

НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ РЭС

Несущая конструкция (НК) – элемент конструкции или совокупность элементов конструкции, предназначенных для размещения технических средств и обеспечения их устойчивости и прочности в заданных условиях эксплуатации.

Базовая несущая конструкция (БНК) – несущая конструкция, предназначенная для размещения РЭС различного назначения, габаритные размеры которой стандартизованы. В общетехническом понимании БНК представляют собой изделия, в которых определенные конструкторские решения сохранены неизменными (унификация и типизация) для ряда изделий.

Несущие конструкции современных РЭС должны обеспечивать:

1. Создание аппаратуры 3 и 4 поколения различного функционального назначения с использованием современной и перспективной элементной базы.
2. Построение аппаратуры по схемам:
 - 2.1. ФУ – Блок - Стойка(Шкаф)
 - 2.2. ФУ – Вставной каркас – Стойка (Шкаф)
 - 2.3. ФУ – Блок – Вставной каркас – Стойка(Шкаф)
 - 2.4. ФУ – Стойка(Шкаф)
3. Высокий уровень миниатюризации
4. Защита РЭС от действий вибраций, ударов, влаги, радиации.
5. Защита от перепадов внешнего давления.
6. Нормальный тепловой режим.
7. Электромагнитное экранирование.
8. Высокий уровень надёжности.
9. Технологичность конструкции.
10. Высокий уровень унификации.
11. Условия безопасности работы.
12. Возможность автоматизированного проектирования.
13. Минимальные затраты на проектирование, изготовление, эксплуатацию.
14. Требования эргономики и технической эстетики.

Для сравнительной оценки несущих конструкций (в том числе и БНК) применяются следующие критерии и показатели:

1. Масса НК. M кг
2. Объём НК, V , m^3
3. Коэффициент снижения массы
 $K_m = (M_a - M_n) / M_a$, где M_a – масса аналога,
 M_n – масса перспективной НК.
4. Коэффициент снижения объёма
 $K_v = (V_a - V_n) / V_a$, где V_a – объём аналога,

V_{Π} – объём перспективной НК.

5. Коэффициент применяемости

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum T_{\text{станд, заимств, покупн.дет.}}}{\sum T_{\text{общ}}}$$

$\sum T_{\text{станд, заимств, покупн.дет.}}$ - число типоразмеров стандартных, заимствованных, покупных деталей.

$\sum T_{\text{общ}}$ - общее число типоразмеров деталей несущей конструкции.

6. Коэффициент повторяемости

$$K_{\text{нов}} = \frac{\sum D}{\sum T_{\text{общ}}}$$

$\sum D$ - Общее число деталей НК

7. Вибропрочность (т.е. способность НК противостоять разрушающему действию вибраций в заданном диапазоне частот и ускорений в течении определенного времени. Оценивается по коэффициенту усиления вибраций, т.е. коэффициент механической перегрузки НК)

8. Ударопрочность

9. Ремонтпригодность

10. Коэффициент материалоемкости НК (Коэфф-т заполнения объёма)

$$K_{\text{зо}} = \frac{V_{\text{нк}}}{V_{\text{у}}} \quad \text{где } V_{\text{нк}} - \text{ объём всех деталей НК}$$

$V_{\text{у}}$ - общий объём радиоэлектронного устройства

11.Экранное затухание (характеризует эффективность НК как экрана)

$$B_{\text{э}} = 20 \lg \left(\frac{E}{E_{\text{э}}} \right) = 20 \lg \left(\frac{H}{H_{\text{э}}} \right), \quad \text{дБ}$$

E и H - напряженность электрического и магнитного поля без экрана.

12. Способность НК обеспечивать кондуктивную передачу тепла.

13. Приспособленность к использованию принудительного охлаждения

14. Влагостойкость

15. Радиационная стойкость

16. Баростойкость

17. Коэффициент технологичности НК.

$$K_T = \frac{K_{TЧ} \cdot \varphi_{TЧ} + K_{\Phi} \cdot \varphi_{\Phi} + K_{ПДУ} \cdot \varphi_{ПДУ} + K_{ИМ} \cdot \varphi_{ИМ} + K_{СО} \cdot \varphi_{СО}}{\varphi_{TЧ} + \varphi_{\Phi} + \varphi_{ПДУ} + \varphi_{ИМ} + \varphi_{СО}},$$

Где

1. $K_{TЧ} = 1 + \frac{D_{TЧ}}{D}$ - Коэффициент точности обработки.

$D_{TЧ}$ - количество деталей, имеющих размер по 8 качеству и выше.

D - общее число деталей (без нормализованного крепежа)

2. $K_{\Phi} = D_{\Phi} / D$ - коэффициент прогрессивного формообразования деталей.

D_{Φ} - число деталей, заготовки которых или они сами получены прогрессивными методами формообразования.

3. $K_{СО}$ - коэффициент сложности обработки

$$K_{СО} = 1 - \frac{D_M}{D}$$

D_M - число деталей (включая заимствованные и стандартные), требующие обработки снятием стружки.

4. $K_{ПДУ}$ - коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц

$$K_{ПДУ} = 1 - (D_T + Y_T) / (D + Y)$$

D_T - Общее число типоразмеров деталей (без нормализованного крепежа)

Y_T - общее число типоразмеров сборочных единиц.

D, Y - общее число сборочных единиц и деталей.

5. $K_{ИМ}$ - коэффициент использования материалов

$$K_{ИМ} = \frac{M}{M_H}$$

M - масса материала НК

M_H - масса материала израсходованного на изготовления НК.

$\varphi_{Тч}, \varphi_{\phi}, \varphi_{CO}, \varphi_{ИМ}, \varphi_{ИДУ}$ - коэффициент значимости частного показателя технологичности.

Конкретные значения :

$$\varphi_{Тч} = \varphi_{\phi} = 1$$
$$\varphi_{CO} = 0,75$$
$$\varphi_{ИДУ} = 0,5$$
$$\varphi_{ИМ} = 0,11$$

18. Стоимость разработки

19. Стоимость изготовления

20. Стоимость эксплуатации

21. Совместимость с другими системами НК (включая зарубежные)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ к НК

При разработке НК РЭС необходимо выполнение технических требований, сформулированных на основе ТЗ с учётом условий эксплуатации и назначения РЭС.

Основными требованиями являются:

- Обеспечение прочности
- Жесткости
- надёжности
- технологичности
- нормального теплового режима
- пылезащиты
- влагозащиты
- экранирования от внешних и собственных электромагнитных полей.

При выборе конструкционных материалов все требования можно разделить на:

- эксплуатационные,
- технологические,
- экономические.

