мощности, запроектированной цельнолитой (рис. 7, а), следует выполнить с вырезами в стенках (рис. 7, б); для более плавного распределения силового потока вырезы выпол-

няют с закруглениями. Конструктивные формы вырезов выбирают, руководствуясь правилами, принятыми при сварке балок:

общую ширину выреза в стенках двутавровых балок любого сечения с расстоянием между наружными поверхностями стенок до 1,5 м берут не менее 250 мм, чтобы иметь возможность установить формирующие устройства; при коробчатых балках с расстоянием между стенками больше 1,5 мши-

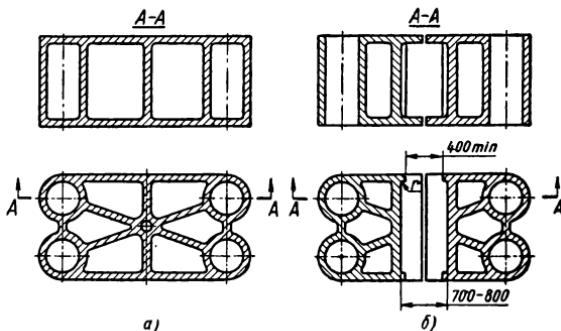


Рис. 7

рину полости, образованной внутренними переборками, принимают не менее 600 мм, а ширину вырезов в стенках, через которые рабочий проникает внутрь полости, не менее 400 мм (см. рис. 7, б);

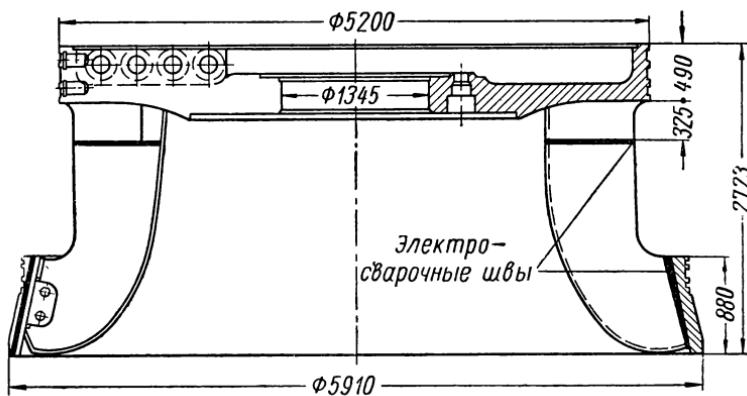


Рис. 8

если число стенок более двух и расстояние между соседними стенками менее 1,5 м, ширина вырезов во внутренних стенках должна быть не менее 600 мм.

Следовательно, применение электрошлаковой сварки требует создания специальных конструкций, а не простого копирования форм и размеров цельнолитых деталей.

Примером лито-сварной конструкции может служить рабочее колесо (вес 92 т) радиально-осевой гидротурбины Братской ГЭС мощностью

225 тыс. квт. Отливку подобного веса можно изготовить цельнолитой, но очень сложная форма не позволяет получить литье высокого качества с требуемой точностью размеров. Поэтому на Ленинградском металлическом заводе им. XXII съезда КПСС рабочее колесо изготовлено в лито-сварном варианте (рис. 8).

Опыт работы по изготовлению конструкции рабочего колеса показал: точность размеров лито-сварного рабочего колеса определяется точностью заготовок лопастей;

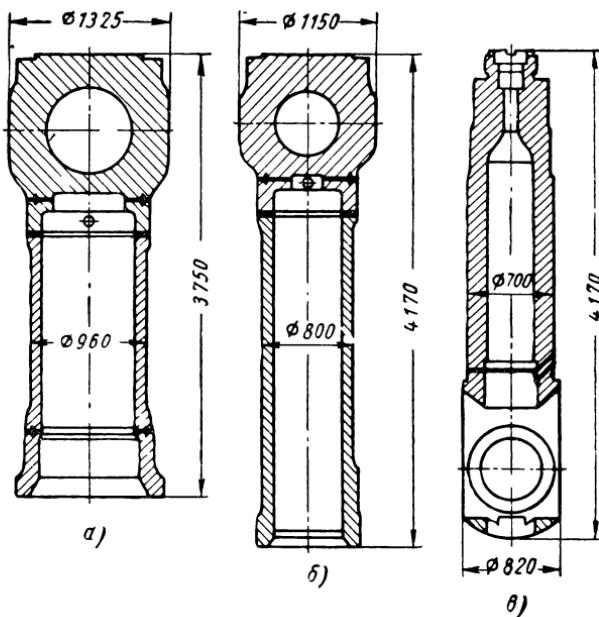


Рис. 9

значительную часть погрешностей размеров лопастей можно компенсировать при сборке;

точность изготовления рабочего колеса повысилась по сравнению с цельнолитым вариантом в несколько раз;

повысились гидравлические качества проточной части колеса за счет более точной геометрии лопастей (отливаемых в металлическую форму) и каналов между ними;

улучшилась технологичность конструкции колес, так как в лито-сварном колесе можно механизировать ряд трудоемких процессов и сократить объем ручных работ;

элементы рабочего колеса можно изготовить на разных заводах, это значительно расширяет фронт работ и сокращает цикл производства;

можно полностью устраниć использование уникальных кессонов для формовки и отливки рабочего колеса.

