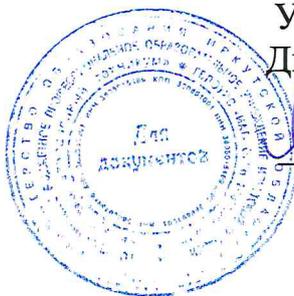
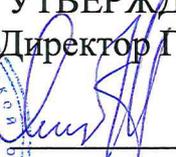


**Министерство образования Иркутской области**  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Иркутской области  
«Иркутский авиационный техникум»  
(ГБПОУИО «ИАТ»)

РАССМОТРЕНО  
На заседании ВЦК ПЛА  
Протокол № 8  
от «05» апреля 2019 г.



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ГБПОУИО «ИАТ»  
  
А.Н.Якубовский

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИИ  
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

**24.02.01 Производство летательных аппаратов**

**Иркутск 2019**



### **Основные цели методических указаний по выбору материалов для конструкции летательного аппарата при выполнении курсового и дипломного проектирования**

- систематизация и закрепление теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний, формирование умений использовать справочную документацию и дополнительную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельного мышления;
- развитие исследовательских умений.

Особую важность приобретают умения обучающихся выбирать материалы для профессиональной деятельности, определять основные свойства материалов по маркам, знание физических и химических свойств, классификации, характеристики применяемых в профессиональной деятельности материалов, самостоятельное применение полученных знаний и умений на практике. Методические рекомендации помогут обучающимся целенаправленно выбирать материал для конкретной конструкции ЛА.

### **Деформируемые алюминиевые сплавы (термически неупрочняемые)**

**АМц** (1,0-1,6% Mn, 0,6% Si, 0,7% Fe) обладает высокой пластичностью (*табл.1*) в отожженном состоянии (АМцМ) и низкой в нагартованном (АМцН), хорошо сваривается газовой, атомно-водородной и контактной сваркой, применяется для изготовления баков, бензо и маслопроводов, горловин, кронштейнов, патрубков и фланцев горловин и малонагруженных деталей. Термической обработкой не упрочняется. Отжиг при температуре 350-410° С, с охлаждением на воздухе. Температураковки и штамповки 420-475°С.

### **Характеристики алюминиевых деформируемых сплавов**

**Таблица 1**

Марка	Состояние материала	Механические характеристики, не менее		
		$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ, Н/мм <sup>2</sup>
АМц	Отожженный (АМцМ)	130	23	300
	Полунагартованный (АМцП)	170	10	400
	Нагартованный (АМцН)	220	5	550
АМг	Отожженный (АМгМ)	190	23	450
	Полунагартованный (АМгП)	250	6	600
АМг3	Отожженный (АМг3М)	200	22	500
АМг5В	Отожженный,повышенное качество выкатки (АМг5ВМ)	260	22	650
	Полунагартованный (АМг5ВП)	300	14	800
АМг6	Отожженный (АМг6М)	320	20	800

**АМг** (2,0-2,8% Mg, 0,15-0,40% Mn, 0,4% Si, 0,4% Fe) обладает такими же пластическими свойствами, как и АМц, хорошо сваривается атомно-водородной сваркой, удовлетворительно – газовой. В отожженном состоянии имеет не удовлетворительную обрабатываемость резанием, в полунагартованном и нагартованном – удовлетворительную. Применяется для изготовления баков, бензо и маслопроводов, стенок входных патрубков, направляющего конуса, заглушек и других средненагруженных деталей авиационной техники. Термической обработкой не упрочняется.

Отжиг при 350-410°C, с охлаждением на воздухе.

Температураковки и штамповки 420-275°C.

**АВ** (0,2-0,6% Cu, 0,45-0,95% Mg, 0,15-0,35% Mn, 0,5-1,2% Si) имеет высокую пластичность в отожженном состоянии (АВТ) и среднюю после закалывания и старения (АВТ), хорошо сваривается точечной и атомно-водородной сваркой, удовлетворительно-газовой, применяется для изготовления деталей, требующих хорошей пластичности в холодном и горячем состоянии, штампованных и кованных деталей сложной формы.