Первые два вида требований определяют возможность применения наиболее прогрессивных способов формообразования деталей. Однако выбор материалов предполагает знание его физических, механических и технологических свойств с учётом стоимости.

Эксплуатационные требования к материалу зависят от условий его работы в устройстве. Выполнение этой группы требований зависит от основных свойств материала:

- Объемная или поверхностной контактной прочности материала с учётом предела прочности σ_B (для хрупких материалов);
- Предел текучести σ_T (для пластичных материалов);
- Условного предела текучести $\sigma_{0.2}$;
- Предела выносливости σ_{-1} при симметричном знакопеременном цикле;
- Твердость по Брюнелю НВ (или по Роквеллу HRC);
- Жесткость, характеризуемая модулем упругости E ;
- Плотность ρ ;
- Качеством материала по отношению к деформации E/ρ ;
- Упругостью (предел упругости σ_y ;

- Ударной вязкостью;
- Износостойкостью с учётом твердотности поверхности и допустимого ударного давления;
- Коррозионной стойкостью;
- Электропроводностью;
- Теплопроводностью;
- Газонепроницаемостью.

Технологические требования к материалу связаны с возможностью изготовления в производстве с минимальной (оптимальной) трудоемкостью с учётом программы выпуска. Очень важно внедрять прогрессивные методы формообразования деталей:

- литьё под давлением;
- прессованием;
- порошковую металлургию;
- тонколистовую штамповку.

При этом, для обеспечения технологичности важна унификация, типизации, стандартизация конструктивных элементов и методов их изготовления.

Экономические требования к конструкционному материалу определяется его себестоимостью и дефицитностью. Кроме того, при разработке НК прибора необходимо исходить из конструктивно-технологических требований, позволяющих найти рациональное конструкторское решение и технологические методы изготовления и сборки:

- стандартизация при выборе размерных рядов;
- унификация конструктивных элементов;
- минимальная номенклатура применяемых марок материалов и сортов.

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

При разработке НК (корпусов, панелей, шасси и т.д.) РЭС часто используется листовой материал. Широкое применение листового материала обусловлено:

- значительно снижается расход материала на единицу изделия;
- обеспечения высокой прочности и жесткости;
- большая производительность, что ведет к снижению стоимости;
- высокая точность размеров;
- благоприятные условия для механизации и автоматизации операций – создание автоматических линий.

Листовой прокат легко поддается резке, гибке, выдавливанию, вытяжке – т.е. операциям под названием формообразующие при штамповке.

Горячая штамповка при $t \geq t^0$ рекристаллизации, поэтому снижается наклёп, снижаются внутренние напряжения. То же при холодной штамповке – при последующем отжиге.

Размеры штампованных деталей:

Длина L – от ед. мм до 700 мм;

Толщина t – от 0,1 до 100 мм

Чистота поверхности Ra = 3,2 – 1,6 мкм (6,7 кл.чистоты поверхности);

Точность получения размеров - (6 – 9) квалитет.

Оснастка дорогостоящая (трудо- и материалоемкая) следовательно штамповка используется только при серийном производстве.

При мелкосерийном и опытном производстве - поэлементная штамповка или комплект универсальных станков.

Заготовки подвергают термообработке для повышения пластичности материала, уменьшения числа надрывов, микро- и макротрещин.

Различают тонколистовой прокат при толщине ≤ 4 мм и толстолистовой прокат.

Для изготовления НК наиболее часто применяют листовой прокат следующих марок:

1. Углеродистые стали: сталь 08кп, сталь 10кп, Ст10, Ст20
2. Нержавеющие стали 1X18H9T, 1X18H10T
3. Алюминиевые сплавы АМг, АМц, Д16, В95
4. Титановые сплавы ВТ1-0, ВТ4, ВТ5
5. Латунь (медно-цинковые сплавы) Л62, Л82, Л86, ЛС59-точение, нарезание резьбы.
6. Магниевого сплавы МА1
7. Слоистые пластики и листовые термопласты.

Материалы:

Углеродистая сталь 10КП – высокая пластичность и вязкость, имеет низкий предел текучести. Имеет высокую чистоту поверхности. Достоинство – хорошая свариваемость.

Алюминиевый сплав АМц - высокопластичный, имеет повышенную коррозионную стойкость. В три раза легче стали. Сплав применяется в оттоженном состоянии. Чтобы обеспечить необходимую мягкость и вязкость для штамповки и гибки. Сплав АМц хорошо сваривается.

Алюминиево-магниевый сплав Д16 – более прочный, но и более жесткий чем АМц.

Магниевые сплавы – в 1,5 раза легче алюминиевых сплавов.

Титановые сплавы – сплав в 2 раза легче стали, но тяжелее Алюминия. Имеют высокую прочность и твердость. Однако в морской воде в контакте с медными сплавами и нержавеющей сталью титановые сплавы подвержены электрохимической коррозии. Теплопроводность в 4 раза ниже чем у стали. Электропроводность в 30 раз слабее, чем у меди.

В настоящее время для размещения РЭС используется два вида НК (крпусов):

1. *Каркасная конструкция* – каркас создается при сварке из угольников (алюминиевый сплав или сталь), а снаружи - обивка из листового материала. Применяется в крупногабаритной аппаратуре. В основном исчезает, заменяется бескаркасной конструкцией.
2. *Бескаркасная конструкция* – жесткость создается объёмной оболочкой – чаще всего из листового материала. Здесь жесткость определяется жесткостью отдельных элементов конструкции и прочностью мест их соединения - в местах связи из-за воздействия собственных нагрузок возникают наибольшие напряжения.

Технологическая особенность изготовления деталей из листового материала.

Среди штампованных деталей, применяемых в несущих конструкциях РЭС, широко распространены детали, полученные гибкой (каркасы, скобы, хомутики и т.д.)

Пластическая деформация изгиба - означает, что после удаления сил, которые изгибали тело, тело сохраняет приданную ему форму.

Одной из особенностей гибки, заметной тем значительнее, чем более узкая полоса, подвергается изгибу, является искажение поперечного сечения детали в месте изгиба. Там возникают внутренние механические

напряжения, которые могут привести к трещинам, если не будет учтен минимальный радиус изгиба. Ближе к внутреннему сгибу волокна сжимаются, внешние волокна растягиваются, это может привести к напряженному состоянию материала в месте гибки. Волокна, расположенные вблизи нейтральной оси, деформируются упруго. (нейтральная ось-ось, не изменяющая свою длину при изгибе.)