**Конструирование с целью экономии металла и сокращения объема механической обработки.** Переход на лито-сварной вариант изготовления главного цилиндра (рис. 9, а), вспомогательного цилиндра (рис. 9, б) и плунжера глав-

ногого цилиндра (рис. 9, в) дал Уралмашзаводу значительную экономию металла и освободил уникальное оборудование. На каждом цилиндре экономия

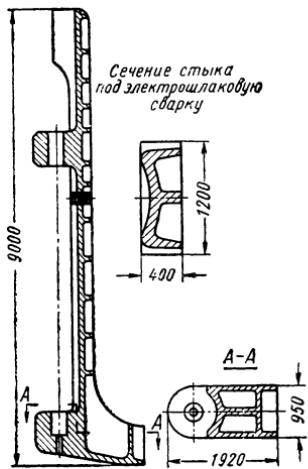


Рис. 10

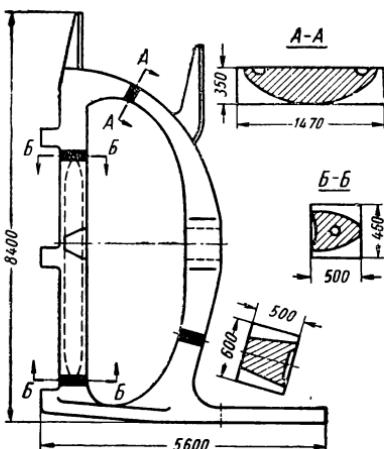


Рис. 11

составила до 20 т металла, а затраты на механическую обработку уменьшились на 300 нормо-часов.

Лито-сварные конструкции ахтерштевней для судов типа «Советская Украина» (рис. 10) и танкеров типа «Казбек» (рис. 11) весом соответственно 18 и 20,3 т изготавливают из стали 08ГДНФЛ на Николаевском судостроительном заводе.

Эти конструкции работают при знакопеременных нагрузках и низких температурах.

Ахтерштевни и форштевни крупных судов, изготовленные из деталей, соединенных болтовыми или клепанными замками, требовали высокой точности сборки и большого объема механической обработки.

После перехода на лито-сварную конструкцию отливки под сварку готовят только на одном станке. Значительно снизился брак

по литью ввиду расчленения детали на несколько отливок меньшего габарита. Отливки под сварку изготавливают с прямоугольными технологическими приливами длиной по 100 мм, заменяющими входные и выводные пластины.

**Конструирование с целью устранения брака цельнолитой детали.** Цельнолитая конструкция кронштейна реактивной тяги хлопкосборщика требует применения сложных длинных стержней, при изготовлении получается много

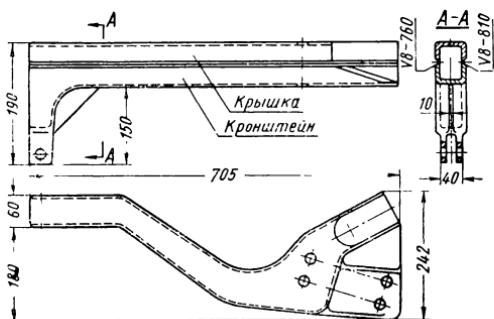


Рис. 12

брата по газовым раковинам и неслитности. Применение лито-сварной конструкции (рис. 12) не требует применения стержней и обеспечивает получение отливок высокого качества.

Стойка комбайна для уборки бобовых культур из стали 35Л (рис. 13) выполнена из двух частей в лито-сварном варианте.

Для получения цельнолитой стойки большой производительности с тонкими стенками требуется мощная литниковая система и установка прибыли, чтобы избежать появление брака по недоливам и усадочным раковинам.

Конструкция цилиндров высокого давления (с улиткой) одной из газовых турбин показана на рис. 14, а. Цилиндр состоит из двух половин, соединяемых массивными фланцами по горизонтальному разъему. Обе половины цилиндра относятся к категории крупногабаритных, сложных и тяжеловесных деталей. Цилиндр изготавливают из жаропрочной стали аустенитного класса марки ЛА1. Цельнолитой вариант ци-

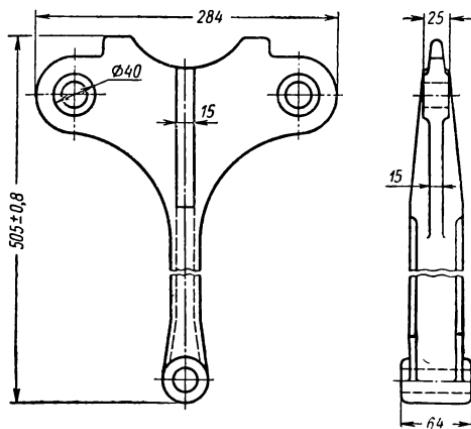


Рис. 13

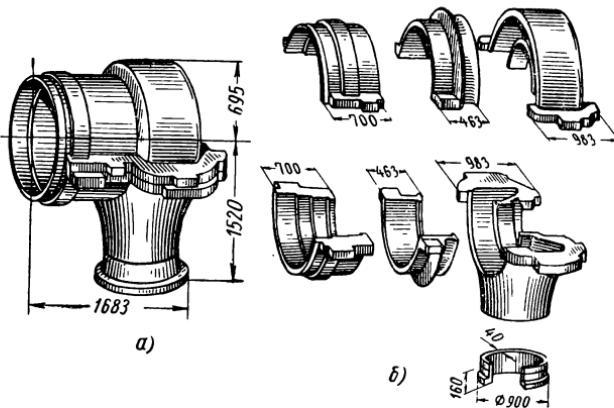


Рис. 14

линдра показан нетехнологичным. Для изготовления в лито-сварном варианте цилиндр расчленены на семь частей (рис. 14, б).

