

***Кафедра
«ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
МАШИН»***

К.т.н.,доц. каф. ОКМ

Партко Светлана Анатольевна

К.т.н.,доц .каф. ОКМ

Сиротенко Андрей Николаевич

Технологические основы конструирования

***ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ
ИЗДЕЛИЯ (ТКИ).
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ
Лекция 1,2***

Технологические основы конструирования.

Требования, предъявляемые к инженеру широкого профиля, тесно связаны с необходимостью всестороннего сопоставления самых различных возможных способов изготовления заготовок деталей машин и их последующей механической обработки.

Отсюда — необходимость знания соответствующих технологических предпосылок конструирования с целью выбора того из способов изготовления заготовок, который, при прочих равных условиях, обеспечивает наибольшую производительность и экономичность процесса в целом.

Обеспечение технологичности конструкции.

Конструктор, придавая конструкции изделия в процессе ее разработки необходимые свойства, выражающие полезность изделия, придает ей и такие конструктивные свойства, которые определяют уровень затрат ресурсов на создание, изготовление, техническое обслуживание, ремонт и утилизацию изделия.

Технологичность конструкции изделия (ТКИ).

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой ***технологичность конструкции изделия (ТКИ).***

Виды и показатели технологичности конструкций

К основным признакам классификации технологичности на виды относятся метод воздействия на конструкцию изделия, область проявления ТКИ и вид затрат.

По методу воздействия на конструкцию различают два вида ТКИ:

***технологическую рациональность и
преемственность конструкции изделия.***

Технологическая рациональность

- характеризует возможность изготовления и эксплуатации данного изделия или группы его исполнений при использовании имеющихся в распоряжении изготовителя и потребителя трудовых, материальных и других видов ресурсов.

Преимственность конструкции

- изделия представляет собой совокупность тех свойств изделия, которые выражают технологичность его конструкции с точки зрения единства, повторяемости и изменяемости принятых в ней инженерных решений.

Виды ТКИ по области ее проявления

характеризуют приспособленность конструкции изделия к сокращению затрат ресурсов и времени и определяются следующими основными сферами производственной деятельности, в которых проявляется качество изделия:

- **производственная ТКИ**
- **эксплуатационная ТКИ**
- **ремонтная ТКИ**

Виды ТКИ по области ее проявления

- **производственная ТКИ** - техническая подготовка производства, процессы приготовления, сборки изделия и монтажа его вне предприятия-изготовителя;
- **эксплуатационная ТКИ** - техническое обслуживание, текущий ремонт, хранение и транспортирование, диагностирование и утилизация изделия;
- **ремонтная ТКИ** - все виды ремонта, кроме текущего.

Виды ТКИ по производимым затратам выражают

ее экономическую сущность, которая проявляется в одной или нескольких конкретных областях: при производстве, эксплуатации и ремонте изделия (например: трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость изделия).

Обеспечения технологичности решаются в основном при конструировании изделия и роль конструктора здесь оказывается решающей. Чертеж создает конструктор и нельзя надеяться, что технологичность детали будет обеспечиваться технологом на стадиях разработки и освоения технологических процессов.

Технологические предпосылки конструирования литых деталей

Литье широко применяют для изготовления фасонных деталей от мелких до самых крупных типа базовых и корпусных. У многих машин (двигатели внутреннего сгорания, турбины, компрессоры, металлорежущие станки и т. д.) масса литых деталей составляет 60 — 80% массы машины.

С помощью литья можно получить детали самой сложной конфигурации, невыполнимые другими способами формообразования. Литейный процесс производителен и недорог.

Технологические предпосылки конструирования литых деталей

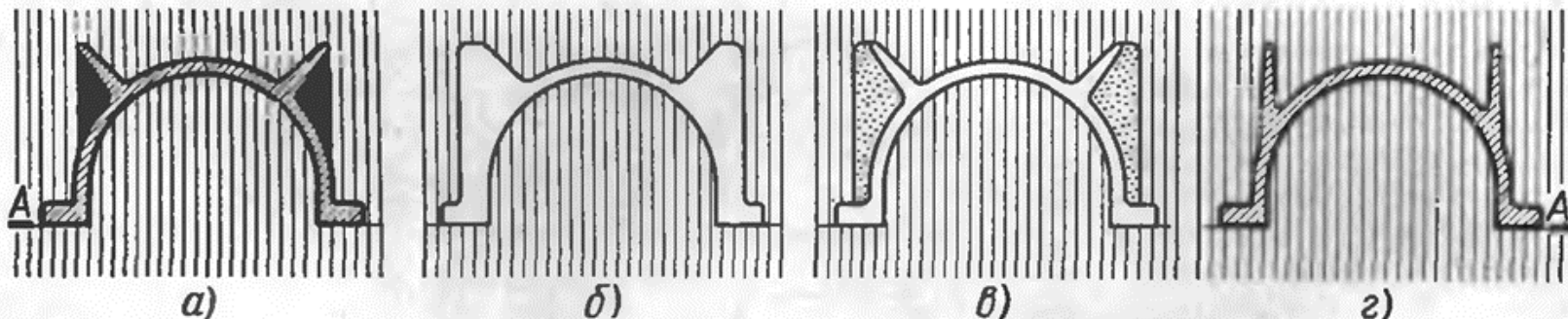
Для литых деталей характерны пониженная прочность, различные механические показатели в разных участках отливки, склонность к образованию дефектов и напряжений. Качество отливки зависит от технологии литья и конструкции детали, поэтому конструктор должен знать основные правила литейной техники и уверенно владеть приемами, обеспечивающими получение качественных отливок при наименьших производственных затратах.

Правила конструирования литых деталей ФОРМОВКА

Конструкция отливки должна обеспечивать простое и удобное изготовление формы. Модель должна беспрепятственно извлекаться из формы.

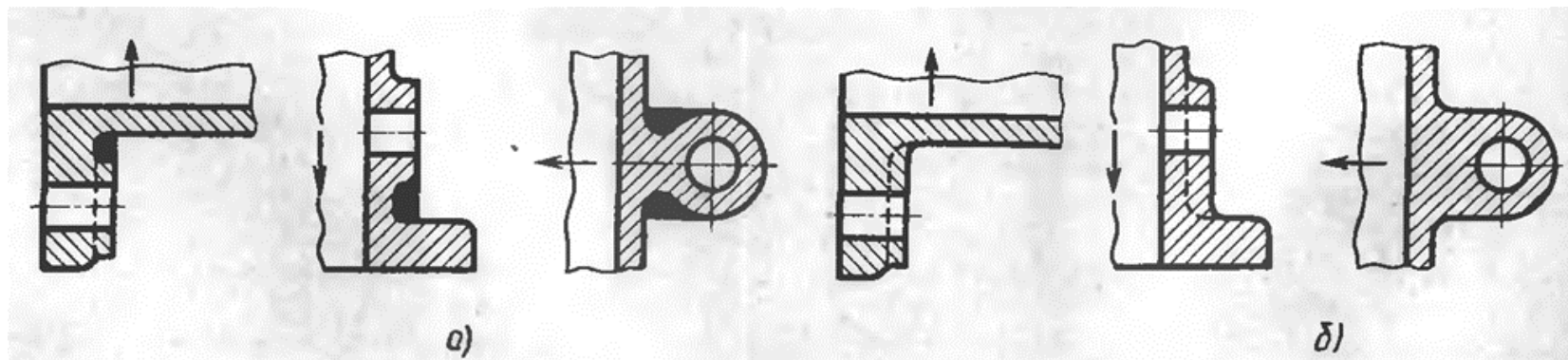
Для свободного извлечения модели из формы нужно, чтобы на поверхности модели не было подрезок — выступов или углублений, расположенных перпендикулярно или наклонно к направлению выемки, которые при извлечении модели срезают отформованные участки.

Правила конструирования литых деталей ФОРМОВКА



- а) наклонные ребра детали срезают участки формы, зачерненные на рисунке;
- б) деталь изготавливают с заполнением подрезаемых участков;
- в) требуемую конфигурацию получают установкой в форме закладных стержней после извлечения модели;
- г) *правильное проектирование ребер*, модель беспрепятственно выходит из формы.

Правила конструирования литых деталей ФОРМОВКА



а) примеры подрезок при формовке бобышек (направление извлечения модели показано стрелками);

б) способы устранения подрезок.

Правила конструирования литых деталей УСАДКА

Усадкой называют сокращение размеров отливки при остывании.

Линейная усадка(%) равна

$$\frac{L - L_0}{L_0} = \alpha (t_c - t_0) 100\%$$

где L — размер отливки при температуре;

t_c - затвердевания металла;

L_0 - размер после остывания до цеховой температуры t_0 ;

α - среднее значение коэффициента линейного расширения металла в интервале температур $t_c — t_0$.

Правила конструирования литых деталей УСАДКА

Материал	Линейная усадка, %
Чугуны фосфористые	0,7—0,8
Чугуны серые	1— 1,2
Чугуны высокопрочные	1,5—1,8
Стали углеродистые	1,8—2
Стали легированные	1,8—2,5
Бронзы фосфористые	0,6—0,8
Бронзы оловянные	1,3—1,6
Бронзы алюминиевые	2— 2,2
Алюминиево-медные сплавы	1,4—1,5
Алюминиево-магниевые сплавы	1,2—1,3
Алюминиево-кремниевые сплавы	1 — 1,2
Магниевые сплавы	1,5—1,7

Правила конструирования литых деталей УСАДКА

Объемная усадка характеризует изменение (%) объема отливки при остывании.