Минимальный радиус изгиба R_{\min} зависит от многих факторов: от толщины и марки материала, состояния поставки, способа гибки, ориентации относительно проката и т.д.

$$R_{\min} = k_1 * k_2 * S$$

где S – толщина листа

k_1 – коэффициент, зависящий от марки материала, его состояния и ориентации относительно проката.

k_2 – коэффициент, зависящий от угла гибки.

$$\text{угол } 90^0 \text{ (} 180^0 \text{)} \quad k_2 = 1$$

$$\text{угол } 45^0 \quad k_2 = 1,5$$

$$\text{угол } 30^0 \quad k_2 = 1,3$$

Проектирование несущих конструкций

Несущие элементы конструкции электронных средств

Несущие элементы предназначены для крепления элементов конструкции в ячейках, блоках, устройствах ЭС.

В зависимости от функциональной сложности изделия несущими конструкциями могут быть:

1. Шасси.
2. Каркасы оснований.
3. Печатные платы.
4. Рамки, теплоотводящие основания.

Несущие конструкции могут исполняться методом штамповки, либо

литьём под давлением.

Штамповкой исполняют несущие конструкции из тонколистовых материалов. Под тонколистовыми материалами понимают прокат металлов толщиной до 4 мм.

А литьём под давлением выполняют несущие конструкции малых и средних габаритных размеров из литейных сплавов.

Предпочтительно применять такие материалы, которые имеют высокий модуль упругости E при малой удельной массе ρ . Широко применяется алюминий и его сплавы АЛ-2, АЛ-9, АМг, АМц. Могут применяться конструкции из стали, ударопрочных пластмасс (полиамиды, стиропласты) в зависимости от назначения и условий эксплуатации аппаратуры.

Для авиационной аппаратуры наиболее часто применяются магниевые сплавы МА2, МА5, МА8. В том случае, когда требуется от несущего элемента высокая электропроводность, могут применяться латуни ЛС59-1, Л63.

Для штампованных конструкций применяются, также, стали углеродистые и нержавеющей.

В настоящее время в качестве материала несущих конструкций широко используют пластмассы. Например, пенополиуретан (ППУ). В зависимости от состава ППУ могут быть жёсткими и эластичными, ударопрочными и даже демпфирующими.

При конструировании несущих конструкций необходимо обеспечить минимальную массу при необходимой прочности. Для этого необходимо выполнить рационально конфигурацию, форму несущей конструкции.

Несущие конструкции типа шасси применяются для одноэтажных конструкций, когда элементы конструкции размещаются в одной плоскости. Для того чтобы обеспечить жёсткость тонколистового несущего элемента предлагают его конструкцию с использованием отбортовки и выдавки.

Предпочтительно выполнять шасси коробчатой конструкции. В штампованных конструкциях шасси могут исполняться вырубкой отверстия различных конфигураций.

Для обеспечения точности исполнения деталей штамповкой, при простановке размеров на чертеже за начало координат необходимо выбирать крайнее левое нижнее отверстие.

При простановке размеров и размерных цепей необходимо выполнить размерные цепи так, чтобы размеры, определяющие точность сопряжения детали, были указаны на чертеже с необходимой точностью погрешности исполнения.

Если же размер, определяющий точность сопряжения, оказывается замыкающим звеном размерной цепи, то его погрешность равна сумме погрешностей звеньев (рис. 5.1). В этом случае полученная точность исполнения размера может быть недостаточна для соединения с другими элементами. Погрешность на размер a , указанный на чертеже, будет равняться $3 \cdot \Delta x$.

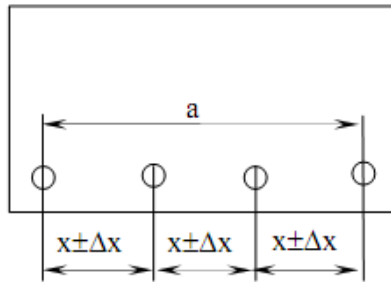


Рис 8.1
Погрешность размерной цепи

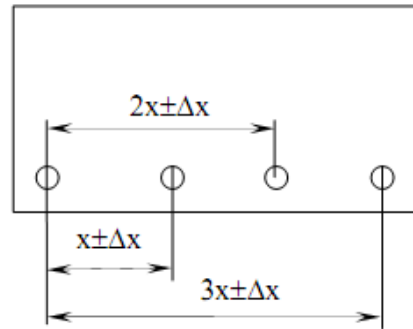


Рис 8.2
Рекомендуемая простановка
размеров

Поэтому все размеры, определяющие точность крепления элемента (например, панель, изображенная на рис. 5.2) должны быть проставлены от одной принятой базы с необходимой точностью исполнения каждого звена. Это требование должно выполняться при разметке крепежных отверстий деталей, а также при разметке посадочных мест многовыводных элементов на печатной плате (например, микросхем, электрических разъемов).

Во втором случае допуск на межцентровое расстояние между крайними отверстиями окажется в 3 раза больше, чем в первом случае.

Допуск на крепёж детали винтами или болтами рассчитывается исходя из разницы диаметра отверстия и диаметра винта и болта по формулам:

$$\Delta x = \frac{d_o - d_b}{2}$$

- если одно направление совмещения (отверстия расположены в одну линию);

$$\Delta x = \frac{d_o - d_b}{3}$$

если два направления совмещения (отверстия расположены в плоскости).

Каркасы оснований ЭС предназначаются для многоэтажного размещения элементов конструкции и поэтому используются как несущие конструкции стоек, приборов и РТ устройств.

Для компактности и жёсткости конструкция чаще всего выполняется в форме прямоугольного параллелепипеда с многоэтажным расположением элементов на полках. Такой каркас можно изготовить методами сварки или клёпки из уголков-профилей. Однако конструкция оказывается мало технологичной, т.к. выполняется из большого количества уголков и содержит много сварных соединений. Использование штамповки с последующей сваркой позволяет получить жесткую конструкцию, которая оказывается достаточно технологичной, и в тоже время прочной при эксплуатации (рис.8.3).