Пример перехода с цельнолитой на лито-сварную конструкцию с целью устранения коробления показан на рис. 15.

Деформация отливки детали пресса в процессе охлаждения в форме и при термической обработке часто настолько искажала размеры и форму конст-

рукции, что требовалась очень трудоемкая операция правки, которая при больших сечениях отливки не давала иногда требуемого эффекта. Чтобы не

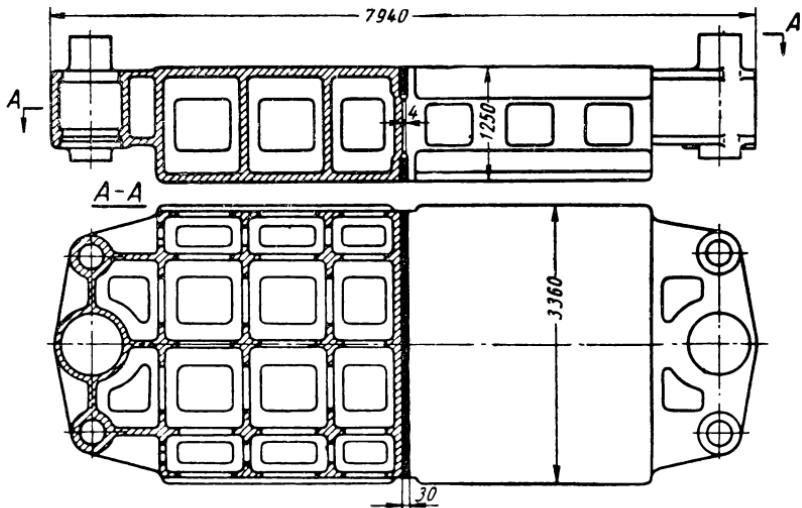


Рис. 15

возникало заметного коробления, длина отливки не должна превышать 4—5 м. Так как длина пресса составляет  $\sim 8$  м, Электростальский завод тяжелого машиностроения перешел на изготовление ее в литьо-сварном варианте из двух отливок длиной по 4 м. Отливки соединяют по оси симметрии двумя швами, выполняемыми электрошлаковой сваркой. В месте сварки предусмотрен конструктивный зазор 30 мм.

Просвет между свариваемыми деталями шириной 4—5 мм предназначен для обеспечения свободной усадки шва при остывании после сварки.

В цельнолитой конструкции корпуса задвижки в местах сопряжения фланца и боковых патрубков со сферической частью корпуса образовались массивные тепловые узлы, которые являлись очагами возникновения усадочных раковин, переходящих в далеко распространяющуюся по стенкам отливки рыхлоту.

В литьо-сварном варианте (рис. 16), толщина стенки нижней части корпуса, равная 60 мм, постепенно увеличивается по направлению к фланцу, достигая 85 мм. Далее следует фланец толщиной более 100 мм, на котором при заливке располагают массивную конусную прибыль. Подобное расположение узлов отливки средней части корпуса задвижки полностью соответствует принципу направленного затвердевания.

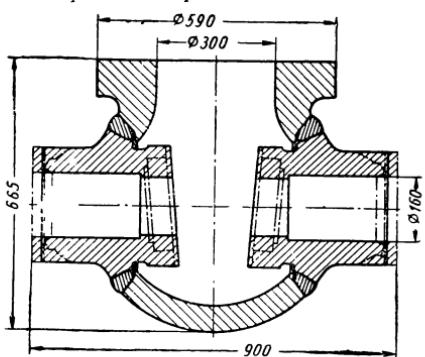


Рис. 16

Пороки усадочного происхождения были устранены почти полностью.

Для замены трудоемких ручных операций обдирки и шлифовки поверхности средней части корпуса задвижек придали шаровидную форму, что позволило наружную и внутреннюю поверхности отливки обрабатывать на станках; вручную шлифуют лишь механически обработанные поверхности.

