

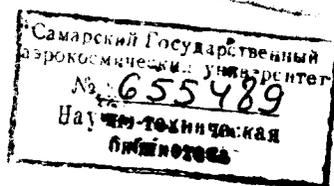
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

Н.В. ВЛАСОВ, В.И. МАЙНСКОВ

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ГОРЯЧЕШТАМПОВАННЫХ
ЗАГОТОВОК

Учебное пособие



САМАРА 2002

Власов Н.В., Майнсков В.Н. **Конструирование деталей авиационных конструкций из горячештампованных заготовок:** Учеб. пособие / Под ред. *В.А. Комарова.* Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2002, 25 с.

ISBN 5-7883-0186-6

В пособии приведены основные методические и справочные материалы, рекомендуемые к применению в лабораторно-практических работах, курсовом и дипломном проектировании при разработке конструкций деталей самолетов.

Предназначено для студентов специальности 1301, изучающих курс конструкции и проектирования летательных аппаратов.

Подготовлено на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.

Табл. 31. Ил. 21. Библиогр.: 14 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензенты: А. Н. Степаненко, В. Т. Тимшин

ISBN 5-7883-0186-6

© Самарский государственный
аэрокосмический университет,
2002

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ВЫБОР МАТЕРИАЛА	4
2. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЕТАЛИ	6
3. ВЫБОР ЛИНИИ РАЗЪЕМА ШТАМПА	7
4. ВЫБОР ШТАМПОВОЧНЫХ УКЛОНОВ	8
5. ВЫБОР ТОЛЩИНЫ ПОЛОТНА S	9
6. ВЫБОР РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ РЕБРАМИ	12
7. ВЫБОР ТОЛЩИНЫ $2R_1$ РЕБЕР	13
8. ВЫБОР РАДИУСА R СОПРЯЖЕНИЯ РЕБРА И ПОЛОТНА	14
9. ВЫБОР РАДИУСА R_2 ПЕРЕХОДА РЕБЕР	15
10. ВЫБОР РАДИУСА R_3 ЗАКРУГЛЕНИЯ	15
11. ТОЧНОСТЬ ГОРЯЧЕШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК	16
12. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК	16
13. МАРКИРОВАНИЕ И КЛЕЙМЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	20
ПРИЛОЖЕНИЕ	22

ПРЕДИСЛОВИЕ

Горячая штамповка широко применяется в самолетостроении и является одним из лучших способов получения надежной и дешевой силовой детали конструкции при серийном производстве. Это объясняется:

- производительностью процесса;
- хорошими механическими свойствами получаемых заготовок;
- высоким значением коэффициента использования материала, т.е. уменьшением объема последующей механической обработки.

Хорошие механические качества детали обеспечиваются тем, что в процессе пластической деформации уплотняется металл, улучшается его структура и повышается стабильность характеристик.

Для правильно спроектированной детали большая стоимость кузнечных работ может быть компенсирована сокращением объема последующей механической обработки. Для этого деталь должна иметь как можно больше необрабатываемых поверхностей (за счет исключения стыкуемых поверхностей). Припуски на механическую обработку должны быть минимальными.

В большинстве случаев правильно спроектированная деталь из горячештампованной заготовки имеет коэффициент использования материала (КИМ) не менее 0,5 и коэффициент необрабатываемых поверхностей (КНП) более 0,3.

Применение штампованных деталей экономически оправдано только для серийного и крупносерийного производства, так как штамповочная оснастка имеет большую стоимость. Удорожание штампованной заготовки получается при ее неправильном проектировании, без учета специфики горячей штамповки. Поэтому на чертеже детали указывают:

- штамповочные уклоны на необрабатываемых поверхностях;
- радиусы перехода и закруглений;
- толщину полотна;
- толщину и высоту ребер;
- нормативные документы (ОСТ, ПИ, ТУ), которым должна соответствовать деталь.

1. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

При выборе материала для деталей, изготавливаемых из горячештампованных заготовок, следует учитывать:

- его механические характеристики (предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, ударную вязкость и др.);

- физические свойства (плотность, коэффициент линейного расширения, коэффициент теплопроводности, удельную теплоемкость и др.);

- параметры удельной прочности, жесткости и пр.;

- технологические свойства (способность материала к пластическому деформированию, обрабатываемости резанием, свариваемость, обрабатываемость термическая: закалка, отпуск, отжиг, старение и др.);

надежность (однородность, стабильность свойств, чувствительность к концентрации напряжений от надрезов и трещин, коррозионную стойкость и пр.).

Для изготовления деталей из горячештампованных заготовок рекомендуется применять следующие материалы [3...9], освоенные в серийном производстве:

конструкционные стали - 25, 45, 30ХГСА, 30ХГСНА, 40Х, 12ХНЗА, 18ХНВА, СН2, 40ХН2СМА, 30Х2ГСН2ВМ (ЭИ643), 25Х2ГНТА, 30Х2Н2СВМФА (ВКС-3), ВНС2;

нержавеющие стали - Х18Н9Т, Х17Н5М3 (СНЗ);

алюминиевые сплавы - АК4, АК6, АК8, В93, В95;

магниевого сплавы - МА2, ВМ65-1;

титановые сплавы - ВТ3-1, ВТ5, ВТ6, ВТ14, ВТ16, ВТ22.

Рекомендации по применению материала для деталей, изготавливаемых горячей штамповкой, даны в табл. 1, а их характеристики - в табл. 2 и 3.

Таблица 1

Некоторые материалы горячештампованных деталей авиационных конструкций

Элементы конструкции	Материал
Рельсы, шпангоуты	30ХГСНА, В93 п.ч., ВТ22, АК6 (1360)
Балки, лонжероны	В93 п.ч., В95 п.ч. (1950), ВТ22, Д16 ч (1160), АК6 (1360), ВНС-5.
Кронштейны, фитинги, рычаги, раскосы, серьги, щеки	40ХНМА, 30ХГСНА, 30ХГСА, Х16Н6, ВНС-5, ВТ22, ОТ4, В93 п.ч., Д16 ч (1160), АК6 (1360).
Вилки, шкворни	40ХНМА, 30ХГСНА, 30ХГСА, Х16Н6, Д16 (1160), АК6 (1360), ВНС-5, ВТ22.
Силовые узлы	АК6 (1360), В95 п.ч. (1950), 30ХГСА, 40ХНМА, ВТ22, 30ХГСН2А.