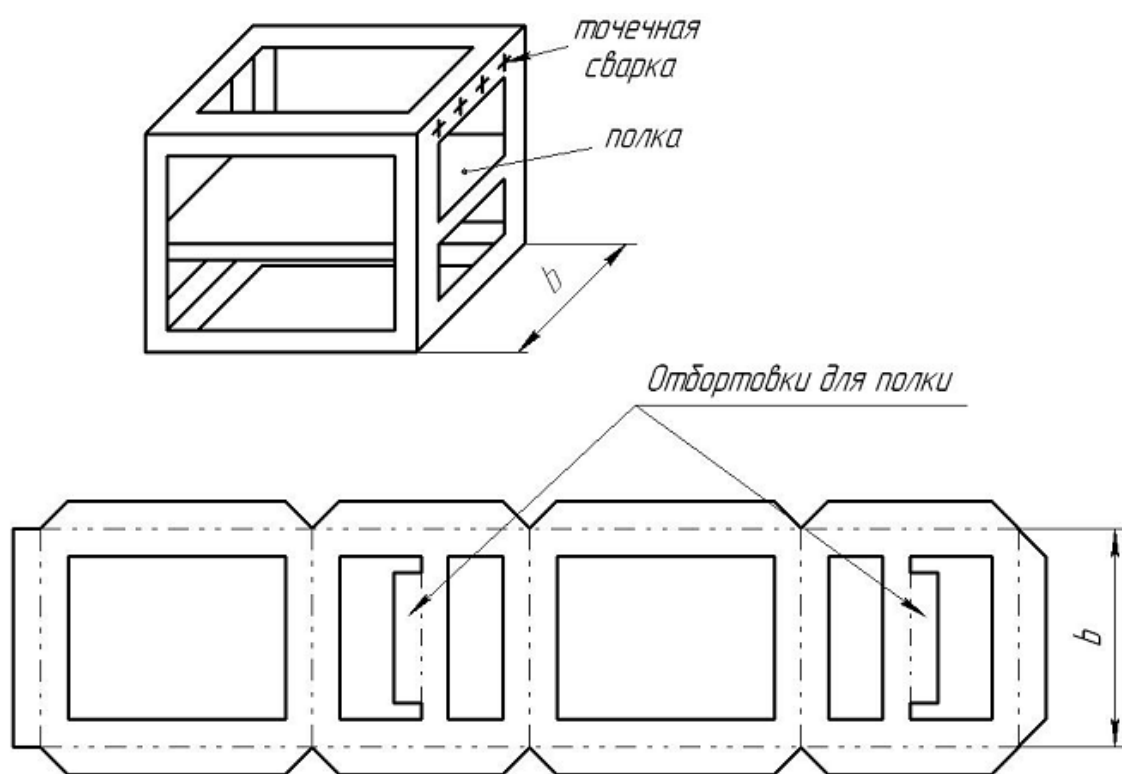


Рис. 8.3. Штампованный каркас и его развертка

Подобные конструкции можно исполнять достаточно жёсткими и из тонколистовых металлов за счёт уголкового профиля сечения. Высота полок отбортовки рекомендуется в значениях: $\frac{1}{15} \dots \frac{1}{20}$ максимального габаритного размера прибора.

Рамки или теплоотводящие основания используются как несущие конструкции ячеек ЭС. При выборе материала исходят из условия необходимой жёсткости или теплопроводности или того и другого.

Если рамка используется как элемент жёсткости для ячейки, то она может выполняться литьём или штамповкой из материалов малой удельной массы, но достаточной прочности (алюминий его сплавы, пластмасса).

Для минимальной массы, но достаточной жёсткости конструкции рекомендуется уголкового профиля сечения.

Несущая рамка может иметь поперечные либо продольные, или поперечные и продольные рёбра жёсткости исходя из требуемой вибропрочности конструкции. Печатная плата к рамке несущей может крепиться винтами или заклёпками, а соответственно в рамке предлагаются приливы с отверстиями крепления.

Несущая рамка исполняется вместе с элементами крепления ячейки в блок, например, петли для шарнирного крепления или передняя панель с невыпадающими винтами.

Если же несущая рамка должна выполнять функцию элементов локального охлаждения микросхем или транзисторов, то её изготавливают в виде теплоотводящего основания ячейки из материала высокой теплопроводности.

сти.

В теплоотводящем основании под микросхемами или транзисторами должно выполняться теплоотводящее дно толщиной как требует микросхема или микросборка. Толщина теплоотводящего дна может быть 0,5...1,8 мм, в зависимости от типа корпуса микросхемы или микросборки. В зависимости от требуемой толщины дна теплоотводящего основания, конструкция может быть штампованной, литой под давлением либо комбинированной. Дело в том, что литьём под давлением нельзя исполнить очень тонкую стенку детали при большой площади отливки.

Если литьём моноконструкция с тонкой стенкой не получается, то можно сделать комбинированную конструкцию, когда к жёсткой несущей рамке припаивают отдельные тонкие теплоотводящие шины.

8.2. Особенности конструкций деталей, изготавливаемых литьём под давлением

Литьём под давлением исполняют несущие конструкции и элементы ЭС малых и средних габаритных размеров, которые получаются достаточно жёсткими с высокой чистотой поверхности.

При этом необходимо выполнять основные требования по конфигурации и размерам детали, исходя из особенностей литья под давлением. Особенности конфигурации и размеров детали определяются уменьшением объёма и размеров детали при остывании её после литья.

При охлаждении имеет место усадка материала, а значит и уменьшение размеров детали от 0,3...2% в зависимости от литейного материала.

Исходя из особенностей процесса литья под давлением, при проектировании необходимо выполнять следующие требования:

1. Не допускается значительная разнотолщинность стенок детали в различных направлениях сечений. Допускается разнотолщинность стенок не более 30% от толщины тонкой стенки. Для получения равнотолщинности делают выборку материала, например, уменьшают посадочную площадь фланца. На рисунке 8.4 приведена конструкция фланца с выемками, которые уменьшают объём детали. Для того чтобы обеспечить прочность тонкостенной литейной детали предлагают литейные рёбра жёсткости. При проектировании рёбер жёсткости тоже должны выполняться требования равнотолщинности ребра со стенками конструкции.

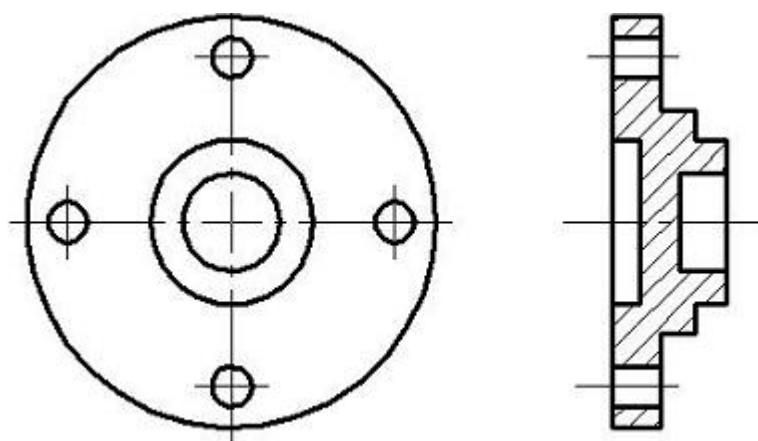


Рис. 8.4. Обеспечение равнотолщинности фланца

2. В конструкции литейной детали не должно быть острых углов, острых кромок и при литье должны выполняться требования внешних и внутренних плавных сопряжений: радиусы внешних сопряжений примерно 0,8 мм, радиусы внутренних сопряжений примерно 1,5 мм. Эти требования указываются в технических требованиях чертежа.