Температураковки и штамповки 470-475°C.

Термическая обработка: закалка с 515-525°C в воде, старение естественное или искусственное при 150°C в течение 6 ч.

Отжиг при 350-370°C, с охлаждением на воздухе.

**Д7А**-сплав для ободьев колес шасси, применяется после закалки и старения.

### **Сплавы для силовых элементов конструкции ЛА**

(деталей каркаса, обшивки, шпангоутов, нервюр, лонжеронов, заклепок)

**Д16** (3,8-4,9% Cu, 1,2-1,8 Mg, 0,3-0,9% Mn)- дюралюминий повышенной прочности. Пластичность в отожженном и свежезакаленном состоянии-средняя, обрабатываемость резанием Д16Т и Д16ТН-удовлетворительная, Д16М-пониженная.

Термическая обработка: закалка с 495-505°C в воде, естественное старение не менее 4 суток.

Отжиг при 350-370°C, охлаждение на воздухе. Отжигу Д16ТН должен предшествовать нагрев при 450-500°C.

Применяется для изготовления силовых элементов конструкций: деталей каркаса, обшивки, шпангоутов, нервюр, лонжеронов, заклепок. При изготовлении сильно нагруженных деталей, рекомендуется заменять сплавом В95. Заклепки ставят в свежезакаленном состоянии, не позже 20 минут после закалки.

**В95** (5-7% Zn, 1,8-2,8% Mg, 1,4-4,0% Cu, 0,2-0,6% Mn, 0,10-0,25% Cr)- высокопрочный алюминиевый сплав (Таб.3). Пластичность в отожженном и свежезакаленном состояниях такая же, как у сплава Д16, в тех же состояниях. В состаренном состоянии значительно ниже. Обрабатываемость резанием и свариваемость точечной сваркой хорошие, газовой-неудовлетворительная.

Термическая обработка: закалка с 465-475°C, охлаждение в воде, искусственное старение плакированных изделий при 120°C в течение 24 ч, не плакированных - при 140°C в течение 16 ч.

Отжиг при 420°C, охлаждение в печи до 150°C и далее на воздухе.

Применяется для изготовления силовых деталей конструкций: лонжеронов, стрингеров, шпангоутов, обшивки, нервюр.

### Механические свойства дюралюминия

Таблица 2

Марка	Состояние материала и термообработка	Механические характеристики, не менее		
		$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ, Н/мм <sup>2</sup>
Д1	Отожженный (Д1АМ) Закаленный и естественно состаренный (Д1АТ)	Не более	12	450
		210	12	1130
		380		
Д1Т	Закалка с 500 °С в воде, естественное старение	400	20	-
Д6	Отожженный (Д6М) Закаленный и естественно состаренный (Д6Т)	Не более	15	420
		220	15	1000
		460		
Д16	Отожженный, плакированный (Д16АМ) Закаленный и естественно состаренный, плакированный (Д16АТ)	Не более	10	420
		230	10	1050
		430		
Д16Т	Закалка с 500°C в воде, естественное старение	460	17	-
Д19ТН	Закаленный, естественно состаренный, нагартованный			
Д19ТН	Закалка с 500°C в воде, естественное старение, нагартовка 6-7%	480	13	-
Д18П-Т	Пластичный, закаленный, естественно состаренный			
Д18П-Т	Закалка с 500°C в воде, естественное старение	300	24	-
В65	Закалка с 515-520°C в воде, старение при 75°C 24 ч	400	20	-

### Механические характеристики высокопрочных алюминиевых сплавов

Таблица 3

Марка	Состояние материала и термообработка	Механические характеристики, не менее		
		$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ, Н/мм <sup>2</sup>
В94	Закалка с 470° и ступенчатое старение: первое при 100°C 4 ч и второе при 160°C 3 ч	520	15	-
В95	Закалка с 470°C и старение при 120°C 24 ч	520	14	-
В95М	Отожженный	Не более 250-280	10	-
В95	Закалка с 470°C и старение при 140°C 24 ч	600	8	-
В95Т1	Закаленный и искусственно состаренный	490-580	6-7	1500