Таблица 2

Характеристики материалов горячештампованных деталей

Марка материала	Плотность, т/м ³	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Технические условия
АК6	2,75	420	10	ОСТ 1 90073-72
АК8	2,80	440	10	ОСТ 1 90073-72
АК4-1	2,80	400	6	ОСТ 1 90073-72
АК4	2,77	380	4	АМТУ 505-64
В93	2,84	490	3,5	АМТУ 505-5-64
В95	2,85	520	6	АМТУ 505-4 -64
01420	2,47	420	7	ОСТ 1 90296-81
ВМ65-1 (МА14)	1,80	300	7	ОСТ 1 90010-70
МА2	1,78	250	5	ОСТ 1 90010-70
ВТ5	4,40	750	10	ОСТ 1 90000-70
ВТ5-1	4,42	800	10	ОСТ 1 90000-70
ВТ6	4,43	920	10	ОСТ 1 90000-70
ВТ22	4,62	1100	8	ТУ1 92-2-72

Марка материала	Плотность, т/м ³	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Технические условия
30ХГСА	7,85	1100	10	ОСТ 1 90085-73
30ХГСНА	7,77	1600	9	ОСТ 1 90085-73
30ХГСН2А	7,77	1600	9	ОСТ 1 90085-73

Таблица 3

Технологические характеристики материалов горячештампованных деталей

Материал	Краткая технологическая характеристика	Применение
АК6 АК8 АК4	Пластичность – удовлетворительная в горячем состоянии; АК4 - жаропрочный деформируемый сплав $t < 350^{\circ}$; АК8 - склонен к межкристаллитной коррозии; обрабатываемость – удовлетворительная	Силовые фитинги, кронштейны, цельноштампованные силовые нервюры
В93	Деформируемый высокопрочный сплав; чувствителен к надрезам; обрабатываемость – удовлетворительная	Пояса лонжеронов, фитинги, кронштейны
ВМ65-1 МА2	Коррозионная стойкость повышенная; пластичность в горячем состоянии хорошая; обрабатываемость – отличная	Кронштейны системы управления, качалки, секторы, рычаги
ВТ5 ВТ5-1 ВТ6 ВТ22	Хорошая пластичность при отжиге и высокая прочность после закалки и старения; свариваемость – удовлетворительная; после сварки требует отжига; обрабатываемость – удовлетворительная	Силовые штампованные детали $t < 450^{\circ}$
30ХГСА 30ХГСНА	Хорошо деформируется в горячем состоянии; обрабатываемость резанием - удовлетворительная; 30ХГСНА – чувствителен к надрезам	Высоконагруженные элементы конструкции крыла, оперения, детали шасси, цилиндры, подкосы, штоки, ответственные стыковые болты

2. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЕТАЛИ

Детали, изготавливаемые из штампованных заготовок, должны иметь простую геометрическую форму и плавные переходы от одного сечения к другому.

Цельноштампованные детали сложной геометрической формы целесообразно заменять деталями, изготавливаемыми сваркой из отдельно штампованных частей.

При проектировании детали, изготавливаемой горячей штамповкой с последующей механической обработкой, руководствуются следующими рекомендациями:

избегать резких переходов по сечению детали (деталь с резкими переходами заменяют двумя более простыми и технологичными, которые затем соединяют между собой);

правые и левые детали одного типоразмера изготавливают из одной и той же заготовки;

цельноштампованную деталь сложной геометрической формы целесообразно заменять деталью, изготавливаемой сваркой из отдельно штампованных частей;

не следует придавать деталям форму, вызывающую боковое смещение штампа (для устранения боковых неуравновешенных усилий при штамповке уклоны выступающих частей детали должны быть симметричными).

С технологической точки зрения предпочтительнее детали открытых сечений (тавровые, крестообразные). Для детали, работающей на изгиб, целесообразно применять закрытые сечения: двутавровые, швеллерные. В этом случае меньше ее масса.

3. ВЫБОР ЛИНИИ РАЗЪЕМА ШТАМПА

Поверхность соприкосновения верхней и нижней половинок штампа называется поверхностью разъема штампа. Пересечение поверхности разъема штампа с боковыми поверхностями ручья (полости) образует линию разъема.

При проектировании детали необходимо учитывать следующее:

линия разъема штампа должна лежать в одной плоскости или максимально к этому приближаться;

расположение и форма линии разъема не должны препятствовать извлечению заготовки из полости штампа;

правильно выбранная линия разъема не должна усложнять конструкцию ковочного и обрезного штампов;

участки ломаной линии разъема должны иметь углы наклона к горизонтальной плоскости не более 60° ;

целесообразно расположение детали в одном бойке штампа (матрице), так как в этом случае снижается стоимость штампа и повышается точность штамповки из-за отсутствия смещения половин штампа;

в деталях с двусторонними выступами, ребрами или выемками линию разъема следует намечать посередине боковой поверхности наибольшего периметра детали, что облегчает контроль возможного смещения одной половины штампованной заготовки относительно другой. В этом случае глубина полостей штампа минимальна.

Примеры выбора линии разъема штампа приведены на рис. 1...5. (Все рисунки помещены в приложении.)

4. ВЫБОР ШТАМПОВОЧНЫХ УКЛОНОВ

Для извлечения детали из полости штампа необходимо, чтобы ее по-

верхности, перпендикулярные поверхности разреза штампа, имели штамповочные уклоны.

Различают наружные α и внутренние β штамповочные уклоны (рис. 6...11). Для лучшего удаления отштампованной детали из полости штампа величина β должна быть больше или равна α .

Величина штамповочных уклонов зависит от формы поперечного сечения: открытое (рис. 6...8), закрытое (рис. 9...11), от отношения высоты h ребра к толщине ребра $2R_f$ или от отношения размера h элемента детали, которому придается штамповочный уклон, к ее ширине b (табл. 4...9).