Объемная усадка приблизительно в 3 раза больше линейной.

Усадка является одним из основных показателей литейных качеств материала и определяет пригодность металла к литью. Чем меньше усадка, тем больше точность размеров отливки и тем меньше опасность появления усадочных напряжений, раковин, трещин и коробления отливки.

Усадку учитывают корректировкой размеров формы.

Правила конструирования литых деталей ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

Для облегчения выемки модели из формы поверхностям, перпендикулярным к плоскости разъема, придают **формовочные (литейные) уклоны**.

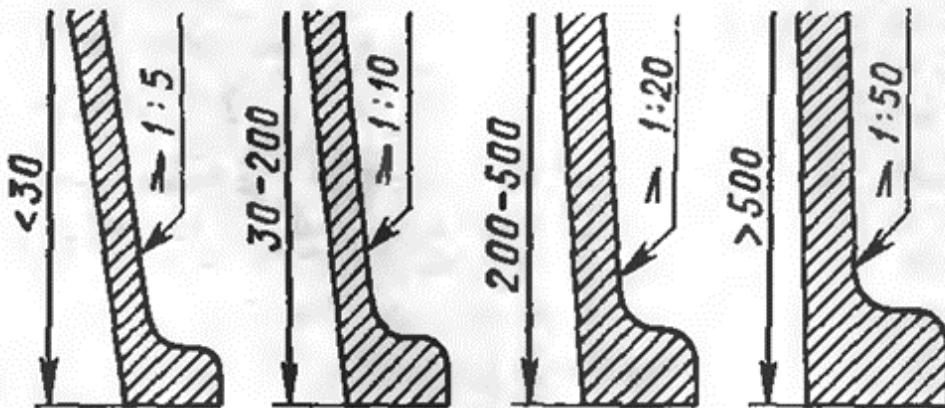
Величину стандартных уклонов на чертежах не проставляют, и детали вычерчивают без уклонов

Стандартные формовочные уклоны

Высота над поверхностью разъема h , мм	Угол наклона стенки α	Уклон ($\text{tg}\alpha$)	$h \text{tg}\alpha$, мм	Высота над поверхностью разъема h , мм	Угол наклона стенки α	Уклон ($\text{tg}\alpha$)	$h \text{tg}\alpha$, мм
До 20	3°	0,052	До 1	200—800	$30'$	0,010	2—8
20—50	$1^\circ 30'$	0,026	0,5—1,25	800—2000	$20'$	0,006	5—12
50—100	1°	0,0175	0,9—1,8	Более 2000	$15'$	0,004	Более 8
100—200	$45'$	0,013	1,3—2,6				

Правила конструирования литых деталей ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ

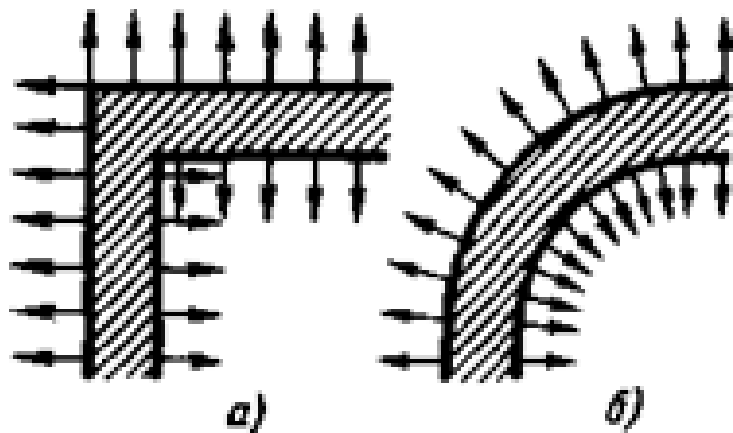
На чертежах крупногабаритных отливок целесообразно указывать уклон или предпочтительнее предусматривать **конструктивные уклоны**, превышающие формовочные уклоны. Придерживаться стандартных конструктивных уклонов необязательно.



Форму детали следует определять исходя из условия максимальной прочности и жесткости, а также красивого внешнего вида, с учетом условий формовки, литья и механической обработки.

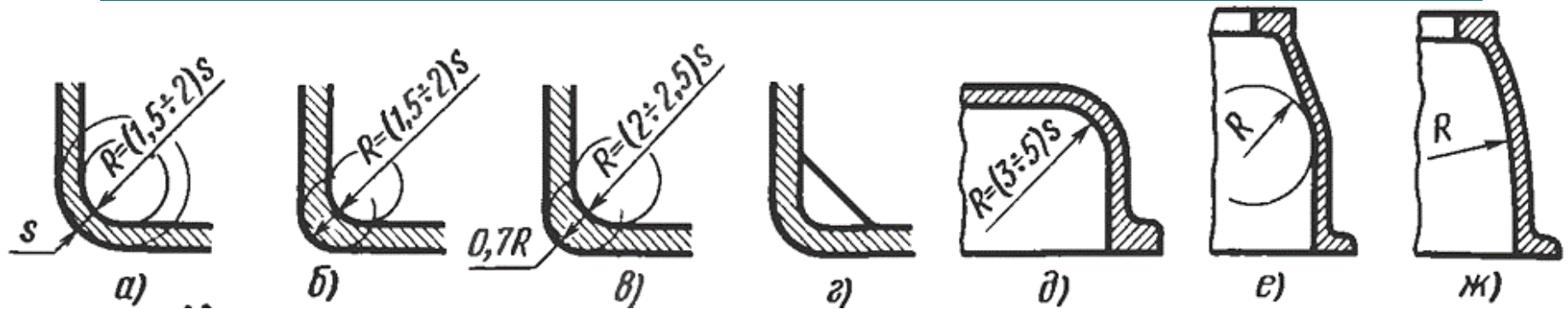
Правила конструирования литых деталей СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК

Для одновременного затвердевания толщину внутренних стенок рекомендуется делать равной примерно $0,8S$ (где S — толщина наружных стенок).



Переходы от стенки к стенке следует выполнять с галтелями (рис. 4, б). При сопряжении стенок под углом (вид а) вследствие встречи линий теплового потока во внутреннем угле соединения образуется горячий узел, замедляющий остывание. Кроме того, такое соединение затрудняет заполнение формы металлом и препятствует усадке.

Правила конструирования литых деталей **СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК**



а) при сопряжении радиусами $R = (1,5 - 2)s$ описанными из одного центра, возможно утончение стенки на участке перехода;

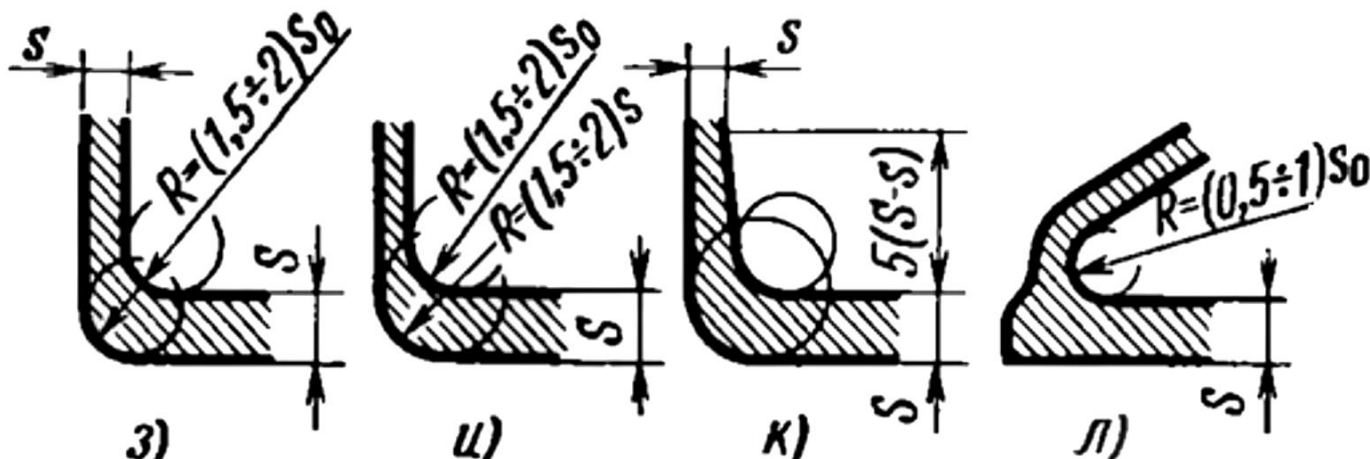
б) и **в)** лучше сопряжение радиусами, описанными из разных центров; Наружный радиус делают равным от 1 до 0,7 внутреннего радиуса.

г) на сопряжениях малого радиуса полезно делать внутренние ребра.

д) когда позволяет конструкция, целесообразно применять максимальные радиусы переходов;

е) стенки, сходящиеся под тупым углом соединяют радиусами $R = (50 - 100)s$. Лучше в таких случаях применять криволинейные стенки, описанные одним большим радиусом (вид **ж**).