**Конструирование с учетом изготовления составных частей из различных сплавов.** Примером лито-сварной конструкции, изготовленной из различных сталей, может служить рабочее колесо гидротурбины, изготовленное Харьковским турбинным заводом. Лопасти колеса отливают из высоколегированной

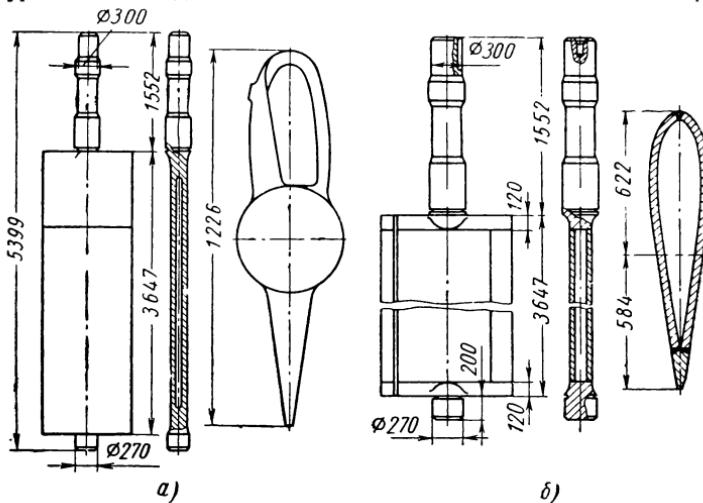


Рис. 17

аустенито-ферритной стали 1Х18Н3Г3Д2Л, затем их приваривали к нижнему и верхнему ободьям, отлитым из низколегированной стали 20ГСЛ.

В связи с тем, что сварные соединения лопастей с ободьями имеют переменное сечение (8—35 мм) по длине и неудобны для автоматической сварки, применили полуавтоматическую сварку в углекислом газе.

Два варианта конструкции лопаток для гидротурбины Воткинской ГЭС показаны на рис. 17. Лито-катано-сварная конструкция (рис. 17, б) требует металла на 2870 кг, или на 34,3% меньше, чем цельнолитая (рис. 17, а), трудоемкость изготовления этих конструкций практически одинакова, себестоимость лито-катано-сварной лопатки меньше цельнолитой на 16,5%.

Замена цельнолитых лопастей в гидротурбинах Волгоградской ГЭС лито-сварными позволила получить экономию металла на лопасти 3,5 т, а на всю турбину 21 т.

**Конструирование с целью сокращения материальных затрат и рабочего времени в литейном цехе.** Ахтерштевень ледокола «Ленин» изготовлен из стали 08ГДНФЛ лито-сварным. он состоит из девяти отдельных частей (1—9 на рис. 18). Для изготовления ахтерштевня с габаритными размерами 19 × 10 м потребовалась бы литейная форма площадью ~ 240 м<sup>2</sup>, 135 т жидкой стали для заливки формы, печь для термической обработки с площадью пода 220 м<sup>2</sup>, кран грузоподъемностью 150—220 т.

Изготовление ахтерштевня лито-сварным позволило сократить максимальные габариты литых частей до 5,5 × 1,7 м, площадь формы до 20 м<sup>2</sup>, заливочный вес до 25 т, площадь пода термической печи до 20 м<sup>2</sup>, грузоподъемность крана до 50 т. Самую большую часть удалось отлитть из стали, выплав-

ленной в мартеновской печи с номинальной емкостью 20 т, не прибегая к заливке формы металлом, выплавленным одновременно в нескольких печах.

Для изготовления кранового барабана весом 24 т (рис. 19) в цельнолитом варианте необходимо иметь кессон и много опочной оснастки, а изготовление

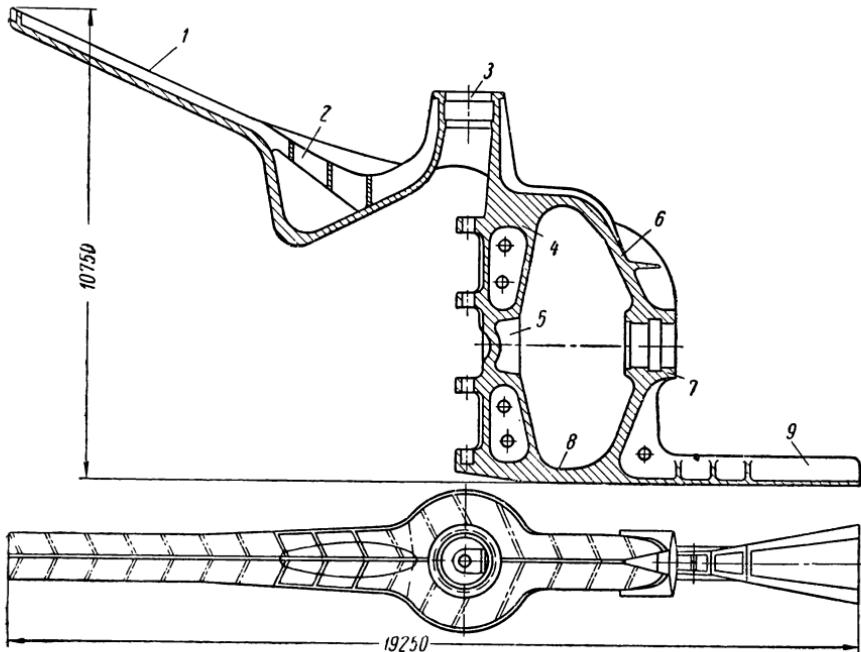


Рис. 18

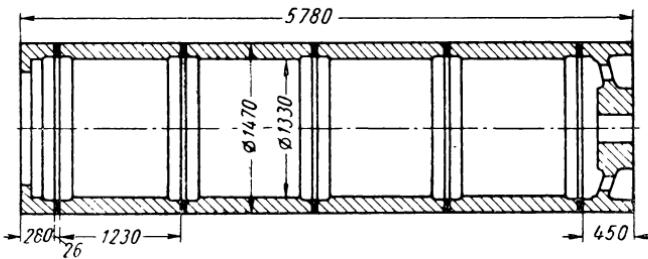


Рис. 19

формы барабана, ее сборка и заливка являются крайне трудоемкими операциями. Цельнолитая заготовка таких размеров получается низкого качества. Поэтому барабан был изготовлен на заводе «Сибтяжмаш» в лито-сварном варианте.