Таблица 4

Наружные штамповочные уклоны α для деталей из стали и легких сплавов (открытые сечения – рис. 6...8)

$h/2 R_f$ или h/b	Сталь	Легкие сплавы	
		$2 R_f$, мм	
		≤ 5	> 5
Наружный уклон α , град			
До 2,5	5	5	3
Св. 2,5 до 4	7	5	5
Св. 4 до 5,5	7	5	5
Св. 5,5	7	7	7

Таблица 6

Наружные α и внутренние β штамповочные уклоны для деталей из стали и легких сплавов, имеющих форму тела вращения

$h/2 R_f$	Сталь		Легкие сплавы	
	Штамповочные уклоны, град			
	α	β	α	β
До 2,5	5	7	5	5
Св. 2,5 до 4	7	7	5	7
Св. 4 до 5,5	7	10	7	7

Таблица 8

Наружные α и внутренние β штамповочные уклоны для деталей из

Таблица 5

Наружные штамповочные уклоны α для деталей из стали и легких сплавов (закрытые сечения – рис. 9...11)

$h/2 R_f$	Сталь	Легкие сплавы	
		$2 R_f$, мм	
		≤ 5	> 5
Наружный уклон α , град			
До 2,5	5	5	3
Св. 2,5 до 4	7	5	5
Св. 4 до 5,5	7	7	7
Св. 5,5	10	7	7

Св. 5,5	10	12	7	10
---------	----	----	---	----

Таблица 7

Наружные α и внутренние β штамповочные уклоны для деталей из титановых сплавов

$h/2 R_f$ или h/b	Штамповочные уклоны, град	
	α	β
До 2,5	5	7
Св. 2,5 до 4	7	7
Св. 4 до 5,5	7	10
Св. 5,5	10	12

стали и легких сплавов

$h/2 R_f$ или h/b	Штамповочные уклоны, град	
	α	β
До 2,5	1	1,5
Св. 2,5 до 5	2	3
Св. 5	3	5

Таблица 9

Наружные α и внутренние β штамповочные уклоны для деталей из титановых сплавов

$h/2R_1$ или h/b	Штамповочные уклоны, град
--------------------	---------------------------

	α	β
До 2,5	2	3
Св. 2,5 до 4	2	3
Св. 4 до 6	3	5
Св. 6	5	7

Детали с двутавровыми и швеллерными сечениями следует выполнять с одинаковым штамповочным уклоном по наружным и внутренним поверхностям ребер, что значительно упрощает и удешевляет изготовление штампов.

Так как штамповочные уклоны зависят от отношения высоты h ребра к его толщине $2R_1$, то в случае переменных этих размеров следует назначать величину штамповочного уклона постоянной. Ее значение определяется по приведенной высоте $h_{пр}$ ребра и его толщине $b_{пр}$:

$$h_{пр} = \frac{h_{max} + h_{min}}{2} (1 + \sin \varphi),$$

$$b_{пр} = \frac{b_{max} + b_{min}}{2} (1 + \sin \psi).$$

Здесь φ и ψ - углы наклона ребра (рис. 12).

5. ВЫБОР ТОЛЩИНЫ ПОЛОТНА S

Полотном штампованной детали называется стенка, расположенная в плоскости разъема штампа. Толщина полотна оказывает большое влияние на износ штампа, качество штампуемых заготовок и работоспособность штамповочного оборудования. Слишком тонкое полотно приводит:

- к увеличению сопротивления деформации;
 - быстрому остыванию заготовки и браку в случае закрытых сечений детали;
 - поломке штока молота из-за большого количества ударов.
- Рекомендуемая толщина полотна S зависит:
- от площади проекции детали на плоскость разъема штампа;
 - материала детали;
 - формы поперечного сечения детали (открытая, закрытая, плоская, закрытая с отверстием облегчения);
 - отношения расстояния между ребрами к высоте ребра и др.

Основными из них являются площадь проекции детали на плоскость разъема штампа, форма сечения и материал детали.

Значения толщины S полотна для открытых (рис. 6...8), закрытых с отверстиями облегчения (рис. 13) и плоских утолщенных сечений (рис. 14) приведены в табл. 10. В табл. 11 даны значения толщины S полотна для закрытых (рис. 9...11) и плоских сечений.

Таблица 10

Толщина S полотна для сечений открытых, закрытых с отверстиями облегчения и плоских утолщенных сечений

Площадь проекции детали на плоскость разъема, см ²	S, мм			
	Сталь	Ал. сплавы	Магн. сплавы	Титан. сплавы
До 25	1,5	1,5	1,5	1,5
Св. 25 до 80	2,5	2,0	2,5	2,5
Св. 80 до 160	3,5	2,5	3,5	3,5
Св. 160 до 250	4,5	3,0	4,0	4,5
Св. 250 до 500	5,0	4,0	5,0	5,0
Св. 500 до 850	6,0	5,0	6,0	6,0
Св. 850 до 1180	8,0	5,5	7,5	8,0
Св. 1180 до 2000	10,0	7,0	9,0	10,0
Св. 2000 до 3150		8,0		
Св. 3150 до 4500		9,0		
Св. 4500 до 6300		10,5		
Св. 6300 до 8000		11,5		
Св. 8000 до 10000		12,5		
Св. 10000 до 12500		13,5		
Св. 12500 до 16000		15,0		
Св. 16000 до 20000		16,5		
Св. 20000 до 25000		18,0		

Для деталей с закрытыми сечениями (поперечное сечение - двутавр, швеллер) рекомендуется предусматривать в полотне отверстия облегчения, в которые при штамповке собирается избыточный материал. Отверстие облегчения получается затем просечкой на обрезном штампе. При таком способе изготовления детали площадь отверстия облегчения должна составлять не менее 50% от площади полотна. Значения минимального расстояния A от ребра до края отверстия (рис. 13), получаемого без механической обработки, приведены в табл. 12.

Усиление полотна в зоне отверстия облегчения обеспечивается утолщением (рис. 15), размеры которого даны в табл. 13.