Правила конструирования литых деталей СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК

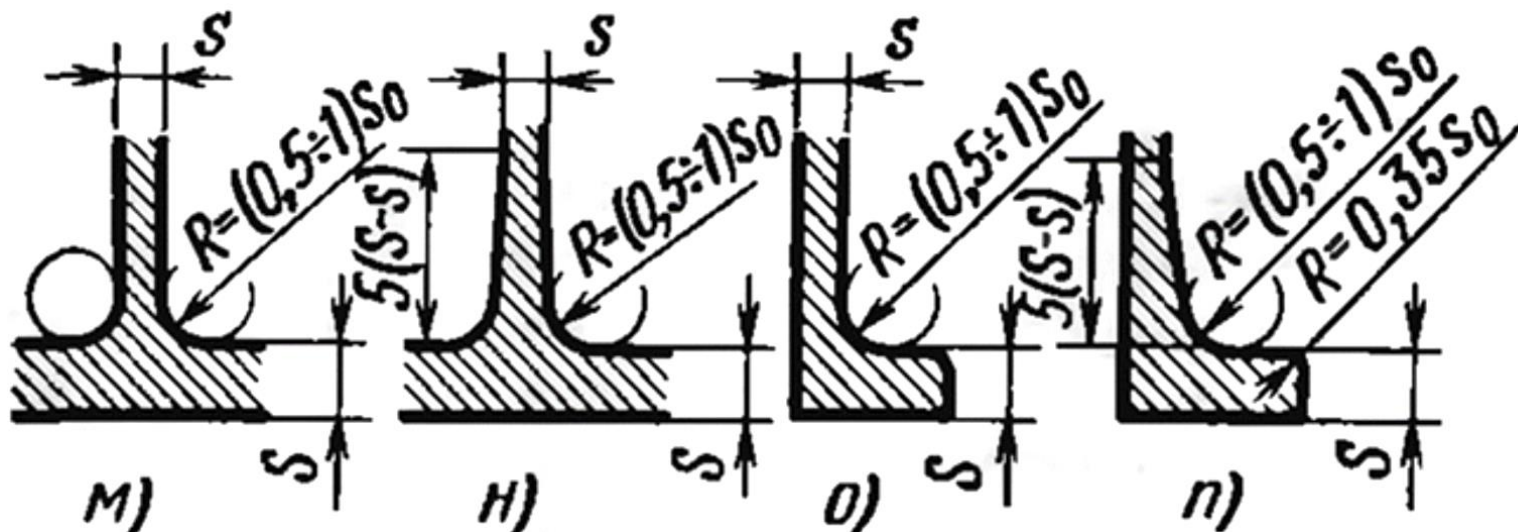


з) и и) При определении минимальных радиусов сопряжения стенок различной толщины можно пользоваться приведенными выше соотношениями, заменив s средним арифметическим $s_0 = 0,5(S+s)$ толщин сопрягаемых стенок. При небольшой разнице можно принимать $s_0 = S$.

к) Стенки с большой разницей сечений целесообразно соединять клиновидным переходным участком длиной $l \geq 5(S - s)$.

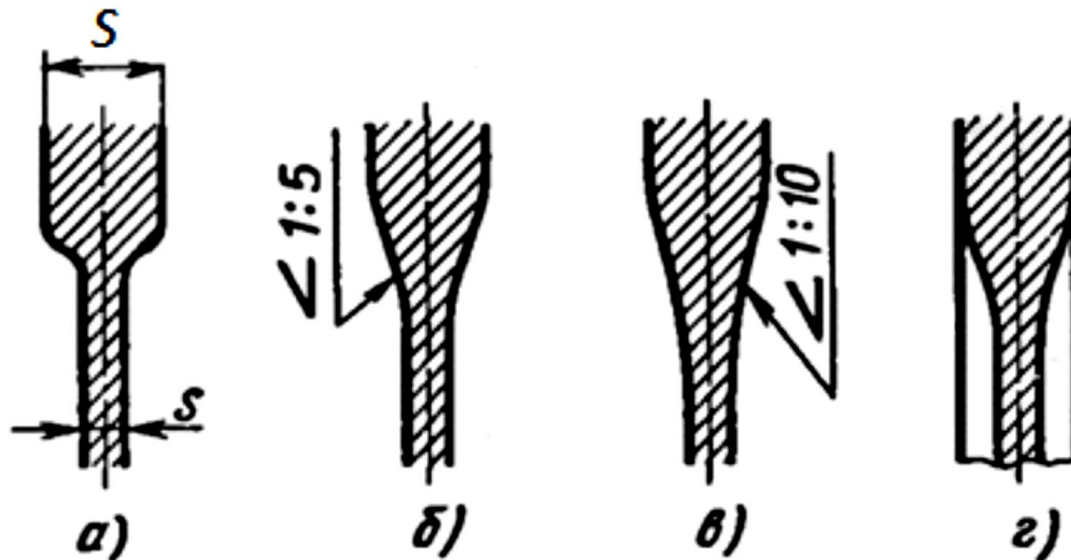
л) Следует избегать соединения стенок под острым углом. Если это неизбежно, то радиус сопряжения принимают не менее $(0,5 - 1)s_0$.

Правила конструирования литых деталей СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК



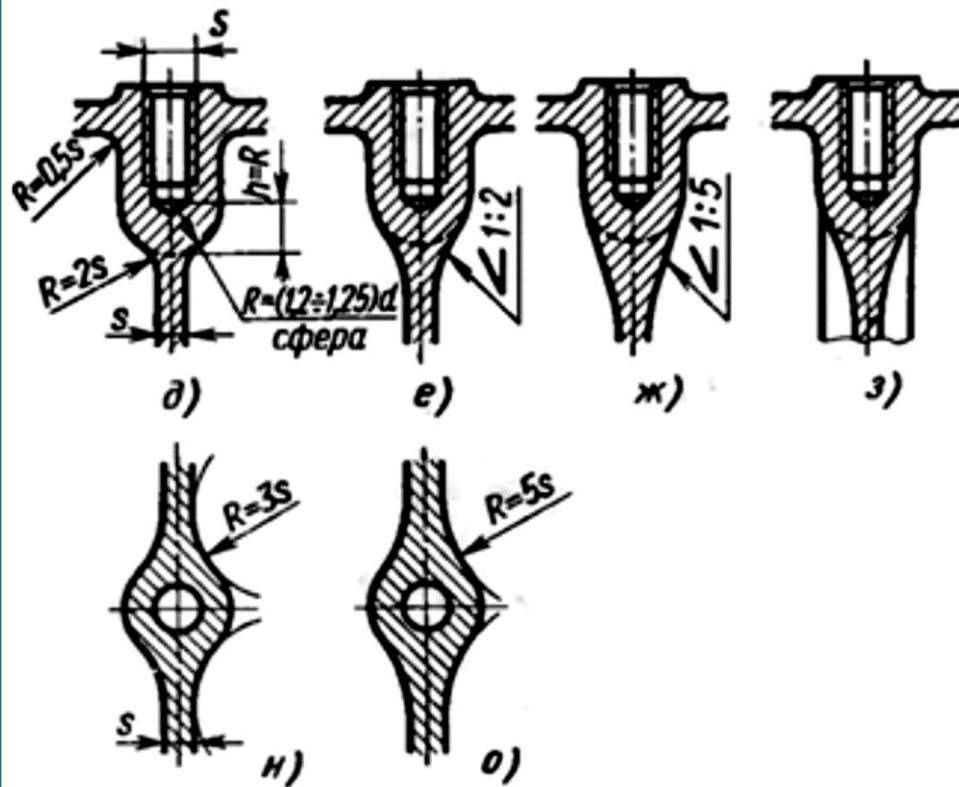
На видах *м*, *н* показаны рекомендуемые соотношения для Т-образных сопряжений, на видах *о*, *п* — для сопряжений стенок с фланцами.

Правила конструирования литых деталей СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК



Стенки различной толщины вид. а) следует соединять клиновыми переходами с уклоном от 1:5 до 1:10 (виды б, в). Целесообразно усиливать участок перехода ребрами (вид г).

Правила конструирования литых деталей **СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК**



На видах показаны формы сопряжения стенок с бобышками. В профильной проекции бобышки соединяют со стенками радиусами $R=2s$ (виды а) или уклонами от 1:1 до 1:5 (виды е, ж,) с усилением ребрами (виды з).

В плановой проекции сопряжения выполняют радиусами $R=(3 \div 5)s$ (виды н, о).

Правила конструирования литых деталей СОПРЯЖЕНИЕ СТЕНОК

Найденные из приведенных ориентировочных соотношений радиусы округляют до ближайших стандартных размеров ($R = 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 25, 30, 40$ мм). Так как небольшое изменение радиусов сопряжений мало влияет на качество отливки, то рекомендуется унифицировать радиусы.

Преобладающий радиус переходов на чертеже детали обычно не проставляют, указывая его на поле чертежа (в технических требованиях) надписью.