V96	Закалка с 470°C и старение при 140°C 16 ч	700	7	-
V96T1	Закаленный и искусственно состаренный	700-720	7-8	1900

### Сплавы для изготовления штампованных кованных деталей

**AK4** (1,9-2,5% Cu, 1,4-1,8% Mg,  $\leq 0,2$  Mn, 1,0-1,5% Fe, 0,5-1,2% Si, 1,1-1,6% Ni)- жаропрочный деформируемый алюминиевый сплав, имеет пониженную пластичность в горячем состоянии, удовлетворительно сваривается атомно-водородной сваркой. Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

Термическая обработка: закалка с 525-535°C. Искусственное старение при 170°C в течение 16 ч.

Применяется для изготовления деталей двигателя и других изделий, работающих при температурах до 350°C.

**AK4-1** (1,9-2,5% Cu, 1,4-1,8% Mg,  $\leq 0,2$  Mn, 1,0-1,5% Fe, 1,0-1,5% Ni)- жаропрочный деформируемый сплав. Модификация сплава АК4. Обладает более высокими (по сравнению с АК-4) прочностными характеристиками, имеет удовлетворительную пластичность в горячем состоянии, удовлетворительно сваривается и обрабатывается резанием.

Термическая обработка: закалка с 525-535°C, искусственное старение при 170°C в течение 16 ч.

Применяется для изготовления деталей двигателя и других изделий, работающих при температурах до 350°C.

**AK6** (1,8-2,6% Cu, 0,4-0,8 Mg, 0,4-0,8 Mn) **авиаль** повышенной прочности (*таб.4*) Термическая обработка: закалка с 500-515°C в воде и искусственное старение при 150-160°C в течение 12-15 ч.

Применяется для изготовления штампованных кованных деталей сложной формы и средней прочности: крыльчаток компрессоров и вентиляторов, заборников, лопаток диффузоров и других деталей.

**AK6-1** (2,2% Cu, 0,65% Mg, 0,6% Mn, 0,9% Si, 0,1% Ti, 0,2% Cr)- сплав более пластичный, чем сплав **AK6**;

Используется для изготовления кованных и штампованных деталей сложной формы: рабочих колес компрессоров, заборников, крыльчаток и других деталей.

**AK8** (4,4% Cu, 0,6% Mg, 0,7 Mn, 0,9 Si)- сплав с большой прочностью, но хуже чем АК6-1. Обрабатывается давлением в горячем состоянии и поэтому может применяться для штамповки высоконагруженных самолетных деталей менее сложной формы: рам, фитингов и т.п.

Недостатком сплава, ограничивающим его применение для изготовления тонкостенных деталей, является склонность в искусственном состаренном состоянии к межкристаллитной коррозии.

## Механические характеристики ковочных сплавов для работы при комнатной температуре

**Таблица 4**

Марка	Механические характеристики, не менее				Пластичность в горячем состоянии
	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ, Н/мм <sup>2</sup>	
АК4	360-380	-	3-8	1000	Пониженная
АК4-1	380-400	-	4-5	1090-1480	Удовлетворительная
АК5	290	-	11	850	-
АК6	420	300	13	1050	Высокая
АК6-1	410	320	10	1000	Высокая
АК8	480	380	10	1350	Удовлетворительная
В93	480	-	10	-	Удовлетворительная Термообработка: Закалка с 460°С в воде и двухступенчатое старение: первое при 120°С 3 ч и второе при 165°С 4 ч.

### Литейные алюминиевые сплавы

Эти сплавы при ремонте применяют редко, а в авиастроении находят применение сплавы АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9, ВИ-11-3, АЛ19, В300, В14А (таб.5)

**АЛ4** и **АЛ5** применяют для изготовления крупных и средних деталей двигателей, подверженных значительным нагрузкам (корпуса масляных форсунок, фланцев, ферм, картеров, головок цилиндров). К недостаткам сплавов относится их низкая жаропрочность. Поэтому они не пригодны для изготовления деталей, работающих при температурах выше 200-250°С.

**АЛ3** и **АЛ6** с хорошими литейными свойствами, но со средней механической прочностью. Применяют для средних и мелких деталей двигателя и оборудования, не подверженных значительным нагрузкам (корпусов приборов, карбюраторов, арматуры и т.п.)