Таблица 11

Толщина S полотна для закрытых и плоских сечений

Площадь проекции детали на плоскость разъема, см ²	S, мм			
	Сталь	Ал. сплавы	Магн. сплавы	Титан. сплавы
До 25	2,0	2,0	2,0	2,0
Св. 25 до 80	3,0	2,5	3,0	3,0
Св. 80 до 160	4,0	3,0	4,0	4,0
Св. 160 до 250	5,0	3,5	5,0	5,0
Св. 250 до 500	6,0	4,5	6,0	6,0

Окончание табл. 11

Площадь проекции детали на плоскость разъема, см ²	S, мм			
	Сталь	Ал. сплавы	Магн. сплавы	Титан. сплавы

Св. 500 до 850	8,0	5,5	7,0	8,0
Св. 850 до 1180	10,0	6,5	8,5	10,0
Св. 1180 до 2000	12,0	8,0	10,0	12,0
Св. 2000 до 3150		9,0		
Св. 3150 до 4500		10,5		
Св. 4500 до 6300		12,0		
Св. 6300 до 8000		13,0		
Св. 8000 до 10000		14,0		
Св. 10000 до 12500		15,0		
Св. 12500 до 16000		16,5		
Св. 16000 до 20000		18,0		
Св. 20000 до 25000		20,0		

Таблица 12

Расстояние A от ребра до края отверстия

Высота ребра h , мм	Расстояние A от ребра до края отверстия, мм
До 5	8
Св. 5 до 10	12
Св. 10 до 15	15
Св. 15 до 20	20
Св. 20 до 25	25
Св. 25 до 30	25
Св. 30 до 40	30
Св. 40 до 50	35
Св. 50 до 60	35
Св. 60 до 70	40

Таблица 13

Усиление кромки отверстия облегчения

Высота усиления h , мм	R , мм	R_1 , мм
До 4	6	10
Св. 4 до 8	10	15
Св. 8 до 12	15	20
Св. 12 до 16	20	25
Св. 16 до 20	20	25
Св. 20 до 25	25	30

Для облегчения процесса штамповки заготовок с закрытыми сечениями и тонкими полотнами рекомендуется полотно делать с уклоном, утолщающимся к ребрам (рис. 16...18). Значения угла наклона γ полотна приведены в табл. 14 и 15.

Таблица 14

Углы наклона γ полотна для деталей из стали и титановых сплавов, град

Высота ребра h , мм	Расстояние a , мм				
	От 40 до 80	От 80 до 125	От 125 до 180	От 180 до 250	Св. 250
До 5	2	2			
Св. 5 до 10	2	2	1		
Св. 10 до 16	2	2	1	1,5	
Св. 16 до 25	2	2	1,5	1,5	
Св. 25 до 35	2	2	1,5	1,5	1,5
Св. 35 до 50	2	2	1,5	1,5	1,5
Св. 50 до 71		2	1,5	1,5	1,5

Таблица 15

Углы наклона γ полотна для деталей из алюминиевых и магниевых сплавов, град

Высота ребра	Расстояние a , мм
--------------	---------------------

	От 80 до 125	От 125 до 180	От 180 до 250	Св. 250
До 5	2			
Св. 5 до 10	2	1		
Св. 10 до 16	2	1	1,5	
Св. 16 до 25	2	1,5	1,5	
Св. 25 до 35	2	1,5	1,5	1,5
Св. 35 до 50	2	1,5	1,5	1,5
Св. 50 до 71	2	1,5	1,5	1,5
Св. 71 до 100	2	1,5	1,5	1,5

6. ВЫБОР РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ РЕБРАМИ

Расстояние между ребрами a закрытых сечений (рис. 9...11) зависит:
от высоты ребер;
их взаимного расположения;
толщины полотна;
наличия отверстия облегчения в полотне;
материала штампуемой детали.

Наименьшее расстояние между ребрами a_{\min} зависит от высоты ребра h .
Наибольшее расстояние a_{\max} между ребрами зависит от толщины полотна S .
Предельные значения расстояния между ребрами a_{\max} и a_{\min} для различных материалов в зависимости от высоты h ребра и толщины S полотна приведены в табл. 16.

При наличии отверстия облегчения, площадь которого не менее 50% площади полотна, наибольшее расстояние между ребрами не ограничивается. Если высота ребер закрытого сечения неодинакова, то наименьшее расстояние между ребрами выбирается равным полусумме расстояний, определяемых по наибольшей и наименьшей высотам ребер.

Если необходимо найти высоту ребер по заданному расстоянию между ними, то эта задача решается с помощью той же таблицы.

Таблица 16

Минимальное a_{\min} и максимальное a_{\max} расстояния между ребрами, мм

Высота ребра h , мм	Сталь		Ал. сплавы		Магн. сплавы		Титан. сплавы	
	a_{\min}	a_{\max}	a_{\min}	a_{\max}	a_{\min}	a_{\max}	a_{\min}	a_{\max}
До 5	10	$30 \cdot S$	10	$35 \cdot S$	10	$30 \cdot S$	10	$30 \cdot S$
Св. 5 до 10	12	$30 \cdot S$	10	$35 \cdot S$	12	$30 \cdot S$	12	$30 \cdot S$
Св. 10 до 16	20	$30 \cdot S$	15	$35 \cdot S$	20	$30 \cdot S$	20	$30 \cdot S$
Св. 16 до 25	30	$25 \cdot S$	25	$30 \cdot S$	30	$25 \cdot S$	30	$25 \cdot S$
Св. 25 до 35	45	$25 \cdot S$	35	$30 \cdot S$	50	$25 \cdot S$	45	$25 \cdot S$
Св. 35 до 50	60	$20 \cdot S$	50	$25 \cdot S$	70	$20 \cdot S$	60	$20 \cdot S$
Св. 50 до 71	80	$20 \cdot S$	65	$35 \cdot S$	100	$20 \cdot S$	80	$20 \cdot S$
Св. 71 до 100			80					

7. ВЫБОР ТОЛЩИНЫ $2R_1$ РЕБЕР

Минимально допустимая толщина ребер $2R_1$ зависит от радиуса закругления R_1 , значения которого приведены в табл. 17...20.