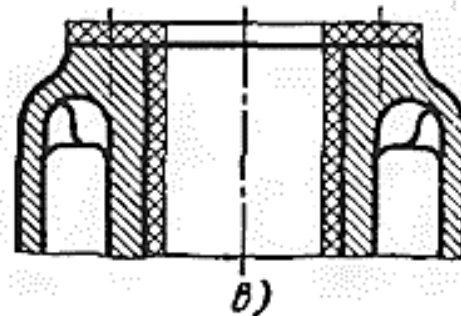
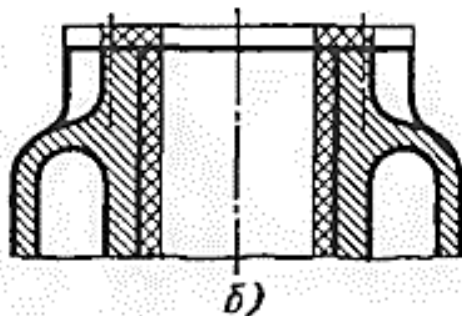
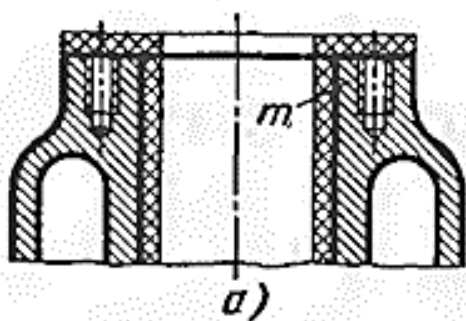
Неуказанные радиусы 6 мм.

Для закругленных внешних углов преобладающий радиус указывают надписью.

Неуказанные наружные галтели $R3$.

Правила конструирования литых деталей УСТРАНЕНИЕ МАССИВОВ

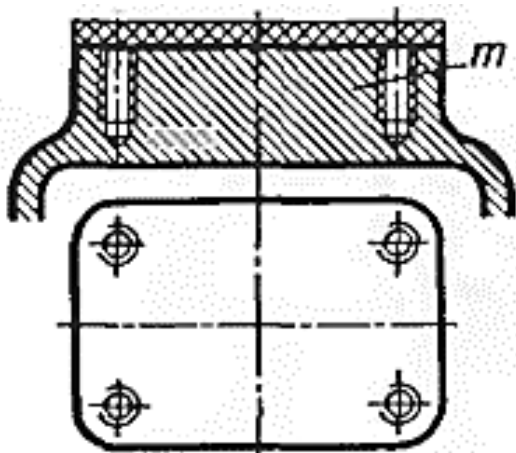
В конструкции литых деталей следует избегать местных скоплений металла, утолщений, массивов, образующих горячие узлы. Проектируя отливку, нужно тщательно просмотреть все места скопления материала с учетом припусков на механическую обработку, которые существенно влияют на распределение металла.



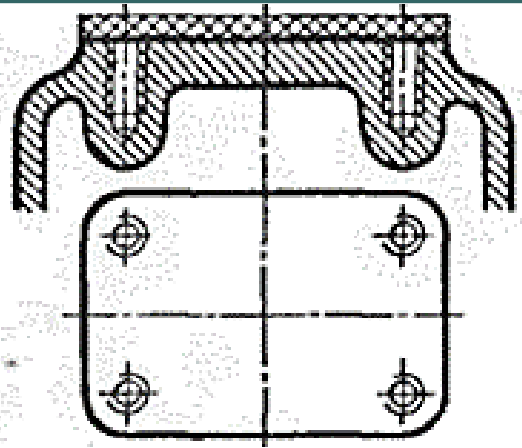
Пример устранения массивов (обозначены буквой ***m*** на крепежных фланцах