**АЛ7, АЛ7, АЛ9** применяются для литья самолетных деталей: кронштейнов, качалок, педалей и т.п.

**ВИ-11-3** обладает высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами и повышенной прочностью, упрочняется режимом Т4, имеет удовлетворительную свариваемость газовой сваркой и хорошую обрабатываемость резанием.

Применяется для изготовления (литьем в землю, кокиль или под давлением) деталей повышенной коррозионной стойкости.

**АЛ19** обладает низкой коррозионной стойкостью, невысокими литейными свойствами, но высокими механическими качествами и жаропрочностью. Упрочняющая термическая обработка по режимам Т4 и Т5. Хорошо сваривается, обрабатывается резанием.

Применяется для изготовления литьем в землю самолетных деталей, работающих при температурах 175-300°С.

### Химический состав и механические характеристики литейных алюминиевых сплавов

**Таблица 5**

Марка	Химический состав, %				Виды обработки	Механические характеристики, не менее		
	Si	Cu	Mg	Другие элементы		$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ, Н/мм <sup>2</sup>
АЛ2	10-13	-	-		-	130	6,0	500
АЛ4	8,0-10,5	-	0,17-0,3	0,25-0,5 (Ti+Cr)	-	180	3,0	600
АЛ4	8,0-10,5		0,17-0,3	0,25-0,5 (Ti+Cr)	T6	260	4,0	700
АЛ5	4,5-5,5	1,0-1,5	0,3-0,6	0,2 (Ti+Cr)	T5	220	1,0	800
АЛ7	1,2	4-5	-	-	T4	220	8,0	650
АЛ7	1,2	4-5	-	-	T5	250	5,0	800
АЛ8	-	0,2-0,4	9,5-11,5	0,07Ti; 0,07 Be	T4	320	12,0	700
АЛ9	6-8	-	0,2-0,4	-	T4	200	6,0	550
АЛ19	-	4,5-5,3	-	0,6-1,0 Mn 0,2-0,4 Ti	T4	320	8,0	800
АЛ19		4,5-5,3	-	0,6-1,0 Mn 0,2-0,4 Ti	T5	360	5,0	1000
АЛ27	-	-	9,5-11,5	0,05-0,15 Ti 0,05-0,2 Zr 0,05-0,15 Be	-	-	-	-
АЛ32	7,5-8,5	1,0-1,5	0,3-0,5	0,3-0,5 Mn 0,1-0,3 Ti	-	270	3,0	800
Ви-11-3	0,8-1,2	-	10,5-13	0,03-0,05 Be	T4	240	3,0	950
В-300	-	4,6-6,0	0,8-1,5	0,2-0,3 Mn 2,6-3,6 Ni	T2	180	0,6	-
	-	4,6-6,0	0,8-1,5	0,1-0,2 Cr 0,2-0,3 Mn	T-7	220	0,6	-
В14А	1,5-2,0	3,5-4,5	0,7-1,2	0,15-0,3 Mn 1,2-1,7 Fe 0,1-0,2 Cr	T2	170	0,8	-

### Спеченные сплавы на основе алюминия

Деформируемый жаропрочный сплав из спеченного алюминиевого порошка (САП) получают путем прессования и спекания алюминиевого порошка при 500-600°С.

Из полученных брикетов изготавливают листы, прутки, трубы, профили и другие полуфабрикаты. Плотность САП  $2,7\text{г/см}^3$ . Он хорошо сваривается, легко обрабатывается резанием и обладает высокой коррозионной стойкостью.

По жаропрочности САП превосходит алюминиевые сплавы при  $300-500^\circ\text{C}$  и выше. Это объясняется наличием окиси алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . С увеличением количества оксида алюминия в различных марках САП жаропрочность возрастает, а пластичность несколько уменьшается.

Детали из САП длительно работают при  $300-500^\circ\text{C}$  и кратковременно до  $700-1100^\circ\text{C}$ . САП рекомендуется применять так же для деталей, работающих в тяжелых коррозионных условиях.