Таблица 17

Радиусы сопряжений R , переходов R_2 , закруглений R_1 и R_3 (толщина ребра - $2R_1$)
деталей из стали и титановых сплавов

Высота ребра h , мм	R , мм	R_1 , мм	R_2 , мм	R_3 , мм
До 5	3	1,5	5	2
Св. 5 до 10	4	1,5	5	2
Св. 10 до 16	5	1,5	8	2,5
Св. 16 до 25	6	2	10	3
Св. 25 до 35	8	2,5	12,5	4
Св. 35 до 50	10	3	15	5
Св. 50 до 71	12,5	4	20	6
Св. 71 до 100	15	6	25	8

Таблица 18

Радиусы сопряжений R , переходов R_2 , закруглений R_1 и R_3 (толщина ребра - $2R_1$)
деталей из алюминиевых и магниевых сплавов

Высота ребра h , мм	R , мм	R_1 , мм	R_2 , мм	R_3 , мм
До 5	3	1,5	5	2
Св. 5 до 10	4	1,5	5	2
Св. 10 до 16	5	2	8	2,5
Св. 16 до 25	8	2,5	10	3
Св. 25 до 35	10	3	12,5	4
Св. 35 до 50	12,5	4	15	5
Св. 50 до 71	15	5,5	20	7
Св. 71 до 100	20	7	25	10

Таблица 19

Радиусы закруглений R_1 (толщина ребер - $2R_1$) деталей из стали
и титановых сплавов, мм

Высота ребра h , мм	Расстояние a , мм					
	До 40	От 40 до 80	От 80 до 125	От 125 до 180	От 180 до 250	Св. 250
До 5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Св. 5 до 10	1,5	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Св. 10 до 16	2	2,5	2	2	2	2
Св. 16 до 25	2,5	3	2,5	2,5	2,5	2,5
Св. 25 до 35	3	3,5	3	3	3	3
Св. 35 до 50	4	4	4	4	4	4
Св. 50 до 71		4,5				

Таблица 20

Радиусы закруглений R_1 (толщина ребер - $2R_1$) для деталей
из алюминиевых и магниевых сплавов, мм

Высота ребра h , мм	Расстояние a , мм
-----------------------	---------------------

	До 40	От 40 до 80	От 80 до 125	От 125 до 180	От 180 до 250	Св. 250
До 5	1,5	1,5	2			
Св. 5 до 10	1,5	2	2	2,5		
Св. 10 до 16	2	2,5	2,5	3	3	
Св. 16 до 25	2,5	3	3	3,5	4	
Св. 25 до 35	3	3,5	3,5	4	4,5	5
Св. 35 до 50	4	4	4	4	5	6
Св. 50 до 71		4,5	5	5	6	7
Св. 71 до 100		5	6	6	7	8

Минимальный радиус закругления ребер R_f зависит:

- от высоты ребра h ;
- расстояния a между ребрами;
- материала детали;
- формы поперечного сечения.

Назначение толщины ребра больше минимально допустимой величины облегчает условия штамповки и делает деталь более технологичной.

При наличии в полотне отверстия облегчения толщину ребра можно уменьшить, назначая радиус R_f для расстояния между ребрами a из соседнего интервала с меньшими значениями.

Для деталей закрытого сечения (двутавр, швеллер) следует избегать переменных по толщине ребер, так как применение их усложняет и удорожает изготовление штампа.

В деталях с переменным расстоянием между ребрами и переменной высотой ребер постоянную толщину ребер определяют по приведенным величинам:

$$a_{\text{пр}} = \frac{a_{\text{max}} + a_{\text{min}}}{2} (1 + \sin \lambda),$$

$$h_{\text{пр}} = \frac{h_{\text{max}} + h_{\text{min}}}{2} (1 + \sin \lambda),$$

где λ - угол наклона ребра или верхней кромки ребра к оси детали (рис. 19).

8. ВЫБОР РАДИУСА R СОПРЯЖЕНИЯ РЕБРА И ПОЛОТНА

Радиус сопряжения R (рис. 6, 7, 9, 10) ребра и полотна зависит:

- от высоты ребра h ;
- материала детали;
- формы поперечного сечения.

Минимально допустимые значения радиуса R сопряжения ребра с полотном приведены в табл. 17, 18, 21, 22.

Таблица 21

Радиусы сопряжений R деталей из стали и титановых сплавов, мм

Высота ребра h , мм	Расстояние a , мм					
	До 40	От 40 до 80	От 80 до 125	От 125 до 180	От 180 до 250	Св. 250

До 5	3	5	10			
Св. 5 до 10	4	8	12,5	20		
Св. 10 до 16	6	10	15	20	20	
Св. 16 до 25	10	12,5	15	20	20	
Св. 25 до 35		15	15	20	20	25
Св. 35 до 50		15	20	20	25	30
Св. 50 до 71			25	25	25	30

Таблица 22

Радиусы сопряжений R деталей из алюминиевых и магниевых сплавов, мм

Высота ребра h , мм	Расстояние a , мм					
	До 40	От 40 до 80	От 80 до 125	От 125 до 180	От 180 до 250	Св. 250
До 5	4	8	10			
Св. 5 до 10	5	8	12,5	12,5		
Св. 10 до 16	6	10	12,5	15	15	
Св. 16 до 25	8	12,5	15	15	15	
Св. 25 до 35	10	15	15	15	20	20
Св. 35 до 50	12	15	15	20	20	25
Св. 50 до 71		20	20	20	25	30
Св. 71 до 100		25	25	25	30	30

При наличии в полотне отверстия облегчения радиус R сопряжения ребра с полотном назначают из соседнего интервала с меньшими значениями расстояния a между ребрами.

Для закрытых сечений (двутавр, швеллер) с неодинаковыми по высоте ребрами радиус R сопряжения ребер с полотном выбирают одинаковым и по наибольшей величине ребра.

9. ВЫБОР РАДИУСА R_2 ПЕРЕХОДА РЕБЕР

Радиус перехода R_2 (рис. 20) одного ребра в другое зависит от высоты ребер h и расстояния a между ребрами, материала детали и формы поперечного сечения.

Минимально допустимые значения радиуса R_2 перехода приведены в табл. 17 и 18.

10. ВЫБОР РАДИУСА R_3 ЗАКРУГЛЕНИЯ

Радиус R_3 закругления ребра (рис. 6 и 7) зависит от толщины S полотна. Минимально допустимые значения этого радиуса приведены в табл. 17 и 18.

11. ТОЧНОСТЬ ГОРЯЧЕШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК

В авиационной промышленности для горячештампованных заготовок предусмотрено три класса точности: 4-й, 5-й, 6-й.

Для штамповок, у которых все или большинство поверхностей не подвергаются механической обработке, устанавливают 4-й или 5-й классы точности. 4-й класс точности позволяет получить более легкую заготовку, т.к.

имеет меньшие значения верхних и нижних отклонений по сравнению с 5-м классом. Применение этого класса точности ограничено рядом условий. 5-й класс точности таких ограничений не имеет.