Правила конструирования литых деталей УСТРАНЕНИЕ МАССИВОВ

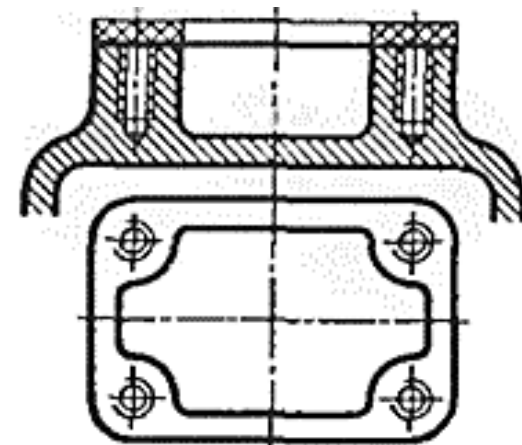
Устранение массива
на платиках



Вариант 1

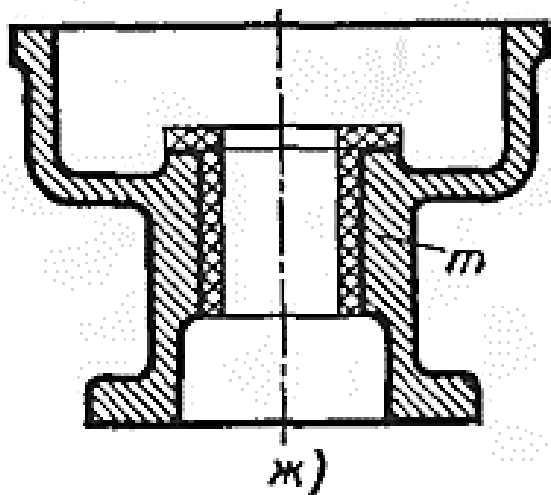


Вариант 2

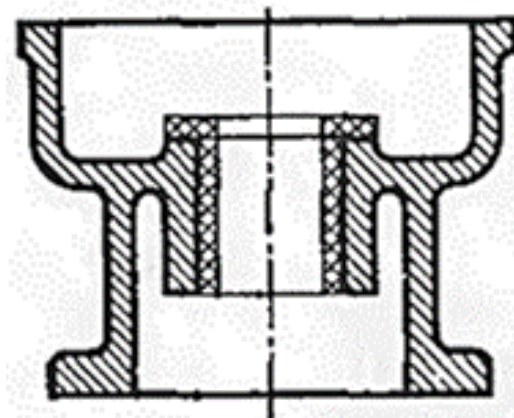


Правила конструирования литых деталей УСТРАНЕНИЕ МАССИВОВ

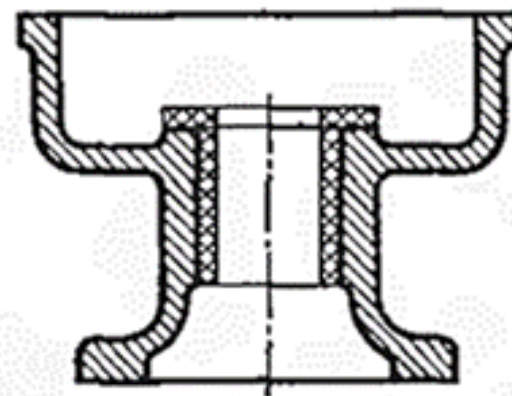
Устранение массива
в корпусной детали



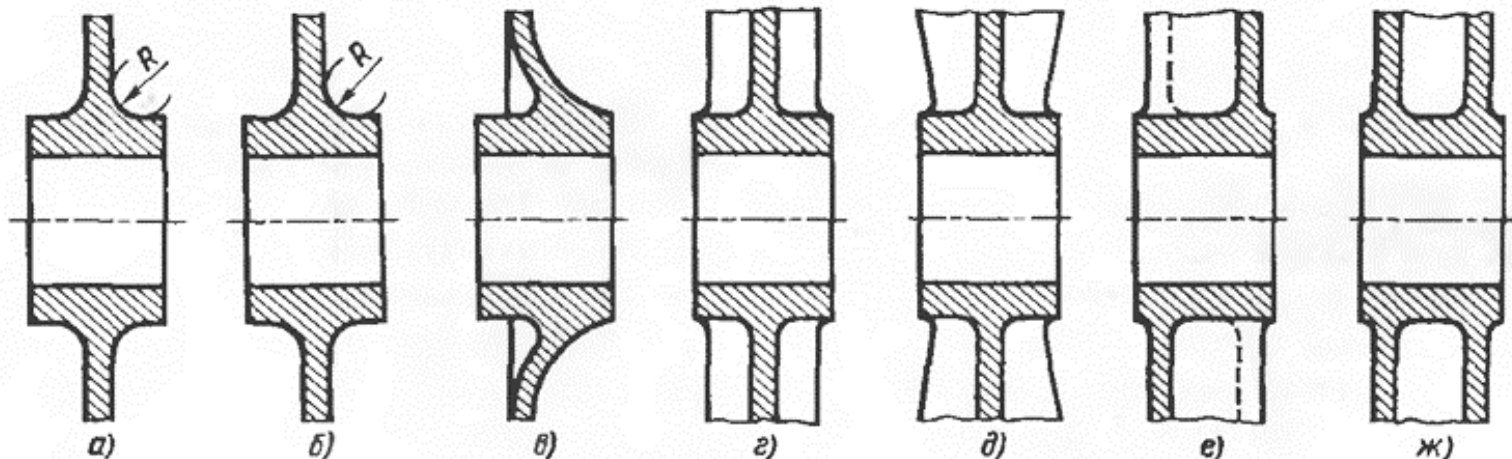
Вариант 1



Вариант 2



Правила конструирования литых деталей УСТРАНЕНИЕ МАСИВОВ



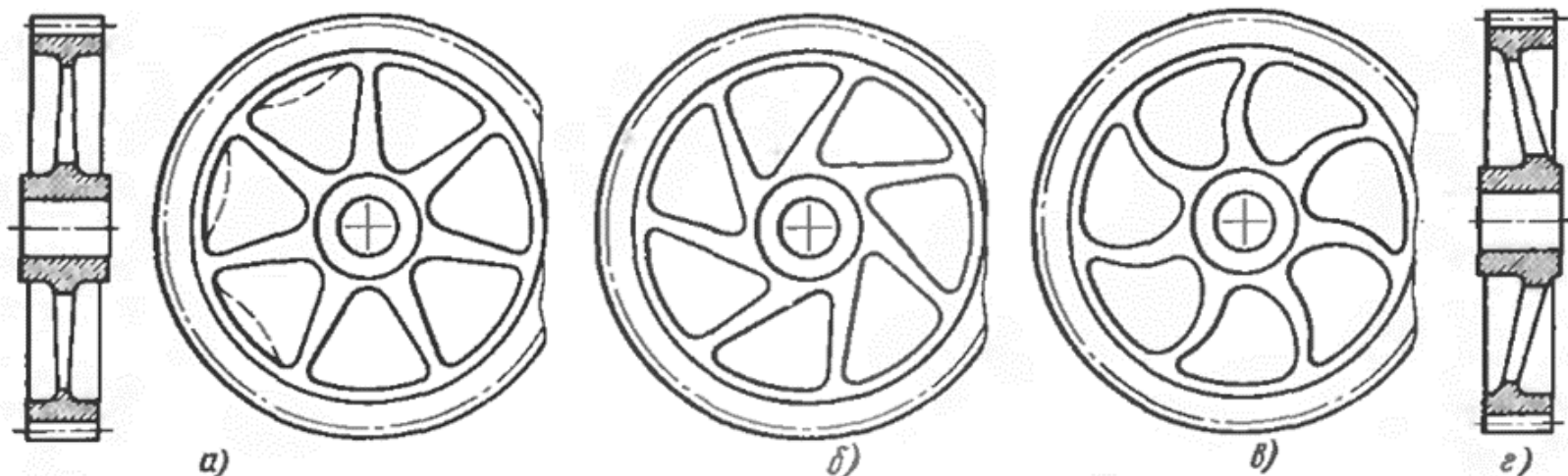
Для улучшения заполнения формы следует усиливать связь массивных элементов с ближайшими стенками с помощью галтелей **а)** клиновых переходов **б)**, раструбов **в)** и ребер **г), д)**. Целесообразно применять гофрированные **е)** и коробчатые **ж)** стенки.

Помимо улучшения условий литья, эти сопряжения увеличивают жесткость и прочность отливки.

Правила конструирования литых деталей

УМЕНЬШЕНИЕ УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

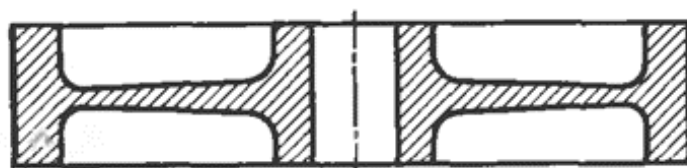
Форма отливки должна облегчать усадку.



Конструкция **а)** с прямыми спицами неправильна: спицы, остывающие раньше, тормозят усадку обода, который вследствие этого подвергается волнообразной деформации (штриховая линия). Внутренние напряжения в таких конструкциях нередко вызывают поломку обода.

Целесообразно применять податливые спицы; тангенциальные **б)**, спиральные **в)**, расположенные по конусу **г)**.

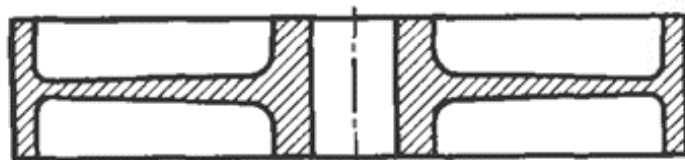
Правила конструирования литых деталей УМЕНЬШЕНИЕ УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ



a)



б)



в)

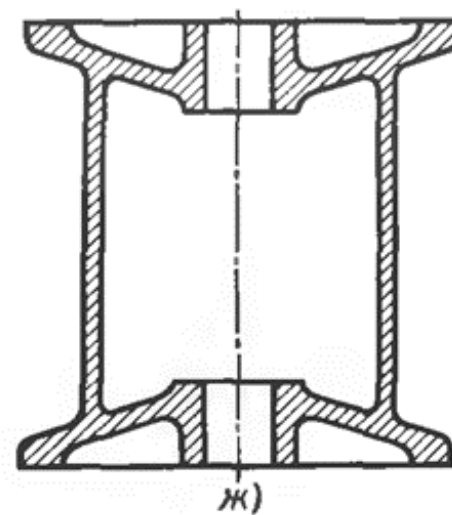
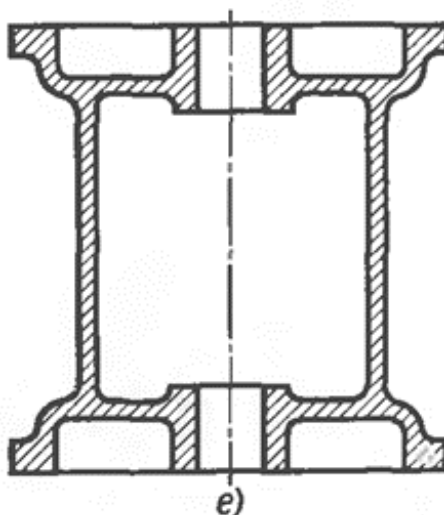
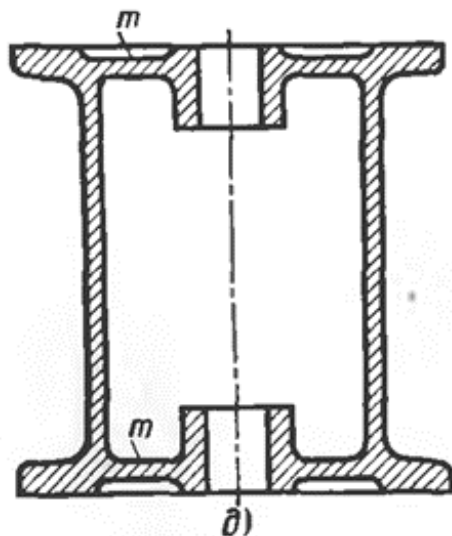


г)

В дисковом шкиве с массивным ободом **a)** диск застывает раньше обода и тормозит усадку обода; в диске развиваются напряжения сжатия, в ободке — напряжения растяжения. Если раньше остывает обод **в)**, то диск при усадке подвергается растяжению, а в ободке возникают напряжения сжатия. Для уменьшения усадочных напряжений целесообразно в том и другом случае придать диску коническую форму **б)**, **г)**.

Правила конструирования литых деталей УМЕНЬШЕНИЕ УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

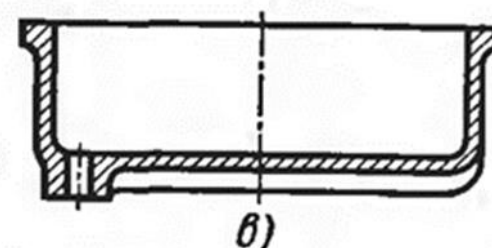
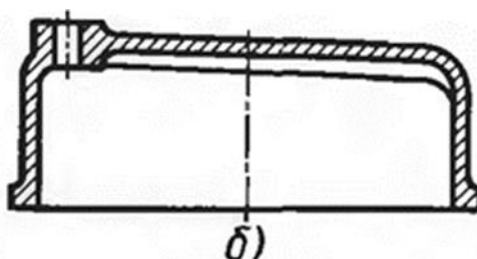
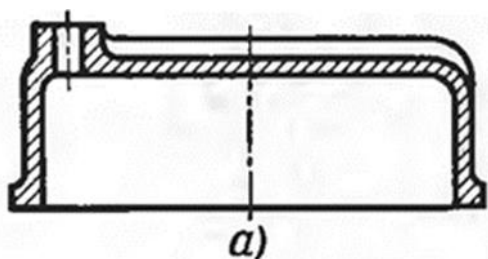
Сводчатые, арочные, выпуклые, скорлупные формы уменьшают усадочные напряжения, улучшают условия отливки и увеличивают прочность деталей вследствие увеличения моментов сопротивления сечений. Повышается жесткость конструкций, что особенно важно для отливки из сплавов с низким модулем упругости (серые чугуны, легкие сплавы).



***Правила конструирования
литых деталей
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ГАЗОВЫХ РАКОВИН***

Форма отливки должна обеспечивать всплывание неметаллических включений и выход газов, выделяющихся при остывании отливки в результате понижения растворимости газов в металле с уменьшением его температуры.