3. Для того чтобы деталь не заклинило в форме после остывания, её стенки должны выполняться с технологическими уклонами 15' - 10' в зависимости от литейного сплава. Значения технологических уклонов указываются в технических требованиях чертежа.

4. Литьём под давлением ограничивается минимально исполнимая толщина стенок в зависимости от площади отливки и литейного сплава.

Таблица 8.1. Минимальная толщина стенок

Площадь сплошной поверхности отливки, см ²		Литевой сплав				
		оловянные	цинковые	магние-вые	алюми-ниевые	медные
свыше	до					
-	25	0,6	0,8	1,3	1	1,5
25	100	0,7	1	1,8	1,5	2
100	225	1,1	1,5	2,5	2	3
225	400	1,5	2	3	2,5	3,5
400	1000	-	-	4	4	-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

СПОСОБ ЛИТЬЯ	Масса отливки, кг	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность размеров отливки (кавалитет)	Класс шерохова тос-ти поверхности	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В песочные (разовые) формы	Не ограничена	3 - 4	IT14 - IT16	1 - 2	Единичное и мелкосерийное производство деталей различных размеров, массы и конфигурации из сплавов цветных металлов.
В металлические постоянные формы (кокиль)	Не ограничена	2 - 3	IT12 - IT14	4 - 7	Серийное и массовое производство деталей из сплавов цветных металлов и стали.
Под давлением	До 10	1,5 - 2,0	IT9 - IT12	7 - 8	Крупносерийное и массовое производство деталей из цветных сплавов.
По выплавляемым моделям	До 10	1,0 - 1,5	IT11 - IT12	4 - 6	Серийное и массовое производство.
В оболочковые формы	До 10	2,0 - 2,5	IT12	3 - 4	Крупносерийное и массовое производство крупногабаритных деталей.
Центробежное	До 10	2.0	IT12 - IT14	6 - 7	Единичное, серийное и массовое производство отливок, имеющих форму тел вращения.

. Особенности конструкции штампованных деталей в ЭС

Штамповкой получают детали из листового материала, которые отличаются высокой прочностью и жёсткостью при малом весе. Штамповка обеспечивает высокую производительность и, соответственно, малую стоимость изготовления детали. В основном изготавливаются несущие элементы конструкции – шасси, корпуса и кожухи ЭС, а также элементы крепежа – скобы, платы.

В качестве листовых материалов для штампованных изделий применяются металлические и неметаллические материалы тонколистовые материалы.

Тонколистовым считается прокат толщиной до 4 мм. Используется для изготовления деталей несущих конструкций корпусов ЭС. Чаще всего применяется листовой прокат чёрных и цветных металлов следующих марок:

1. **Обычная углеродистая сталь 10 КП.** Обладает высокой пластично-

стью и вязкостью. Для улучшения обрабатываемости и снятия внутренних напряжений применяют термообработку (нагрев до 9000 С, быстрое охлаждение до 7000 С). Хорошо сваривается, при этом прочность сварного шва составляет 90% от прочности основного металла. Хорошо окрашивается.

2. Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т (хромо никель титановая). Кислотоустойка, не подвержена коррозии в морской воде. Сталь хорошо сваривается, после соответствующей термической обработки допускает глубокую штамповку, жаростойка в атмосфере воздуха до 850 С, почти не магнитна.

3. Алюминиевые сплавы: АМц (алюминиево-марганцевые), АМг (алюминиево-магниевые), Д16, В 95. Применяют, когда в технических требованиях задается минимальный вес. Конструкции весят в два с лишним раза меньше стальных.

Д – 16 – алюминий-медный сплав. Свойства: высокая прочность, хорошая пластичность, удовлетворительная свариваемость. Однако малая стойкость против коррозии, что заставляет плакировать прокат, т.е. покрывать его защитным слоем алюминия марки А-1. Все детали обычно подвергают анодированию и защитной окраске.

Алюминиево-марганцевый сплав АМц наиболее легированный и высокопластичный. Обладает высокой стойкостью против коррозии. Хорошо поддается гибке и вытяжке. Для снятия внутренних напряжений, полученных после обработки давлением, применяют отжиг при $t = 350-410$ С, с последующим охлаждением на воздухе. Хорошо поддается всем видам сварки.

Алюминиево-магниевые сплавы АМг в отожженном состоянии равны по прочности АМц. Хотя и не являются хладоломкими, но их пластические свойства значительно снижаются при наклепе. Предел усталости несколько меньше, чем у алюминий-марганцевых сплавов, что существенно для ограничения применения в устройствах, подверженных вибрациям.

АМг – 6 имеет удовлетворительную пластичность и штампуемость, высокую антикоррозийную стойкость, особенно в морских условиях, хорошо сваривается контактной и аргоно-дуговой сваркой.

4. Магниевые сплавы:

МА-1 - в 1,5 раза легче алюминиевого сплава, но хуже коррозионная стойкость, пластичность. ВМ 65 –1 – высокая прочность, значительная пластичность, удовлетворительная стойкость коррозии.

5. Латунь.

Латуни ЛС 59 – 1, Л-63, Л-68 - (медно-цинковые сплавы). Хорошо поддаются штамповке с глубокой вытяжкой, легко паяются, но недостаточно стойки против коррозии. В напряженных местах (изгибы, радиусы вытяжки) в тропических условиях растрескиваются.

Для изготовления штампованных деталей применяют две группы технологических операций: разделительные и формообразующие (рис. 8.5).