6-й класс точности применяют исключительно для определения предельных отклонений размеров между необрабатываемыми поверхностями деталей наземного аэродромного оборудования и для заготовок, все поверхности которых механически обрабатываются.

В табл. 23...30 приведены предельные отклонения различных размеров деталей только для 5-го класса точности.

12. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК

Штамповки и поковки из сталей и цветных сплавов в зависимости от назначения и условий работы разделяют на три группы контроля, обозначаемые арабскими цифрами: 1, 2, 3 (табл. 31). Из штамповок и поковок, относящихся к первой и второй группам контроля, вырезают стандартный образец (диаметром 8 мм и длиной 60 мм) для определения механических свойств. Если образец нельзя вырезать из штамповки или поковки, то заготовка относится к 3-й группе контроля.

Таблица 23

**Допуски на вертикальные размеры (перпендикулярные плоскости разъема)
между необрабатываемыми поверхностями деталей**

Площадь проекции детали на плоскость разъема, см ²	Сталь, титановые сплавы		Алюминиевые, магниевые сплавы	
	Отклонения, мм			
	Верхн.	Нижн.	Верхн.	Нижн.
До 80	+1,0	-0,5	+0,8	-0,4
Св. 80 до 160	+1,2	-0,6	+1,0	-0,5
Св. 160 до 320	+1,5	-0,7	+1,2	-0,5
Св. 320 до 480	+1,8	-0,8	+1,5	-0,6
Св. 480 до 800	+2,2	-1,0	+1,8	-0,7
Св. 800 до 1250	+2,6	-1,2	+2,1	-0,8
Св. 1250 до 1700	+3,0	-1,4	+2,4	-1,0
Св. 1700 до 2240	+3,5	-1,6	+2,8	-1,2
Св. 2240 до 3000	+4,0	-1,8	+3,2	-1,4
Св. 3000 до 4000	+4,5	-2,1	+3,6	-1,6
Св. 4000 до 5300	+5,0	-2,4	+4,0	-1,8
Св. 5300 до 6300			+4,3	-1,9
Св. 6300 до 8000			+4,8	-2,2
Св. 8000 до 10000			+5,3	-2,4
Св. 10000 до 12500			+5,8	-2,7
Св. 12500 до 16000			+6,4	-3,0
Св. 16000 до 20000			+7,1	-3,3
Св. 20000 до 25000			+7,8	-3,7

Таблица 24

**Допуски на горизонтальные размеры (параллельные плоскости разъема)
между необрабатываемыми поверхностями деталей**

Размер детали, мм	Сталь, титановые сплавы		Алюминиевые, магниевые сплавы	
	Отклонения, мм			
	Верхн.	Нижн.	Верхн.	Нижн.

До 60	+1,0	-0,5	+0,8	-0,4
Св. 60 до 100	+1,2	-0,8	+1,0	-0,5
Св. 100 до 160	+1,5	-1,0	+1,2	-0,8
Св. 160 до 250	+1,8	-1,2	+1,5	-1,0
Св. 250 до 360	+2,1	-1,5	+1,8	-1,2
Св. 360 до 500	+2,5	-1,8	+2,1	-1,5
Св. 500 до 630	+3,0	-2,0	+2,4	-1,8
Св. 630 до 800	+3,5	-2,5	+2,7	-2,0
Св. 800 до 1000	+4,0	-3,0	+3,0	-2,4
Св. 1000 до 1250	+4,5	-3,5	+3,5	-2,8
Св. 1250 до 1600	+5,0	-4,0	+4,0	-3,2
Св. 1600 до 2000	+5,5	-4,5	+4,5	-3,6
Св. 2000 до 2500	+6,0	-5,0	+5,0	-4,0
Св. 2500 до 3150			+5,9	-4,5
Св. 3150 до 4000			+6,7	-5,2
Св. 4000 до 5000			+7,5	-5,9
Св. 5000 до 6300			+8,4	-6,7
Св. 6300 до 8000			+9,5	-7,6

Таблица 25

Допуски на размеры незакоординированных технологических (обтекаемых) радиусов деталей

Номинальный размер радиуса, мм	Сталь, титановые сплавы		Алюминиевые, магниевые сплавы	
	Отклонения, мм			
	Верхн.	Нижн.	Верхн.	Нижн.
2,5	+2,0	-0,5	+1,5	-0,5
3	+2,5	-1,0	+2,0	-1,0
4	+3,0	-1,0	+2,5	-1,0
5	+3,0	-1,5	+2,5	-1,0
6	+3,5	-2,0	+3,0	-1,5
8	+4,5	-2,0	+3,5	-2,0
10	+5,0	-2,5	+4,0	-2,0
12,5	+5,5	-2,5	+4,5	-2,0
15	+6,0	-3,0	+4,5	-2,5
20	+6,5	-3,0	+5,0	-2,5
25	+7,0	-3,5	+5,0	-2,5
30	+7,5	-3,5	+5,5	-3,0
35	+8,0	-4,0	+6,0	-3,0
40	+8,5	-4,0	+6,5	-3,5
45		-4,0	+7,0	-3,5
50		-4,5	+7,5	-4,0

Таблица 26

Допуски на вертикальные размеры (перпендикулярные плоскости разреза) между необрабатываемыми поверхностями деталей, формирующимися в одной половине штампа

Площадь проекции детали на плос-	Сталь, титановые сплавы		Алюминиевые, магниевые сплавы	
	Отклонения, мм			

	Верхн.	Нижн.	Верхн.	Нижн.
До 80	+0,25	-0,5	+0,2	-0,4
Св. 80 до 160	+0,3	-0,6	+0,25	-0,5
Св. 160 до 320	+0,35	-0,75	+0,25	-0,6
Св. 320 до 480	+0,4	-0,9	+0,3	-0,8
Св. 480 до 800	+0,5	-1,1	+0,35	-0,9
Св. 800 до 1250	+0,6	-1,3	+0,40	-1,0
Св. 1250 до 1700	+0,7	-1,5	+0,50	-1,2
Св. 1700 до 2240	+0,8	-1,75	+0,60	-1,4
Св. 2240 до 3000	+0,9	-2,0	+0,70	-1,6
Св. 3000 до 4000	+1,05	-2,25	+0,80	-1,8
Св. 4000 до 5300	+1,2	-2,5	+0,90	-2,0
Св. 5300 до 6300			+1,00	-2,2
Св. 6300 до 8000			+1,10	-2,4
Св. 8000 до 10000			+1,20	-2,6
Св. 10000 до 12500			+1,30	-2,9
Св. 12500 до 16000			+1,50	-3,2
Св. 16000 до 20000			+1,70	-3,5
Св. 20000 до 25000			+1,90	-3,7