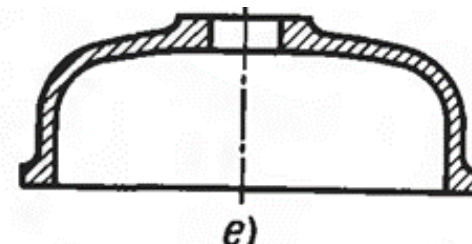
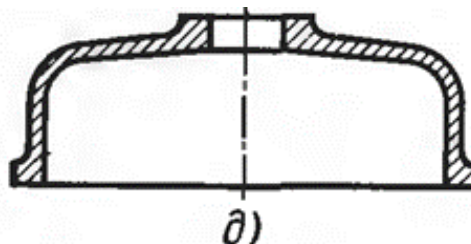
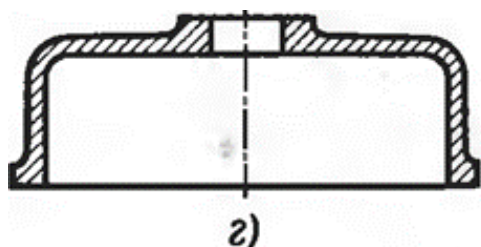
Правила конструирования литых деталей ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ГАЗОВЫХ РАКОВИН



При отливке литого поддона днищем вверх **а)** газовые пузырьки скопляются в верхушках ребер, что резко ослабляет их прочность. Лучше придать днищу конструктивный уклон и перенести ребра на внутреннюю поверхность **б)**.

Рекомендуется отливать такие детали ребрами вниз **в)**. В этом случае газовая пористость сосредоточивается в прибыли на фланце, удаляемой при последующей механической обработке. Применяют также отливку с наклоном формы.

Правила конструирования литых деталей ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ГАЗОВЫХ РАКОВИН



У цилиндрических деталей **з)** целесообразно делать верхние стенки коническими **д)** или слабосферическими **е)**.

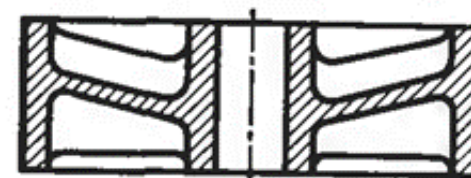
Правила конструирования литых деталей ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ГАЗОВЫХ РАКОВИН



ж)



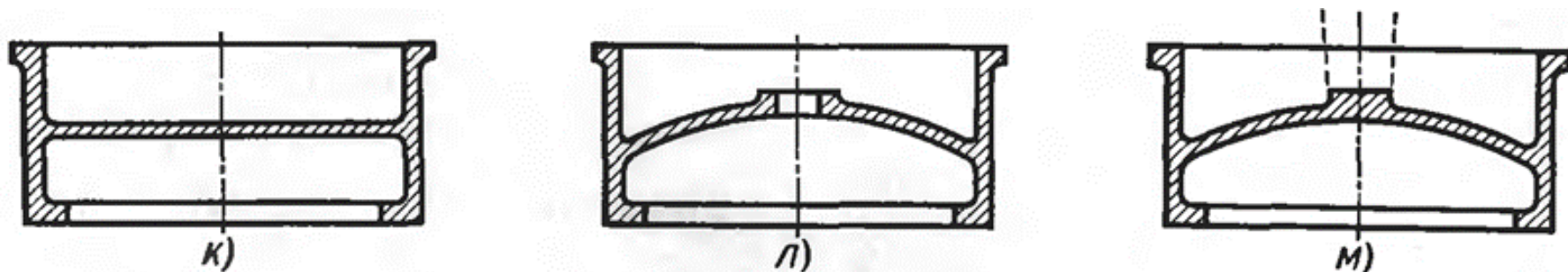
з)



и)

В дисковых деталях **ж)** диски и ребра следует выполнять по конусу **з)**, **и)**.

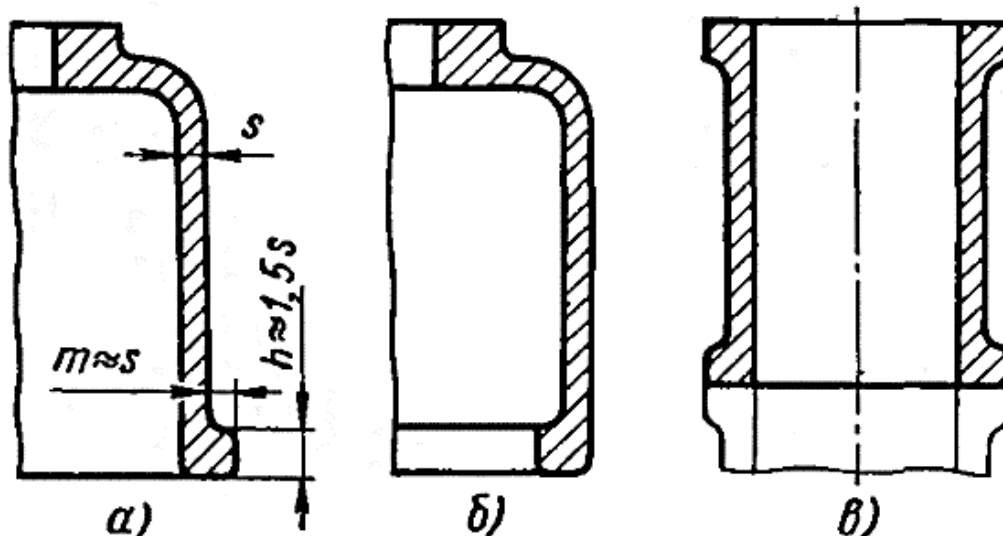
Правила конструирования литых деталей ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ГАЗОВЫХ РАКОВИН



Внутренние перегородки **к)** рекомендуется делать сводчатыми. Для отвода газовых пузырьков и неметаллических включений целесообразно предусматривать в верхней части перегородок бобышки **л)** или бонки **м)** или устанавливать выпоры (штриховые линии).

К технологическим способам предупреждения газовой пористости и раковин относятся отливка под вакуумом и присадка в металл газопоглощающих веществ (церий).

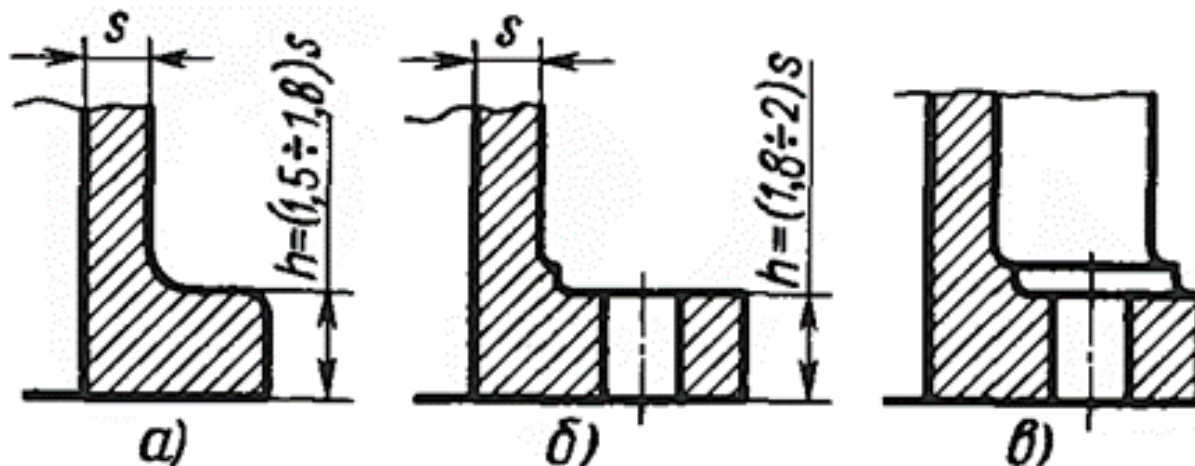
Правила конструирования литых деталей РАНТЫ



Внешние обводы литых деталей рекомендуется снабжать рантами (рис. 12, а, б) с целью увеличения жесткости, повышения равномерности застывания и (у чугуновых отливок) предотвращения отбела чугуна.

У стыкуемых по торцам деталей (вид в) ранта способствуют равномерному распределению сил затяжки.

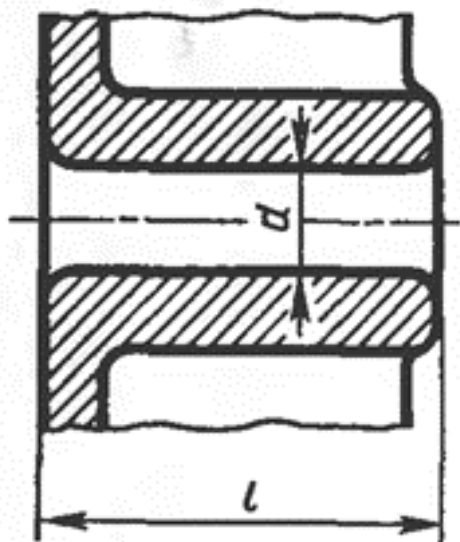
Правила конструирования литых деталей ФЛАНЦЫ



Толщину фланцев, обрабатываемых с одной стороны а) делают в среднем равной $(1,5—1,8)s$; толщину фланцев, обрабатываемых с двух сторон б) — $(1,8—2)s$, где s — толщина прилегающей стенки.

Для повышения прочности и жесткости фланцы соединяют со стенками ребрами в) или придают фланцам коробчатые формы.

Правила конструирования литых деталей ОТВЕРСТИЯ



Следует избегать выполнения в отливках отверстий малого диаметра и большой длины.

Для ориентировочного определения минимального диаметра отверстий можно пользоваться формулой $d = d_0 + 0,1l$,

где l — длина отверстия, мм.