Спеченные алюминиевые сплавы (САС) получают путем горячего брикетирования и последующего прессования при  $500^\circ\text{C}$  смесей порошков алюминия с другими элементами. В САС-1 добавляют 25-30% Si и 5-7% Ni, а в САС-4 10-15% Si и 17-25% SiC. Сплавы САС обладают низким коэффициентом литейного расширения и применяются для изготовления приборов.

Разработаны сплавы САС-Д16, САС-В96, по своим свойствам подобны сплавам Д16 и В96, но не имеющие технологических дефектов, связанных с литьем (окисных и шлаковых включений, ликвационных зон) и обработкой давлением (анизотропии свойств).

Состав и свойства спеченных сплавов и порошков:

САС-1 содержит 6-9%  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $\sigma_{\text{в}}=280\text{ Н/мм}^2$ ,  $\delta=5\%$ ,  $\sigma_{\text{в}}=40\text{ Н/мм}^2$  при  $500^\circ\text{C}$ ;  
САП-2 содержит 9,1-13%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\sigma_{\text{в}}=320\text{ Н/мм}^2$ ,  $\delta=54$ ,  $\sigma_{\text{в}}=100\text{ Н/мм}^2$  при  $500^\circ\text{C}$ ;  
САП-3 содержит 13,1-18  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\sigma_{\text{в}}=400\text{ Н/мм}^2$ ,  $\delta=3\%$ ,  $\sigma_{\text{в}}=130\text{ Н/мм}^2$  при  $500^\circ\text{C}$ ;  
САП-4 содержит 18-22%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\sigma_{\text{в}}=450\text{ Н/мм}^2$ ,  $\delta=1,5\%$ ,  $\sigma_{\text{в}}=130\text{ Н/мм}^2$  при  $500^\circ\text{C}$ .

### Композиционные материалы на основе алюминия

Композиционными называют сложные материалы, в состав которых входят сильно отличающиеся по свойствам нерастворимые или малорастворимые друг в друге компоненты. Они имеют высокие: прочность, сопротивление хрупкому разрушению, жаропрочность, модуль упругости и термическую стабильность свойств.

**Волокнистые дисперсионно-упрочненные наполнители.** По форме наполнителя композиционные материалы разделяют волокнистые и дисперсионно-упрочненные. Первыми упрочняются волокнами или нитевидными кристаллами тугоплавких соединений и элементов ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC, В и др.), а также тонкой вольфрамовой или прочной стальной проволокой. Вторые упрочняются наполнителями из тонкодисперсных тугоплавких частиц окислов, карбидов, боридов, нитридов.

**Сплав ВКА-1** – композиционный материал на основе алюминия и его сплавов. Модуль упругости, предел прочности и выносливости до температуры  $500^\circ\text{C}$  в композиционных материалах в 2-3 раза выше, чем у обычных алюминиевых сплавов.

Сплав ВКА-1 содержит 50% волокон бора диаметром 100 мкм с  $\sigma_B=2500-3500$  Н/мм<sup>2</sup> и  $E=400$  кН/мм<sup>2</sup>, что обеспечивает ему при 20°C  $\sigma_B=1000-1200$  кН/мм<sup>2</sup>, а при 400°C  $\sigma_B=600$  Н/мм<sup>2</sup> (как у сплава В95 при комнатной температуре).

Плотность **ВКА-1**  $\rho = 2,6\text{см}^3$ , а удельная прочность  $\sigma_B/\rho=41$ , т.е. выше, чем у высокопрочных сталей и титановых сплавов.

Замена сплава В95 при изготовлении лонжеронов крыла самолета на титановый сплав с подкрепляющими элементами из сплава ВКА-1 увеличивает его жесткость на 45% и дает ему выигрыш в весе около 42%. К тому же дисперсионно-упрочненные сплавы не имеют анизотропии свойств, как волокнистые композиционные материалы.

### Алюминиевые сплавы для заклепок

**Выбор сплавов для заклепок** - определяется требованиями прочности конструкции. Для малонагруженных деталей применяют пластичный сплав АМц. Заклепки из сплавов АМг5П и Д18П прочнее.