Таблица 27

Допуски на межосевые размеры деталей

Размер детали, мм	Сталь, титановые сплавы		Алюминиевые, магниевые сплавы	
	Отклонения, мм			
	Верхн.	Нижн.	Верхн.	Нижн.
До 60	+0,25	-0,25	+0,25	-0,25
Св. 60 до 100	+0,40	-0,40	+0,35	-0,35
Св. 100 до 160	+0,55	-0,55	+0,45	-0,45
Св. 160 до 250	+0,70	-0,70	+0,60	-0,60
Св. 250 до 360	+1,00	-1,00	+0,85	-0,85
Св. 360 до 500	+1,25	-1,25	+1,05	-1,05
Св. 500 до 630	+1,65	-1,65	+1,35	-1,35
Св. 630 до 800	+1,95	-1,95	+1,55	-1,55
Св. 800 до 1000	+2,40	-2,40	+1,95	-1,95
Св. 1000 до 1250	+2,85	-2,85	+2,25	-2,25
Св. 1250 до 1600	+3,55	-3,55	+2,8	-2,8
Св. 1600 до 2000	+4,40	-4,40	+3,5	-3,5
Св. 2000 до 2500	+5,40	-5,40	+4,3	-4,3
Св. 2500 до 3150			+5,2	-5,2
Св. 3150 до 4000			+6,0	-6,0
Св. 4000 до 5000			+6,8	-6,8
Св. 5000 до 6300			+7,8	-7,8
Св. 6300 до 8000			+9,0	-9,0

Таблица 28

Допускаемое коробление деталей (в горизонтальном и вертикальном направлениях)

Наибольший габаритный размер детали, мм	Сталь, титановые сплавы	Алюминиевые, магниевые сплавы

Допускаемое коробление, мм

До 250	0,8	0,8
Св. 250 до 360	1,0	1,0
Св. 360 до 500	1,2	1,2
Св. 500 до 630	1,5	1,4
Св. 630 до 800	2,0	1,6
Св. 800 до 1000	2,5	2,0
Св. 1000 до 1250	3,0	2,5
Св. 1250 до 1600	3,5	3,0
Св. 1600 до 2000	4,0	3,5
Св. 2000 до 2500	5,0	4,5

Св. 160 до 320	0,8
Св. 320 до 480	1,0
Св. 480 до 800	1,2
Св. 800 до 1250	1,5
Св. 1250 до 1700	1,8
Св. 1700 до 2240	2,0
Св. 2240 до 3000	2,2
Св. 3000 до 4000	2,4
Св. 4000 до 5300	2,6
Св. 5300 до 6300	2,8
Св. 6300 до 8000	3,1
Св. 8000 до 10000	3,4
Св. 10000 до 12500	3,8
Св. 12500 до 16000	4,2
Св. 16000 до 20000	4,6
Св. 20000 до 25000	5,0

Таблица 29

Допускаемое смещение по плоскости разъема для деталей из стали, титановых и легких сплавов

Площадь проекции детали на плоскость разъема, см ²	Допускаемое смещение, мм
До 80	0,5
Св. 80 до 160	0,6

Таблица 30

Допуски на наружные и внутренние штамповочные уклоны для деталей из стали, титановых и легких сплавов

Штамповочный уклон, град		3	5	7	10	12	15
Отклонения, град	Верхн.	+1,0	+1,0	+1,0	+1,5	+2,0	+3,0
	Нижн.	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,5	-2,0

Таблица 31

Группы и особенности контроля штамповок и поковок

№ группы контроля	Особенности контроля штамповок и поковок
I	Поштучный контроль механических свойств и твердости материала штамповок и поковок
II	Выборочный контроль механических свойств и твердости материала штамповок и поковок
III	Контроль только на твердость материала штамповок и поковок

13. МАРКИРОВАНИЕ И КЛЕЙМЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Маркирование детали или изделия предназначено для их обозначения по конструкторскому документу. Обозначение маркировки - Ч. Клеймение - окончательная приемка детали или изделия. Обозначение клейма - К.

Маркировка и клеймо наносятся на деталь и изделие следующими способами:

- у – ударным;
- г – гравированием;
- т – травлением;
- к – краской;
- л - литьем или штамповкой;
- эх - электрохимическим способом.

В технических требованиях маркирование и клеймение формулируются, например, так: Маркировать Чу (Чг, Чк и т.д.) шрифтом ПО-3 ГОСТ 2930-62 и клеймить Ку (Кг, Кк и т.д.) (рис. 21).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации по технологичности самолетных конструкций (НИАТ). - М.: Оборонгиз, 1963.- 499 с.
2. Резниченко Г.А. Проектирование детали летательного аппарата: Ме-

тод. указания /Самар. аэрокосм. ун-т. Самара, 1994. - 40 с.

3. Авиационные материалы. Т. 1. Конструкционные стали. - М.: ОНТИ ВИАМ, 1973. - 585 с.

4. Авиационные материалы. Т. 2. Коррозионные и жаростойкие стали и сплавы. - М.: ОНТИ ВИАМ, 1975. - 371 с.

5. Авиационные материалы. Т. 4. Алюминиевые и бериллиевые сплавы. Ч. 1. Деформируемые алюминиевые сплавы и сплавы на основе бериллия. Кн. 1. - М.: ОНТИ ВИАМ, 1982. - 687 с.

6. Авиационные материалы. Т. 4. Алюминиевые и бериллиевые сплавы. Ч. 1. Деформируемые алюминиевые сплавы и сплавы на основе бериллия. Кн. 2. - М.: ОНТИ ВИАМ, 1983. - 520 с.

7. Авиационные материалы. Т. 4. Алюминиевые и бериллиевые сплавы. Ч. 2. Литейные алюминиевые сплавы. - М.: ОНТИ ВИАМ, 1986. - 132 с.