Барабан разделили на шесть отдельных частей; полученные отливки из стали 20Л подвергали предварительной механической обработке, а затем соединяли электрошлаковой сваркой, после чего провели окончательную механическую обработку.

Преимущества лито-сварного варианта: детали барабана отливали в форме, изготовленной из смеси на жидком стекле с применением химического твердения, в результате было улучшено качество рабочей поверхности барабана и отпада сушка формы переносными сушилами, в несколько раз сократилось время изготовления барабана, снизилась трудоемкость изготовления формы на 50%.

**Конструирование с учетом удобства транспортирования.** В литейном цехе Электростальского завода тяжелого машиностроения станину прокатного стана весом 56 т не могли изготовить цельнолитой из-за отсутствия мостового крана нужной грузоподъемности. Поэтому отливку расчленили на две половины, которые сварили четырьмя стыками (рис. 20).

Станина для сварки была собрана с одинаковым для всех стыков зазором 32 мм. Сначала варили два нижних шва толщиной 200 мм, затем станину поворачивали краем на 90° и варили два верхних стыка. После этого станину подвергали термической обработке — нормализации с отпуском.

Новое в технологии электрошлаковой сварки станины заключалось в том, что два нижних уже сваренных стыка перед сваркой двух верхних стыков не подогревали. Как показал опыт электрошлаковой сварки на Электростальском заводе, подогрев деталей из стали марки 30Л в большинстве случаев может быть исключен при условии соблюдения технологии сварки.

**Лито-катано-ковано-сварные конструкции.** Примером лито-катано-ковано-сварной конструкции может служить внутренний цилиндр низкого давления газовой турбины ГТ-12-3, изготовленной Невским машиностроительным заводом им. В. И. Ленина (рис. 21).

Верхняя часть цилиндра весит 8,6 т, нижняя 10,9 т. Внутренняя 1 и наружная 2 части газовыпуска выполнены литыми из стали ЛА1; фланцы разъема 3 представляют собой поковки из стали ЭИ405, все остальные элементы выполнены из листовой стали ЭИ680. Общее количество сваренных элементов в этой конструкции цилиндра достигает 146, а вес наплавленного металла превышает 1,1 т. Сборку и сварку цилиндра выполняли по отдельным узлам. Каждый узел проходил термическую обработку — воздушную закалку при температуре 1050—1100°C, после этого производилась общая сборка и сварка цилиндра.

Преимущества лито-катано-ковано-сварных конструкций прежде всего проявляются при изготовлении тонкостенных протяженных деталей, когда представляется возможным широко использовать прокат, поковки в комбинации с простыми малогабаритными литыми деталями, соединив их сваркой в единый конструктивный блок.

**Пример лито-сварной конструкции, выполненной с помощью ручной электродуговой сварки.** С помощью ручной электродуговой сварки выполняют ряд

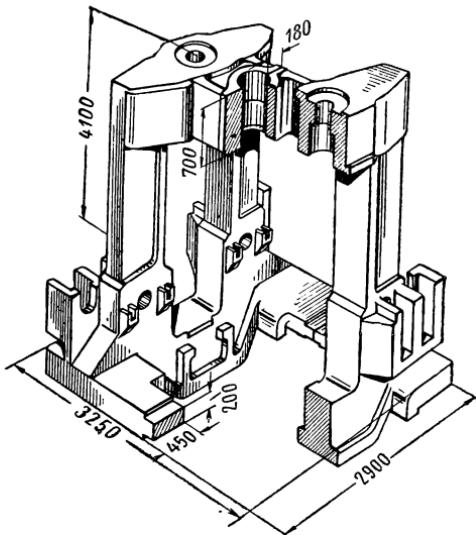


Рис. 20

лито-сварных конструкций, в том числе и конструкцию станины формовочной клети (рис. 22). Станина состоит из двух отливок весом 6 и 10 т, отливаемых из стали ЗОЛ. Обе половины станины сваривают по периметру в месте стыка U-образным швом толщиной 37 мм с углом разделки 30°