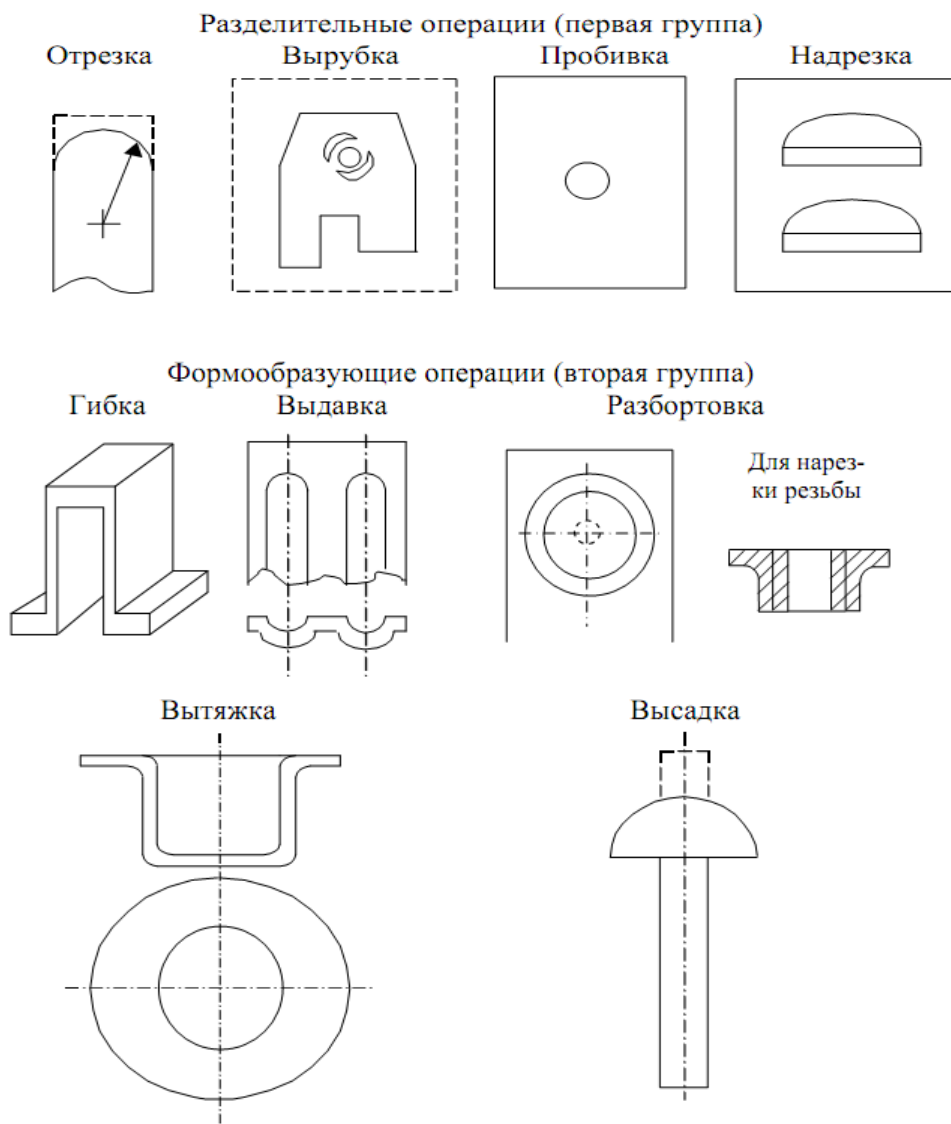


Рис. 8.5. Основные технологические операции изготовления штампованных изделий

Для заготовок, получаемых способом резки на гильотинных ножницах, нормальным приемлемым является 7 класс точности.

При вырубке или пробивке необходимо обращать внимание на допустимые к исполнению минимальные габариты вырубаемой детали, которые находятся в соотношении с толщиной листа (рис. 8.6). Толщина листового материала под вырубку от 0,05 до 4 мм. При этом отношение ширины вырубленной детали к толщине должно быть не менее 3:1. Для различных выступов, перешеек и пазов допускается отношение 1,5:1.

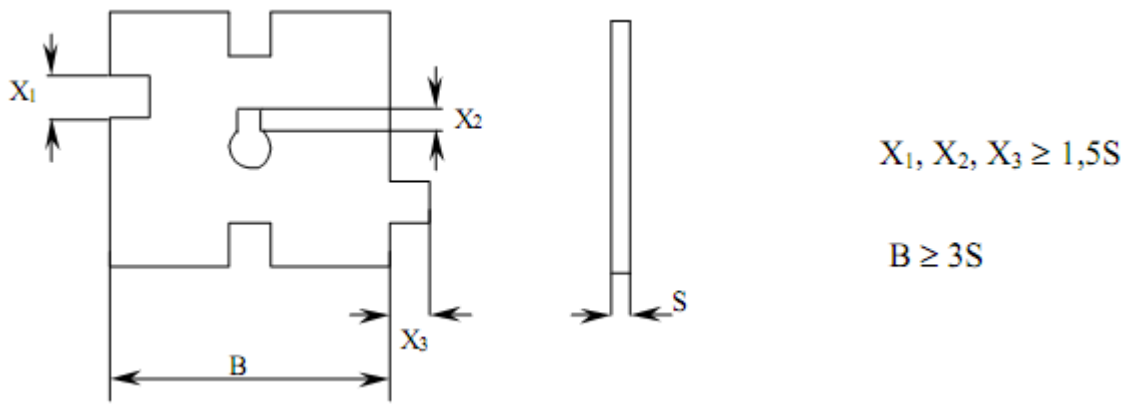


Рис.8.6. Минимальные габариты вырубаемых деталей

Регламентируются также размеры минимальных отверстий, исполняемых вырубкой, которые зависят от толщины листа и материала (табл. 8.2). Минимальные расстояния между пробиваемыми отверстиями и между отверстием и краем детали регламентируются (рис. 8.7).