8. Авиационные материалы. Т. 5. Магниево-титановые сплавы. - М.: ОНТИ ВИАМ, 1973. - 585 с.

9. Александров В.Г., Базанов Б.И. Справочник по авиационным материалам и технологии их применения. - М.: Транспорт, 1979. - 263 с.

10. Майнсков В.Н. Основы конструирования в самолетостроении: Метод. указания /Самар. авиац. ин-т. Самара, 1992. - 56 с.

11. Майнсков В.Н. Технические требования на чертежах: Метод. указания /Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1982. - 32 с.

12. Резниченко Г.А. Система обозначения чертежей в самолетостроении: Учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1993. - 13 с.

13. Производственная инструкция ПИ-3620.-М.: Изд-во Минавиапром СССР, 1979. - 55 с.

14. ГОСТ 2.316-68. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.-М.: Машиностроение, 1968. - 6 с.



Рис. 1 Деталь с прямой линией разреза

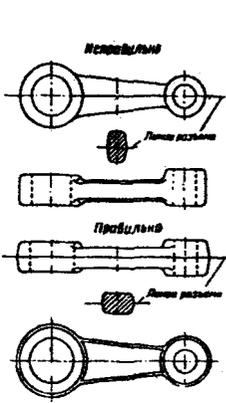


Рис. 2 Линия разреза у деталей типа рычагов и качалок с прямым стержнем

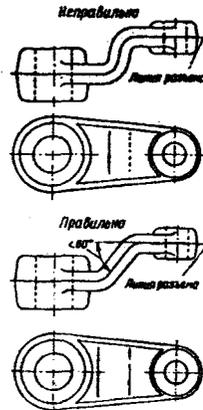


Рис. 3 Линия разреза у деталей типа рычагов и качалок с изогнутым стержнем

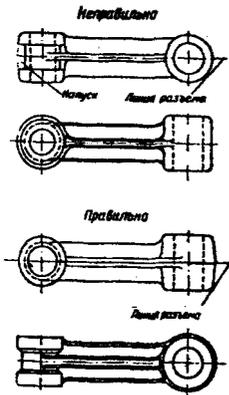


Рис. 4 Линия разреза у детали с поднутрением

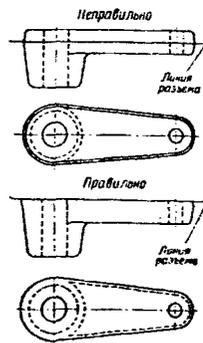


Рис. 5 Линия разреза у деталей с односторонним выступом

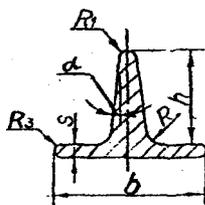


Рис. 6

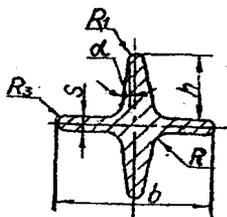


Рис. 7

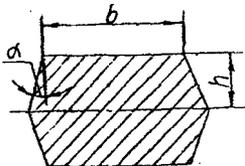


Рис. 8

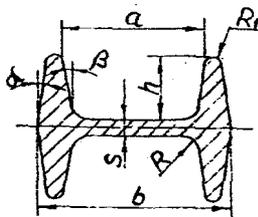


Рис. 9

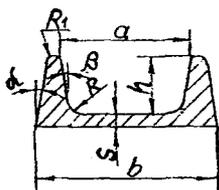


Рис. 10

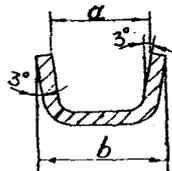


Рис. 11

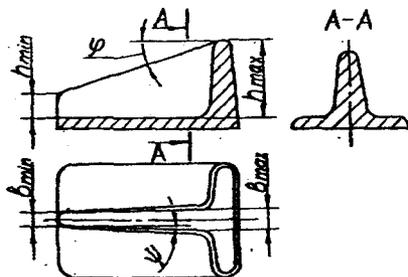


Рис. 12

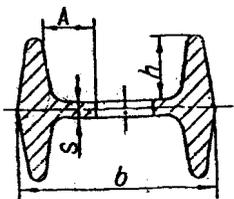


Рис. 13

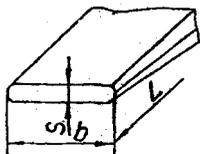


Рис. 14

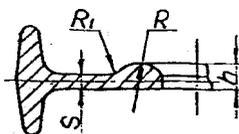


Рис. 15

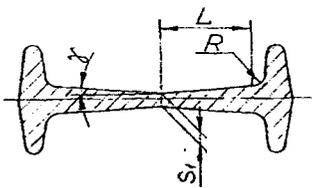


Рис. 16

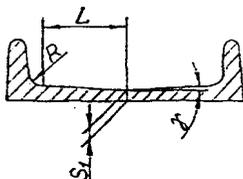


Рис. 17

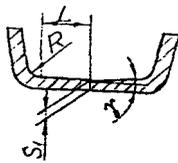


Рис. 18

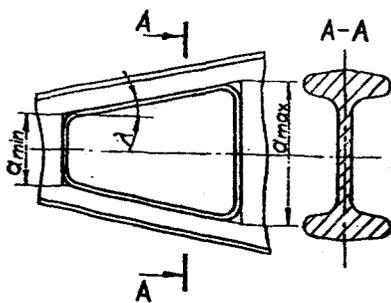


Рис. 19

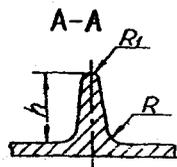
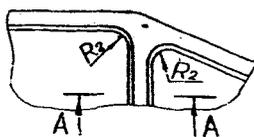


Рис. 20

Учебное издание

*Власов Николай Васильевич,
Майнсков Владимир Николаевич*

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ГОРЯЧЕШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК**

Учебное пособие

Редактор Л. Я. Ч е г о д а е в а
Корректор Н. С. К у п р и я н о в а
Компьютерный набор О. А. А н а н ь е в

Лицензия ЛР № 020301 от 30.12.96 г.

Подписано в печать 14.02.2002 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,62. Усл. кр.-отт. 1,74. Уч.-изд. л. 1,75.

Тираж 300 экз. Заказ . Арт. С-7/2002 г.

Самарский государственный аэрокосмический
университет им. академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34

РИО Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.