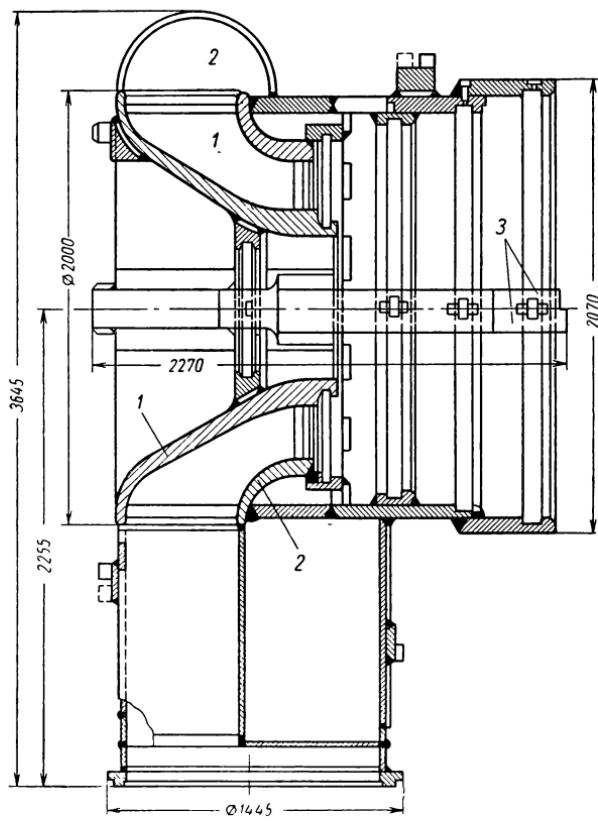


Рис. 21

Последовательность наложения швов следующая: сначала варили I и II швы на 50% сечения в вертикальном положении, затем полностью варили III и IV швы в нижнем положении. После этого станину перекантовывали на 180° и варили V шов. Швы I и VI варили в нижнем положении, шов II — в наклонном положении. Наложение швов в нижнем положении производилось методом «горки». После сварки станина проходила термическую обработку.

**Лито-ковано-сварная конструкция, выполненная автоматической сваркой под флюсом.** Лито-сварные конструкции средней и малой толщины с большой протяженностью шва и имеющие форму тела вращения принято изготавливать при помощи автоматической сварки под флюсом.