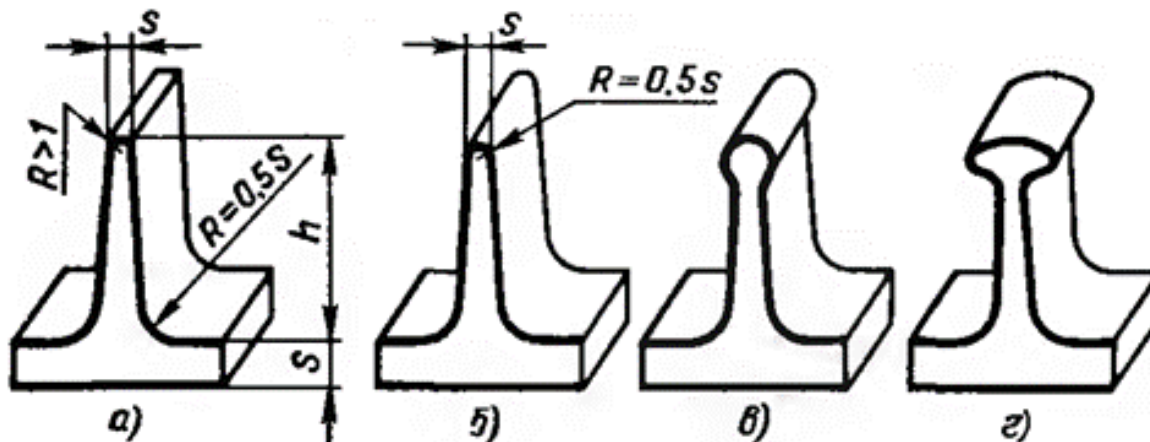
Для алюминиевых сплавов и бронз $d_0 = 5$;

для чугунов $d_0 = 7$;

для сталей $d_0 = 10$ мм.

Отверстия меньшего диаметра следует сверлить. Длинные отверстия (типа масляных каналов) лучше выполнять сверлением, заливкой трубок или заменять их трубчатыми съемными магистралями.

Правила конструирования литых деталей РЕБРА



Для увеличения жесткости и прочности литых деталей и как средство улучшения отливки применяют оребрение. Целесообразное расположение ребер позволяет улучшить питание элементов отливок и предупредить возникновение усадочных раковин и внутренних напряжений.

Правила конструирования литых деталей РЕБРА

Основным размером ребра является толщина s у верхушки (вид *a*). Для ребер высотой 20 — 80 мм существующие нормы уклонов дают практически одинаковое, почти независимое от высоты утолщение ребра к основанию на 2 — 3 мм (на обе стороны ребра).

Низкие, тонкие и редко расставленные ребра с малым отношением суммарного сечения к сечению стенки уменьшают момент сопротивления сечения изгибу и снижают прочность детали, хотя и повышают жесткость. Избежать ослабления можно более частым расположением ребер.

Правила конструирования литых деталей РЕБРА

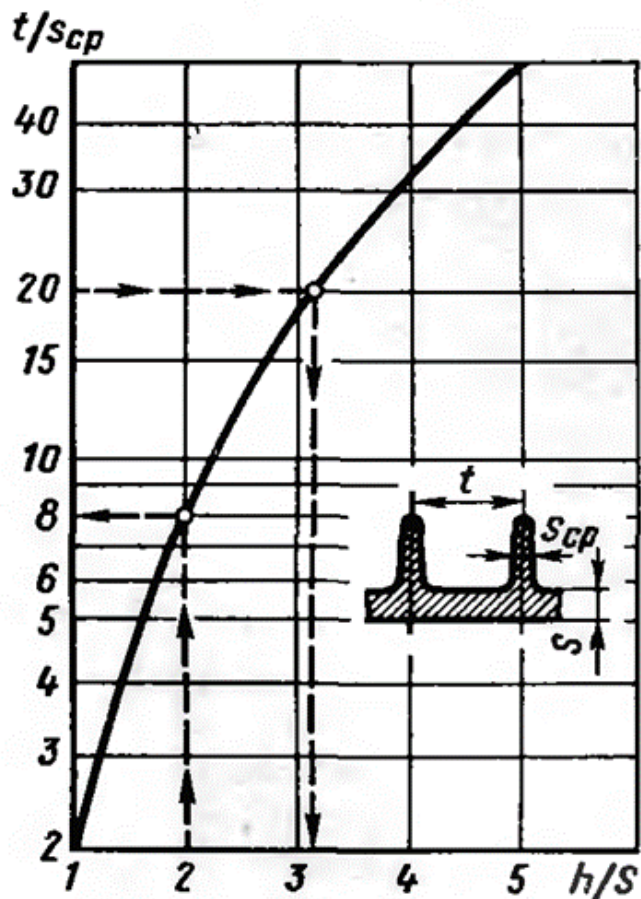
Низкие, тонкие и редко расставленные ребра с малым отношением суммарного сечения к сечению стенки уменьшают момент сопротивления сечения изгибу и снижают прочность детали, хотя и повышают жесткость. Избежать ослабления можно более частым расположением ребер.

Максимальный шаг, при котором не наступает ослабления, определяют из выражения

$$t = 2s_{cp} \left(\frac{h}{S} \right)^2$$

где s_{cp} и h — соответственно средние толщина и высота ребра;
 S — толщина стенки.

Правила конструирования литых деталей РЕБРА



На основании формулы составлен график.

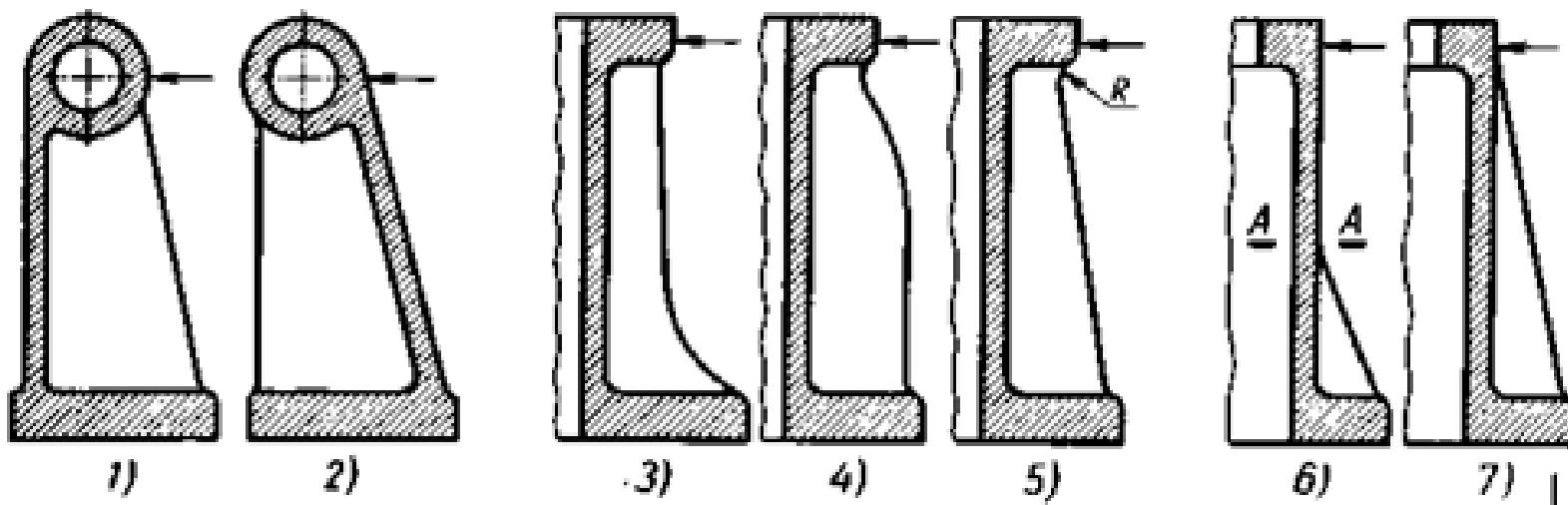
1. Пусть толщина ребер $s_{cp} = 5$ мм; $h/S = 2$. Согласно графику максимально допустимое отношение $t/s_{cp} = 8$ и максимальный шаг $t = 8 \cdot 5 = 40$ мм.

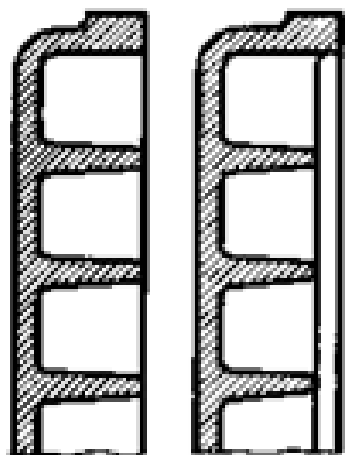
2. Пусть шаг ребер $t = 100$ мм; $S = 10$ мм; $s_{cp} = 5$ мм ($t/s_{cp} = 20$). Согласно графику минимально допустимое отношение $h/S = 3,1$ и минимальная высота ребер $h = 3,1 \cdot 10 = 31$ мм.

Правила конструирования литых деталей РЕБРА

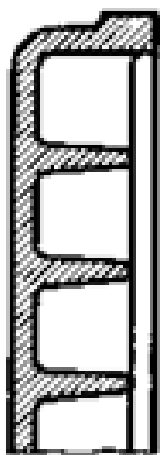
Практически ребра делают высотой, равной $(3 \div 6)S$. Более низкие ребра ослабляют деталь, не увеличивая существенно ее жесткости, более высокие — плохо отливаются.