**АМг5П** (5,2 Mg, 0,4% Mn) имеет высокую пластичность в отожженном состоянии, термической обработкой не упрочняется, удовлетворительно сваривается атомно-водородной, точечной и газовой сваркой, обладает высокой коррозионной стойкостью, поставляется в виде проволоки, применяется для изготовления заклепок для клепки конструкций из магниевых сплавов. Заклепки ставятся в отожженном состоянии. Температура отжига 340-410°C с охлаждением на воздухе. Температураковки 420-275°C.

**Д18П** (2,6% Cu, 0,35%Mg)-дюралюминий повышенной пластичности. Применяется для изготовления заклепок, которые ставят после закалки и естественного старения. Закалка с 495-505°C в воде и естественное старение не менее 4 суток.

**Д3П** имеет высокую пластичность в отожженном состоянии, применяется для изготовления заклепок, которые ставятся в свежезакаленном состоянии не позднее 3 ч после закалки (сплав Д3П заменяется сплавом Д18П).

Термическая обработка: закалка с 490-500°C в воде, естественное старение не менее 4 суток, отжиг при 340-370°C, с охлаждением на воздухе.

**В65** (4,2% Cu, 0,2% Mg, 0,4% Mn)-сплав для заклепок, которые ставятся в закаленном состоянии и состаренными, так как пластичность удовлетворительная и заклепки не надо разупрочнять перед постановкой, заменяет сплавы Д1 и Д16. Термическая обработка: закалка с 510-520°C в воде, старение при комнатной температуре в течение 10 суток, при температуре 50°C в течение 3 суток.

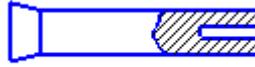
**Д1** (4,3% Cu, 0,6% Mg, 0,6% Mn, 0,7% Si,  $\geq 0,7$  % Fe) Имеет среднюю пластичность (таб. 2). Обрабатываемость резанием удовлетворительная после закалки и старения (Д1Т) и пониженная после отжига.

Применяется для изготовления силовых элементов средней прочности: деталей каркаса, штампованных узлов крепления, лопастей винтов, заклепок (последние ставятся в свежезакаленном состоянии не позже 2 ч после закалки).

Термическая обработка: закалка с 490-510°C в воде и естественное старение в течение не менее 4 суток, отжиг при 350-370°C, охлаждение на воздухе.

Для клепки более ответственных конструкций применяют заклепки высокой прочности из сплавов В65 и В94, а иногда из дюралюминия Д1 или Д16. (таб.7)

**Тип заклепок**

Название	Эскиз	Нормаль
Заклепка с полукруглой головкой		3515А, 3516А, 3517А, 3518А, 3519А, 3520А, 3521А, 3522А, 3523А, 3524А, 3525А.
Заклепка с потайной головкой с углом <math><90^\circ</math>		3531А, 3532А, 3533А, 3534А, 3535А, 3536А, 3537А, 3538А, 3539А, 3540А, 3541А.
Заклепка с потайной головкой с углом <math><120^\circ</math>		3547А, 3548А, 3549А, 3550А, 3551А, 3552А.
Заклепка с плосковыпуклой головкой		3558А, 3559А, 3560А, 3561А, 3562А, 3563А, 3564А.
Заклепка под развальцовку с потайной головкой с углом <math><90^\circ</math>		3590А, 3591А, 3592А, 3593А, 3594А.
Заклепка трубчатая		3610А, 3611А, 3612А.

К заклепочным материалам предъявляются специфические требования. Они должны обладать высокой сопротивляемостью срезу и способностью выдерживать большую пластическую деформацию без растрескивания. Некоторые алюминиевые сплавы могут расклепываться только в свежезакаленном состоянии или в течение определенного времени после закалки. Например, заклепки из сплава Д16 могут расклепываться не позже 20 минут после закалки, а Д19 не позже 2-4 часов. Заклепочные сплавы Д18П и В65 могут расклепываться в закаленном и состаренном состоянии - что очень удобно, исключается необходимость перекалки или хранения заклепок в холодильниках.