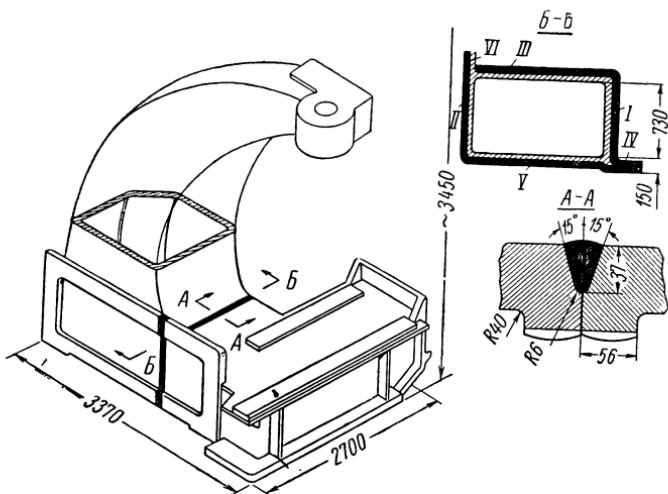


Рис. 22

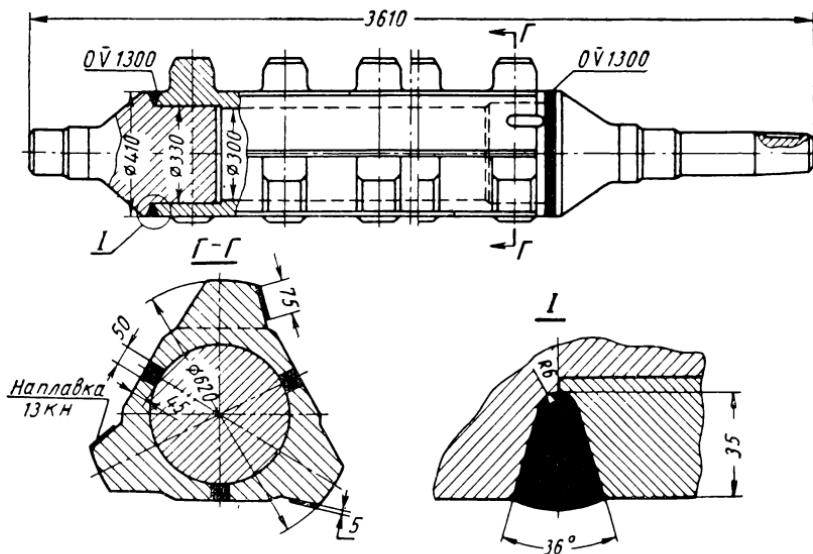


Рис. 23

Примером может служить вал звездочки (рис. 23), выполненный Электростальским заводом тяжелого машиностроения. Вал звездочки состоит из двух кованых деталей из стали Ст. 3 и звездочки, отлитой из стали ЗОЛ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Г. С. Улучшение технологичности деталей и узлов машин. М., ЦНИИМаш, 1962.
2. Атлас деталей машин. Под ред. Д. Н. Решетова. М., Машгиз, 1962.
3. Бакулин М. В., Копайгороденко В. М. Примеры отработки конструкций деталей на технологичность. «Вестник машиностроения», 1956, № 3.
4. Балжи М. Ф. и др. Экономия металлов в машиностроении. М., Машгиз, 1962.
5. Богачев Ф. В., Королев Ю. Ф. Технологичность конструкций литьих деталей. «Вестник машиностроения», 1962, № 9.
6. Вейнгартен А. М. и др. Судостроительная сталь. Л., Судпромгиз, 1962.
7. Вишняков Н. В. Технологические отверстия в отливках. В кн. Скарбинского М. Конструирование отливок. М., Машгиз, 1961.
8. Виды сварки различных деталей и материалов. М., ЦНИИМаш, 1964.
9. Волков А. Ф. Радиально-осевая гидравлическая турбина для Братской ГЭС. «Энергомашиностроение», 1962, № 7.
10. Волошевич Г. З. Конструирование изделий с соединениями, выполненными электрошлаковой сваркой. М., ЦБНТИМ, 1958.
11. Волынский А. Я. Конструирование чугунных деталей и их литейная технологичность. М., «Машиностроение», 1964.
12. Вопросы сварки в энергомашиностроении. ЦНИИМаш. Кн. 104, М., Машгиз, 1962.
13. Выбор оптимальных технологических процессов изготовления литьих заготовок из черных и цветных сплавов. Ч. 1. М., Научно-исследовательский институт информации по машиностроению, 1965.
14. Выбор оптимальных технологических процессов изготовления литьих заготовок из черных и цветных сплавов. Ч. 2. Серийное производство, НИИМаш, М., 1965.
15. Гамзэ З. М., Голосовский С. И. Некоторые данные о технико-экономической эффективности применения сварных конструкций в крупном гидротурбостроении. «Энергомашиностроение», 1963, № 2.
16. Горшков А. А. и др. Справочник по изготовлению отливок из высокопрочного чугуна. Москва — Киев, Машгиз, 1961.
17. Десницкий В. П. Производство легированных стальных отливок в энергомашиностроении. М.—Л., Машгиз, 1961.
18. Дефекты отливок и меры предупреждения. Под ред. А. В. Лакедемонского. М., Машгиз, 1962.
19. Заславский М. Л. Новое в литье под давлением армированных отливок. М., НИИМаш, 1966.
20. Инструкция по оформлению чертежей Н02-1, Н02-3. М., ЭНИМС, 1961.
21. Казаков Г. Ф. Рациональные методы формовки при изготовлении стальных деталей. Сборник «Литейное производство», № 12, ЦБНТИ, 1959.
22. Каминская В. В., Левина З. М., Решетов Д. Н. Станины и корпусные детали металлорежущих станков. М., Машгиз, 1960.
23. Квасман М. Г., Бегун Б. Е. Практика отливки коленчатых валов мощных двигателей типа Д-100. Научно-технич. сборник, ИТИ, Киев, 1961.
24. Кнорре Б. В. Борьба с трещинами крупных чугунных отливок. Сб. «Литейное производство», № 9. М., ЦИТЭИН, 1960.
25. Kovain B. M. и др. Основы технологии машиностроения. М., «Машиностроение», 1965.
26. Конструкторские нормы. Нормали МСЭС. М., Оргэнергострой, 1960.
27. Конструкторские нормы. Нормали и РМ Минтяжмаш СССР, М., ЦОС и У, 1956.
28. Кременецкий Б. А. Опыт внедрения технологических литьих конструкций в серийно-массовом производстве. М., ЦИТЭИН, 1959.
29. Крянин И. Р., Дубровский А. М. Новый способ борьбы с горячими трещинами в стальных отливках. Труды ЦНИИМаш № 13. М., ОНТИ, 1960.

30. Крымов В. В. Литейные магниевые сплавы и их применение в технике. Сб. «Магниевые сплавы», ВИАМ, М., ОНТИ, 1960.
31. Кондратьев Ю. П. Конструирование литьих деталей и оснастки для литья по выплавляемым моделям. Л., Судпромгиз, 1960.
32. Коротков Л. И., Полевая А. М. Литье в оболочковые формы. М., Машгиз, 1963.
33. Литье по выплавляемым моделям. РТМ 24-61. М., Стандартгиз, 1962.
34. Литье по выплавляемым моделям. РС 314-54. Л., Министерство судостроительной промышленности, 1956.
35. Литье в оболочковые формы. РТМ 25-61. М., Стандартгиз, 1962.
36. Мальцев М. В. Применение редких металлов в цветной металлургии ГНТК СССР. М., ЦИИН Цветмет, 1961.
37. Марочник стали для машиностроения. ОМТРМ 0056-001-65. Институт информации по машиностроению. М., 1965.
38. Небогатов Ю. Е. Тамарский В. И. Специальные виды литья. М., «Машиностроение», 1965.
39. Нестеров М. А., Смирнов А. А. Межотраслевая нормализация литейной оснастки и инструмента. М., изд-во стандартов, 1965.
40. Носков Б. А. Общие соображения о конструировании отливок, получаемых в песчаных формах. В кн. Скарбинского М. «Конструирование отливок». М., Машгиз, 1961.
41. Общемашиностроительные нормативы времени для технического нормирования работ при кокильном литье деталей из чугуна, стали и цветных сплавов. Крупно-серийное и серийное производство. М., Машгиз, 1962.
42. Общемашиностроительные нормативы времени на изготовление оболочковых форм и стержней. М., Машгиз, 1961.
43. Общемашиностроительные нормативы времени на литейные работы при литье под давлением и по выплавляемым моделям. ЦБПНБ при НИИ Труд. М., Машгиз, 1962.
44. Оккерблом Н. О. Комбинированные сварные конструкции. Л., Судпромгиз, 1962.
45. Опыт внедрения сварочной техники на предприятиях Мособлсовнархоза. М., ЦБТИ, 1961.
46. Орлов С. И. Технологичность конструкций шахтных машин. Кн. изд-во «Донбасс», 1959.
47. Основные конструкторские нормы. Государственный всесоюзный центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации. М., ОНТИ, 1962.
48. Прейскурант № 25-01 оптовых цен на литье, поковки и штамповки. Госплан СССР. М., 1960 и 1963.
49. Производство стального литья. ЦНИИТМАШ. Кн. 97. М., Машгиз, 1960.
50. Руссиян С. В., Голованов Н. Н. Производство точного литья по выплавляемым моделям. Л., Судпромгиз, 1958.
51. Самойлов С. И., Горелов В. М. и др. Технология тяжелого машиностроения. М., Машгиз, 1962.
52. Сборник технологических инструкций по литейному производству. Коломенский завод тяжелого станкостроения. М., ЦНИИТМАШ, 1960.
53. Скарбипский М. Конструирование отливок. М.—Л., Машгиз, 1961.
54. Смирнов А. С. Технологичность деталей в приборостроении. М., Судпромгиз, 1961.
55. Сплавы цветных металлов и их заменители. РТМ МВР-91-62. Л., «Морской транспорт», 1962.
56. Соколов Н. Н. и др. Технология изготовления лито-сварных судовых деталей из дисперсионно-упрочняемых сталей марок 08ГДНФЛ и 08ГДНЛ. Л., Судпромгиз, 1960.