Примеры нецелесообразного и целесообразного выполнения ребер.

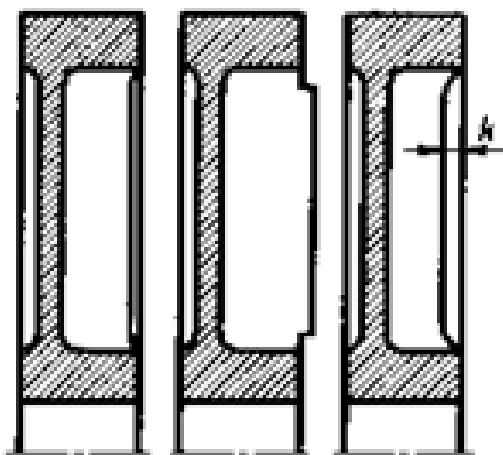




8)



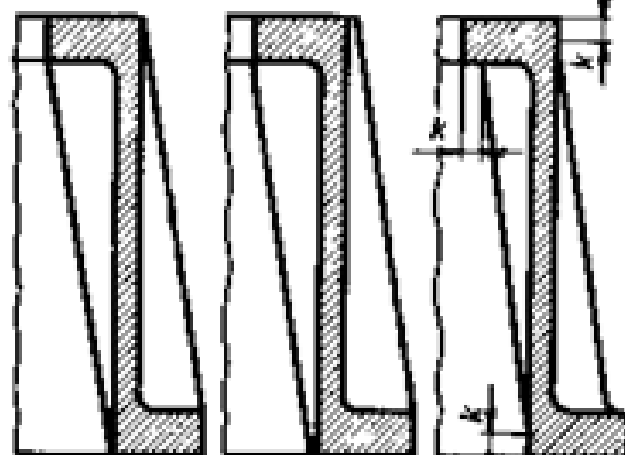
9)



10)

11)

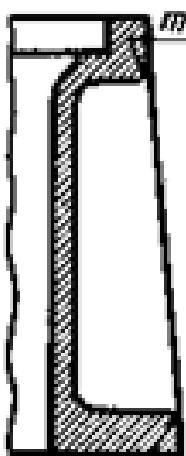
12)



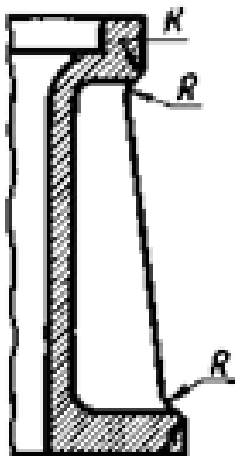
13)

14)

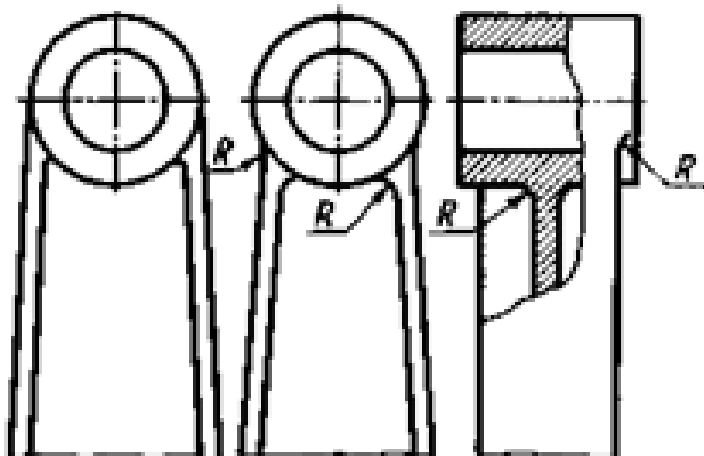
15)



16)



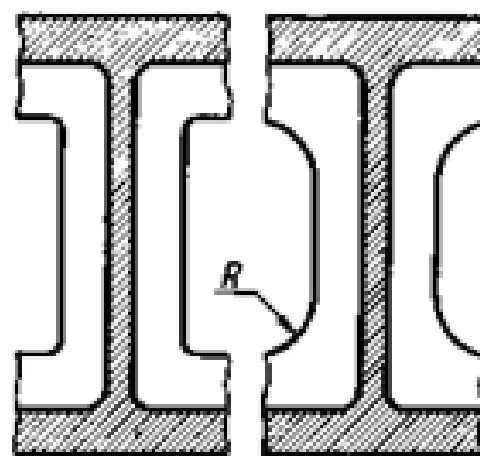
17)



18)

19)

20)



21)

22)

Правила конструирования литых деталей ТОЛЩИНА СТЕНОК

Как правило, рекомендуется применять стенки наименьшей толщины, допускаемой условиями литья и прочностью детали.

Приведенный габаритный размер детали:

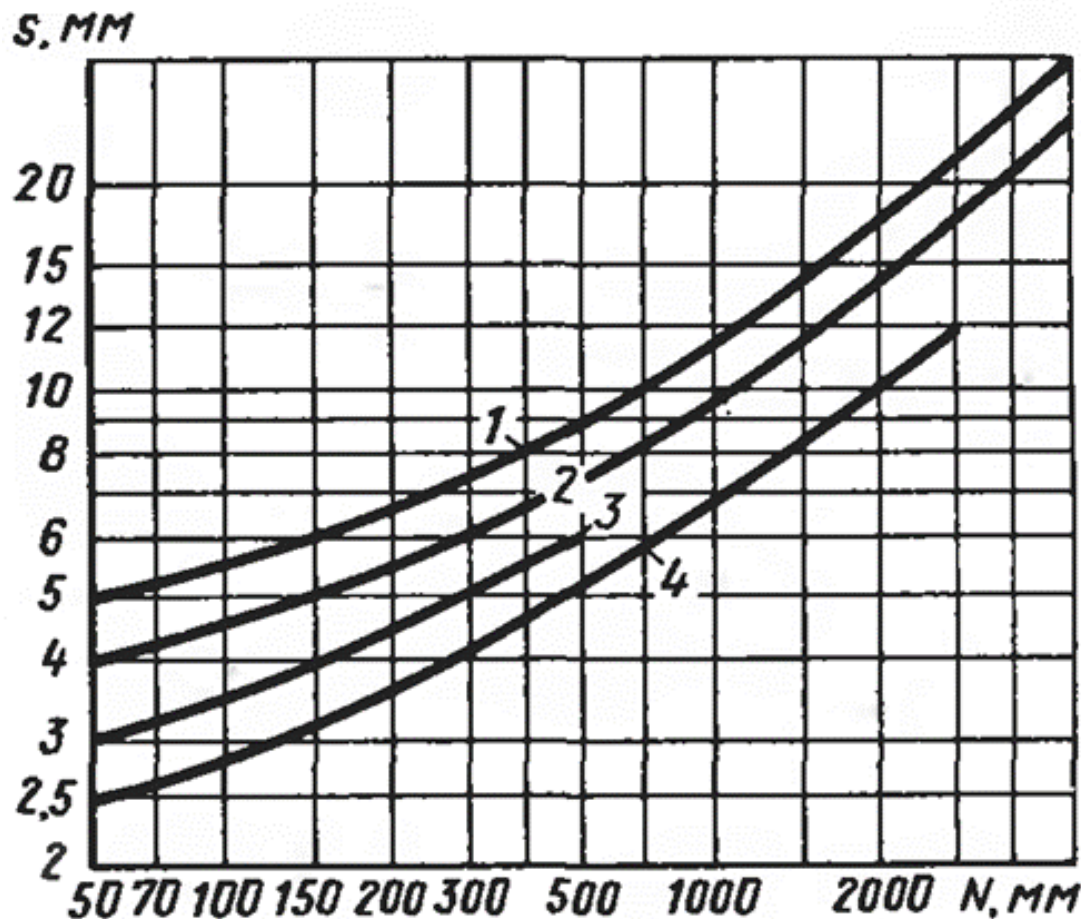
$$N=(2l+b+h)/3$$

где: l - длина, мм;

b - ширина, мм;

h - высота детали, мм.

Правила конструирования литых деталей ТОЛЩИНА СТЕНОК



Минимальная толщина S стенок для различных литейных сплавов в зависимости от приведенного габаритного размера детали

- 1- стали;
- 2 - чугуны серые;
- 3 - бронза;
- 4 - алюминиевые сплавы.

Правила конструирования литых деталей ТОЛЩИНА СТЕНОК

График составлен для наружных стенок при литье в песчаные формы II и III классов точности. Толщину внутренних стенок, перегородок и ребер делают в среднем на 20 % меньше.

График может служить только для ориентировочной оценки толщины стенок. Большое влияние оказывает технология литья: состав формовочных и стержневых смесей, условия питания и охлаждения, устройство литниковой системы и др.

Правила конструирования литых деталей ТОЛЩИНА СТЕНОК

В тяжело нагруженных деталях (санины молотов. клети прокатных станов и др.) толщина стенок определяется действующими нагрузками и условием жесткости конструкций и значительно превышает приведенные на рисунке значения. Однако и в данном случае целесообразно применять стенки наименьшей толщины, достигая необходимой прочности и жесткости отливки за счет рациональных форм.