**Состав, сопротивление срезу и относительное удлинение сплавов для заклепок**

**Таблица 7**

Марка	Содержание элементов %					J ср, Н/мм <sup>2</sup>	δ, %
	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti		
АМц	-	-	-	1,3	-	70	20
ВМг5П	-	5,2	-	0,4	-	190	25
Д18П	2,6	0,35	-	-	-	200	24

B65	4,2	0,2	-	0,4	-	260	-
B94	2,1	1,4	6,4	-	0,06	320	-

**Заклепки «слепого» типа.** Пистоны делают для того, чтобы заменить обычные заклепки в таких местах, где нельзя использовать поддержку для образования замыкающей головки. Пистон может быть поставлен и расклепан с одной стороны. Обычно их использование ограничивается такими местами, как задние кромки рулей, элеронов, закрылков.

**Заклепки с протяжкой** (заклепки Черри) делают пустотелым, внутрь их вставляют подвижные расширительные стержни, которые протягиваются через заклепки, расширяют их и стягивают листы металла, затем стержни обламывают или протягивают через заклепки полностью.

Заклепка взрывная – специальный тип заклепок, применяемый при ремонте самолета, когда имеется односторонний подход к месту работы. В отличие от обычных, они имеют камеру в свободном торце стержня, которая заполняется взрывчатым веществом и защищается снаружи слоем лака. При нагреве до 130-160°C взрывчатое вещество взрывается, сильно расширяет конец стержня и, таким образом, образует замыкающую головку.

### Маркировка заклепок

Чтобы отличить стержневые заклепки друг от друга по материалу, их маркируют. На головках заклепок в процессе изготовления на посадочных автоматах ставят условные обозначения в виде выпуклых или углубленных крестиков, точек, черточек; кроме того, иногда для отличия заклепок по диаметру и длине их окрашивают в различные *цвета* (таб.8).

### Условная маркировка заклепок

Таблица 8

Алюминиевые сплавы							Сталь	Медь и латунь
<b>B65</b>	Д18П	Д19П	АМг5	АМц	АД1	20ГА	10, 20 1Х18Н9Т	М2 Л62
Без маркировки							Без маркировки	Без маркировки

Обшивочные заклепки с потайными головками маркируют, как правило, углубленными знаками. Это дает возможность контролировать клепаемый шов. Режимы термообработки алюминиевых заклепок приведены в таб. 9.

## Режимы термообработки и применение заклепок из алюминиевых сплавов

**Таблица 9**

Марка	Диаметр заклепки	Закалка		Старение		Состояние и время установки заклепок в конструкцию, область применения
		Температура °С	Время выдержки в минутах	Температура °С	Время выдержки	
Д18П	2-5 6-9,5	500+5	20 30	Комнатная	4 суток	Закаленные и состаренные без ограничения времени, но не ранее 4 суток после закалки. Применяются для силовых элементов
Д19П	2-5 6-9,5	505 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	30-40 40-50	-	-	Свежезакаленные – диаметром 2-5 мм-не позднее 4 часов, диаметром 6мм- не позднее 2 часов, диаметром 8-9,5- не позднее 1 часа после закалки. Применяются в конструкциях, нагреваемых до 300°С
В65	2-5 6-9,4	515+5	30-40 40-50	75+5 Комнатная	24 часа 10 суток	Закаленные и состаренные - без ограничения времени, но не ранее 1 суток при искусственном старении и 10 суток при естественном. Применяются для силовых элементов
В94	2-5 6-9	470±5	30-40 40-50	Старение ступенчатое: 100±5-3 ч. 168±5-3 ч.	-	Закаленные и состаренные – без ограничения времени. Применяется для силовых элементов
АМг5, АМц и АД1	2-5 6-9	-	-	-	-	Применяется в пакетах с сочетанием деталей из легких сплавов и неметаллических материалов

## Алюминиевые сплавы для топливных баков

При размещении топливных баков вблизи двигателя или на высокоскоростных самолетах, где температура стенок баков может достигать 200-250°C, применяют металлические баки. Иногда их устанавливают только из соображения конструкции. Эти баки изготавливают сварными или клепанными из алюминиевых сплавов АМц, АМг.