57. Справочник металлурга. Т. 4. М., Машгиз, 1958.
58. Справочник контролера машиностроительных заводов по допускам, посадкам и линейным измерениям. Под ред. А. И. Якушева. М., Машгиз, 1963.
59. Справочник конструктора. М., Углехимиздат, 1962.
60. Справочник конструктора. Ч. 1. М., Гипролесмаш, 1964.
61. Справочник литейщика. Под ред. Н. Н. Рубцова, М., Машгиз, 1961.
62. Справочник по чугунному литью. Под ред. Н. Г. Гиршовича, М., Машгиз, 1960.
63. Стальное литье. Справочник под ред. Н. П. Дубинина. М., Машгиз, 1961.
64. Технологичность конструкций. Под ред. С. Л. Ананьева и В. П. Купровича. М., МДТП, 1959.
65. Технологичность конструкции в машиностроении. Под ред. А. П. Иванова. М.—Л., Машгиз, 1950.
66. Технология электрической сварки плавлением. Под ред. Б. Е. Патона. М., Машгиз, 1962.
67. Трухин А. Х. Анализ некоторых аварий компрессоров высокого давления. «Химическое и нефтяное машиностроение», 1966, № 2.
68. Формы для литья под давлением. РТМ 20-61. М., Стандартгиз, 1962.
69. Чинов В. В. Зависимость прочности чугунных отливок от толщины стенок. М., ЦИТЭИН, 1961.
70. Шатуновский Г. М. Технологичность конструкций и экономическая эффективность сельскохозяйственных машин. М., Машгиз, 1962.
71. Щеголов А. А. Конструирование форм для литья под давлением. Л., ЛДНТП, 1960.
72. Элементы конструкций литьих деталей. М., Углехимиздат, 1959.
73. Элементы конструкций литьих деталей. РТМ 12-60. М., Стандартгиз, 1964.
74. Guide pratique de tracé des pièces moulées en fonte grise destinées à la construction mécanique, Paris, 1961.
75. Guide des bureaux d'études pour la conception et le tracé des pièces moulées en alliages légers, Paris, 1960.
76. Cain J. Dynamic loading its effect on casting design. Foundry; 1959, 87, № 4.
77. Cain J. Design properties of four streamlined cast sections. Foundry, 1959, 87, № 7.
78. Příklad správné konstrukce odlitku. Slévárenství, 1960, 8, № 2.
79. Přibyl J. Za vyšší využití kovu v odiicích. Slévárenství, 1962, 10, № 10.
80. Casting design handbook. American society for metals, 1963.
81. Konstruieren und giessen Düsseldorf, 1957.
82. How design influences electro plating of zink diecastings. Foundry, 1962, 90, № 10.
83. Rogoss H., Hoffmann W. Aluminium—Eisen—Verbundguß für den Fahrzeug und Motorenbau—gießereitechnik, 1962, 8, № 5.

Технический редактор Б. И. Модель

Переплет художника А. Я. Михайлова

Корректор Ж. Л. Суходолова

Сдано в производство 17/XI 1966 г.  
T-08174 Тираж 20.000 экз. Печ. л. 17,0  
Темпплан 1967 г., № 46 Формат 60 × 90<sup>1/16</sup>  
Цена 1 р. 32 к. Зак. № 743

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ», Москва, Б-66, 1-й Басманный пер. 3

Экспериментальная типография ВНИИПП  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Москва И-51, Цветной бульвар, 30