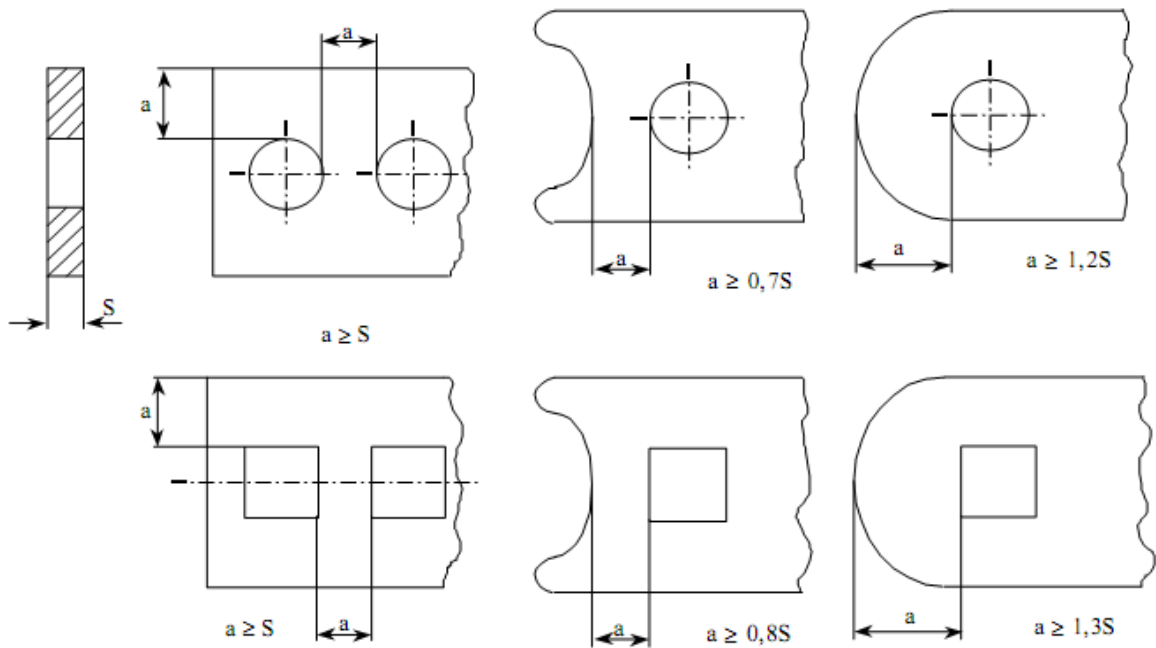
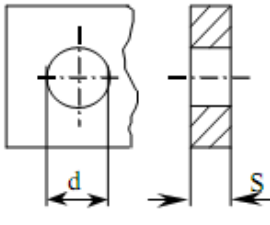
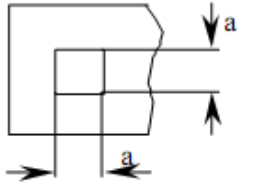
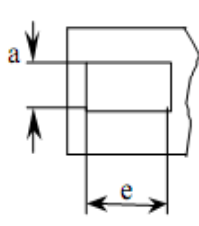
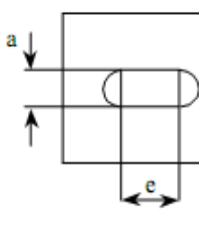


Рис. 8.7. Минимальные расстояния между пробиваемыми отверстиями и между отверстием и краем детали

Таблица 8.2. Минимальные размеры отверстий

Форма отверстий	материалы				
	сталь			латунь	алю- миний
	мягкая	твердая	нержа- вею- щая		
	$d \geq S$	$d \geq 1,2 S$	$d \geq 1,5 S$	$d \geq 0,8 S$	$d \geq 0,7 S$
	$a \geq 0,9$	$a \geq 1,1$	$a \geq 1,4$	$a \geq 0,7$	$a \geq 0,6$
 При $\frac{e}{a} \leq 3$	$a \geq 0,7$	$a \geq 0,9$	$a \geq 1,2$	$a \geq 0,6$	$a \geq 0,5$
 При $\frac{e}{a} \leq 3$	$a \geq 0,8$	$a \geq 1$	$a \geq 1,3$	$a \geq 0,65$	$a \geq 0,55$

Указанные соотношения - предельные с точки зрения допустимости по износу инструмента. По возможности целесообразно применять их увеличенными в 1,5-2 раза.

Острые углы на деталях, изготавливаемых вырубкой, желательно скруглять. Минимальный радиус скругления зависит от материала и от толщины листа детали (рис. 8.8, табл. 8.3).

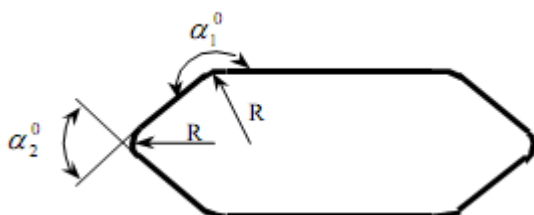


Рис.8.8. Минимальные радиусы скругления

Таблица 8.3. Минимальный радиус закруглений (мм)

Материал	Угол между сопрягаемыми сторонами	Толщина материала				
		0,2 – 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5
Сталь мягкая	≥ 90	0,3	0,4	0,4	0,6	0,8
	≤ 90	0,5	0,7	0,7	1,1	1,5
Сталь твердая	≥ 90	0,5	0,5	0,5	0,8	-
	≤ 90	0,8	0,8	-	1,5	2
Латунь, медь, алюминий	≥ 90	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6
	≤ 90	0,3	0,5	0,5	-	1,2

При вырубке и пробивке шероховатость поверхности среза получается в пределах 4-5 класса чистоты. При необходимости получения лучшей чистоты 6-7 класса применяют зачистку в штампах, что позволяет обеспечить точность изготовления детали по 3-4 классу.

Расстояния между центрами отверстий, получаемых штамповкой, обеспечиваются в 2 раза точнее, чем расстояния от их центров до базовых поверхностей (рис. 8.9).

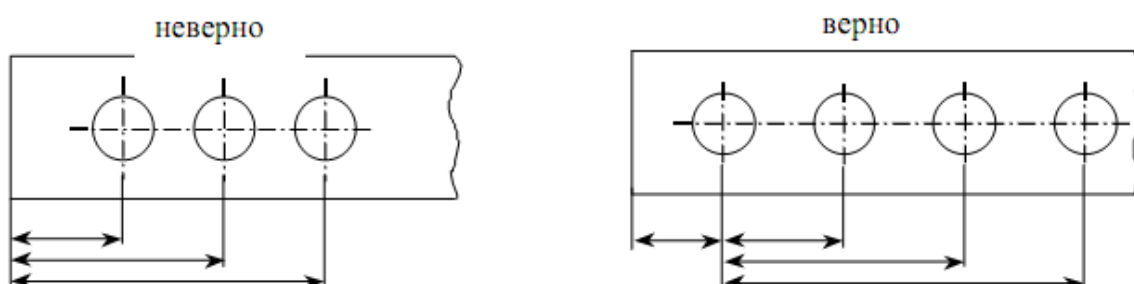


Рис. 8.9. Простановка расстояний между центрами отверстий

Гибка – распространенный метод получения объемных деталей из листового материала. При гибке узких полос происходит искажение поперечного сечения детали (рис. 8.10).