Жесткие масляные баки имеют те же конструктивные элементы и изготовлены из тех же алюминиевых сплавов, что и топливные; кроме того, в их конструкцию введены фильтр для очистки поступающего в двигатель масла от механических примесей и пеногаситель для гашения попадающей в бак пены – отделение воздуха и газов, растворимых в масле. Пеногасители выполняют в виде лотков, по которым разливают масло, или в виде сепараторов, представляющих собой спиральные трубы с большим числом отверстий.

**Устройство баков.** Толщина стенок баков колеблется от 0,5 до 2 мм и делается различной в зависимости от распределения нагрузок. Бак состоит из обечайки (боковой наружной поверхности), днища и перегородок, соединенных сваркой или клепкой встык, внахлестку или уголком. Для обеспечения расширения и сжатия металла во время сварки по обе стороны сварного шва делают зиговки, которые одновременно придают конструкции жесткость.

Для герметичности заклепочных соединений устанавливают уплотнительные прокладки, а швы смазывают специальным герметиком. Клепанные баки сравнительно тяжелые и имеют меньшую надежность швов, чем сваренные. Иногда для увеличения надежности заклепочных швов нагруженные головки заклепок обваривают.

**Жесткость и крепление баков.** С целью повышения жесткости баки делают выпуклыми, а внутри ставят перегородки с отбортованными отверстиями и профили жесткости. Баки крепят к элементам конструкции самолета натяжными лентами или расчаливают тросами или трубчатыми расчалками. Между лентой и баком, а также между баков и опорами устанавливают демпфирующие прокладки, что позволяет избежать жесткого крепления и образования вследствие этого трещин.

Небольшие топливные баки пускового топлива крепят на прикрепленных к конструкции самолета специальных пальцах, где также предусматривают амортизацию подвески. Арматуру к металлическим бакам монтируют на фланцах, привариваемых к баку.

**Подвесные топливные баки** имеют жесткую конструкцию, обтекаемую форму и состоят из каркаса (шпангоутов и стрингеров) и обшивки из алюминиевого сплава или из пластмассы.

## Алюминиевая пудра и фольга

**Алюминиевая пудра** (ГОСТ 5995-72) – чешуйчатый порошок серебристого цвета. Благодаря способности хорошо отражать солнечные лучи ее широко используют для атмосферостойких покрытий для окраски самолетов, цистерн и

других изделий, содержащих бензин, керосин, нефть и нефтепродукты, разогревание которых солнечными лучами нежелательно. Кроме того, алюминиевую пудру применяют для изготовления покрытий, устойчивых к действию азотной кислоты, окислителей и других органических жидкостей.

В чистой алюминиевой пудре содержится 3-3,8% парафина или стеариновой кислоты, предохраняющих ее от окисления, самовозгорания и взрыва.

#### **Марки алюминиевой пудры.**

Пудра выпускается четырех марок: ПАК-1, ПАК-2, ПАК-3 и ПАК-4. Наиболее мелкодисперсна пудра ПАК-4 затем следует ПАК-3 и т.д. Укрывистость пудры  $10\text{г/м}^2$ , плотность  $2,5\text{-}2,6\text{ г/см}^3$ .

**Хранение.** Алюминиевую пудру рекомендуется хранить в герметических банках, на которых должны быть надписи «Хранить от сырости» и «Огнеопасно».

**Фольга алюминиевая техническая** в рулонах (ГОСТ 618-73) толщиной от 0,005 до 0,2 мм и шириной от 10 до 600 мм изготавливается из алюминия марок АД1, АД, А99, А97, А95, А7, А6, А5.

**Фольга алюминиевая пищевая.** (ГОСТ 745-73) в рулонах марок:

ФГ (гладкая) толщина от 0,01 до 0,2 мм и шириной от 25 до 460 мм;

ФЛ (лакированная) толщина от 0,01 до 0,2 и шириной 40-450 мм;

ФО (Лакированная окрашенная) толщина от 0,014 до 0,2 и шириной от 25 до 460 мм;

ФТ (тисненая) и ФОТ (окрашенная тисненая) толщина от 0,014 и 0,065 мм и шириной от 25 до 460 мм.