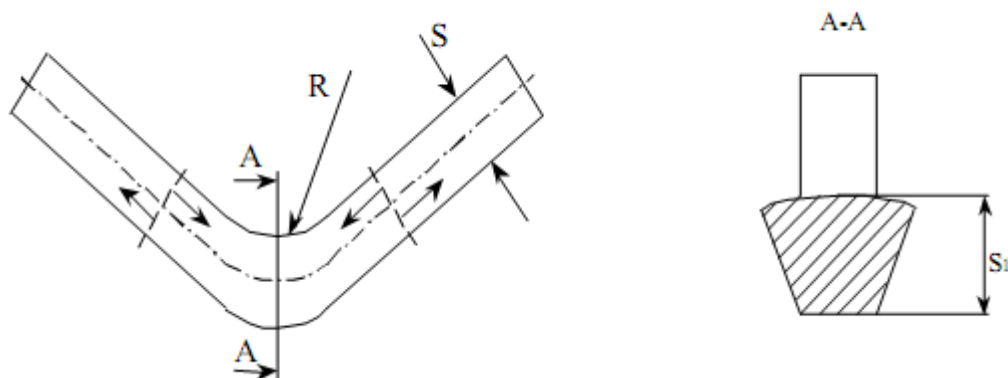


Рис. 8.10. Искажение поперечного сечения детали при гибке

Утонение материала в месте гибки тем больше, чем меньше радиус изгиба. При малых радиусах увеличиваются внутренние напряжения в сечениях изгиба, что может привести к трещинам. Поэтому, минимальный радиус гибки R листового проката ограничивают значениями:

$$R = k_1 k_2 S, \text{ где:}$$

S – толщина листа;

k_1 – коэффициент, зависящий от марки материала и направлениягиба по отношению к направлению проката;

k_2 – коэффициент, зависящий от угла гибки.

Таблица 8.4. Значения коэффициента k_2

Угол гибки α	90 - 180 ⁰	60 ⁰	45 ⁰
k_2	1	1,3	1,5

Утонение листового материала или утолщение при гибке полос на ребро находятся из соотношений рис. 6.11 и табл.6.5.

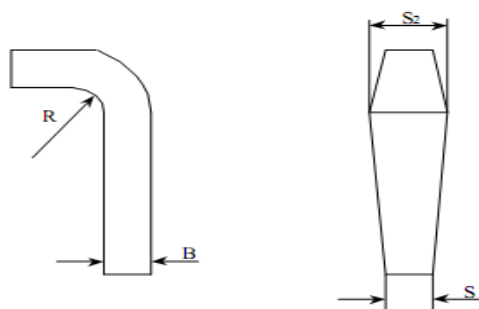


Рис. 8.11. Утонение и утолщение листового материала при гибке

Таблица 8.5. Утонение и утолщение листового материала при гибке

$\frac{R}{S}$	0,1	0,25	0,5	1	2	4	2	3	4	5
$\frac{S_1}{S}$	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	1,12	1,08	1,06	1,05

При гибке на ребро для алюминия, латуни, мягкой стали

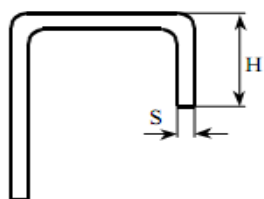
$$R_{\min} \geq 2,5 S.$$

При гибке труб диаметром до 20 мм

$$R_{\min} \geq 1,5 D,$$

где D – наружный диаметр трубы.

При гибке П – образных деталей размер полки:



$$H_{\min} \geq 2 S.$$

При гибке плоских пластин для организации детали в форме параллелепипеда (кожухи, шасси, крышки) в местах гибки, в углах, необходимо предусматривать технологические отверстия.

Если гибка выполняется с большим радиусом, то на развертке исполняются прорезы (рис. 8.12) и технологические отверстия (табл. 8.6).

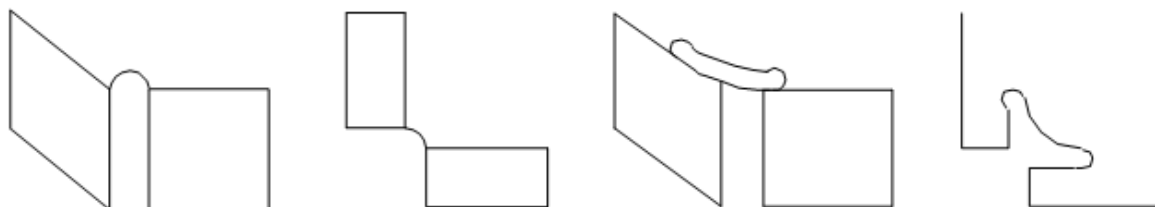


Рис. 8.12. Конфигурация прорезей при гибке с большим радиусом

Таблица 8.6. Рекомендуемые диаметры технологических отверстий

S, мм	0.6	1	1.5	2
d, мм	3	4	5	6

Выдавка и отбортовка – с целью придания деталям большей жесткости, увеличения поверхности теплообмена, для крепления (рис.8.13, табл. 8.7).

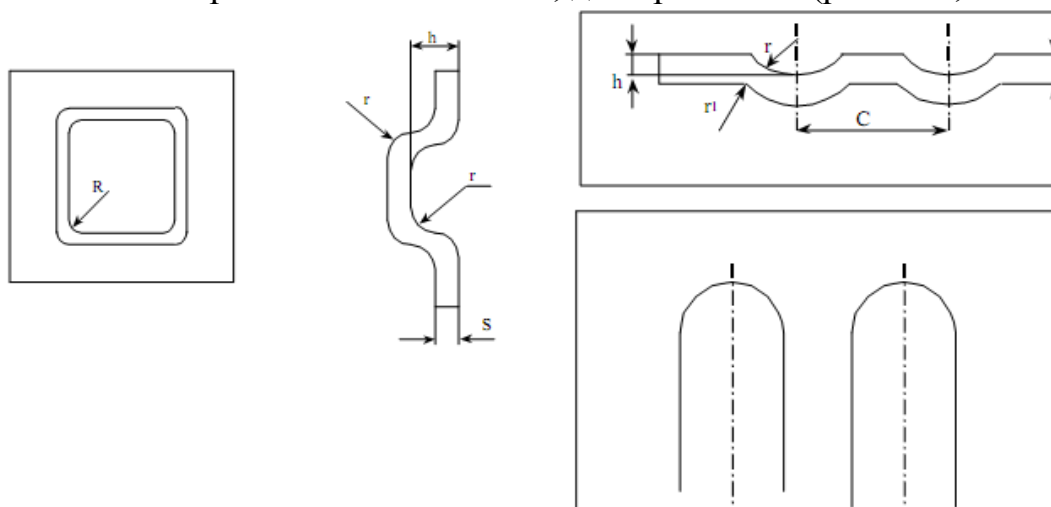


Рис.8.13. Выдавка штампованных деталей

Таблица 8.7. Размеры элементов выдавки

Размеры, мм			
$S \approx r_1$	$r \pm 0,4$	$h \pm 0,4$	C
до 0,5	2	1,6	10
0,5 – 0,8	3	2,5	16
0,8 - 1	4	3	20
1 – 1,6	5	4	25
1,6 – 2	6	5	30
2 – 2,5	7	6	36

