



Тема: Цветные сплавы

Казачков Олег Владимирович, доцент, к.т.н.

Институт лесных, инженерных и строительных наук,
кафедра транспортных и технологических машин и оборудования
kaz @ psu.karelia.ru



Алюминий и его свойства



- Плотность – $2,7 \text{ г/см}^3$
- Температура плавления – $660 \text{ }^\circ\text{C}$
- Решетка – ГЦК, $a = 0,404 \text{ нм}$
- Хорошая коррозионная стойкость, электропроводность
- Маркировка:
- А999, А995, А99, А85, А8, А7, А5, А0
- Технический ал. АД0, АД1

Классификация алюминиевых сплавов

Алюминиевые сплавы

- Деформируемые (термически упрочняемые, термически неупрочняемые)
- Литейные





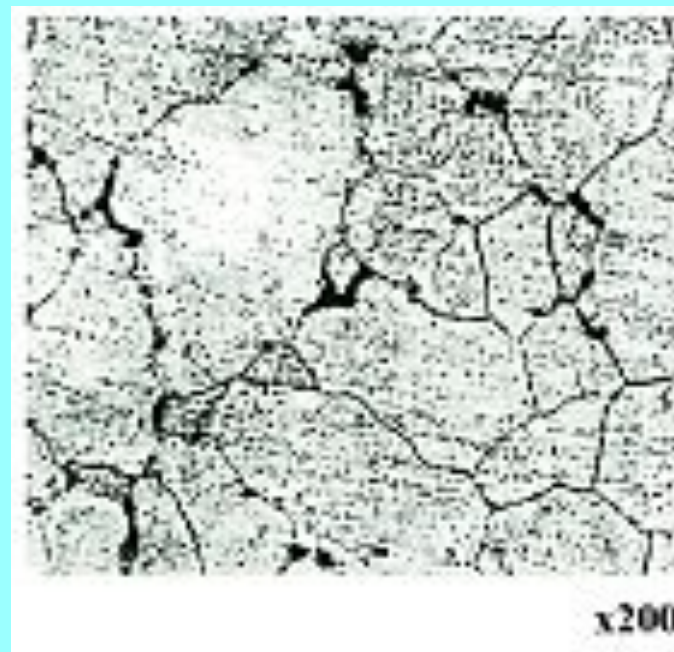
Деформируемые термически неупрочняемые сплавы

Хим. состав и мех. свойства сплавов

марка сплава	содержание, %		σ_B , МПа	δ , %
	Mg	Mn		
АМц	<0,2	1,0-1,6	130	23
АМг1	0,7-1,6	<0,2	110	28
АМг2	1,8-2,6	0,3-0,6	200	23
АМг3	3,2-3,8	0,3-0,6	220	23
АМг5	4,8-5,8	0,3-0,8	300	20
АМг6	5,8-6,8	0,5-0,8	340	18

Пластичные, коррозионностойкие, свариваемые

Микроструктура АМг1



Деформируемые термически упрочняемые сплавы



Дуралюмины (сплавы системы AL-Cu-Mg- Mn)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %			термическая обработка	σ_{H} , МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn			
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	Закалка от 500-505°C + естественное старение	400	20
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	Закалка от 495-505°C + естественное старение	440	18
				Закалка от 495-505°C + старение 190°C, 12ч	440	16

- Характеристика: высокая прочность при достаточной пластичности, хорошая свариваемость точечной сваркой, малая плотность, удовлетворительная обрабатываемость резанием, низкая коррозионностойкость



Деформируемые термически упрочняемые сплавы

Авиали (сплавы системы AL-Mg- Si)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %				термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Si			
АД31	<0,1	0,4-0,9	<0,1	0,3-0,7	Закалка от 510-530°C + естественное старение	170	22
					Закалка от 510-530°C + старение 170°C, 12ч	240	12
АВ	0,1-0,5	0,4-0,9	0,15-0,35	0,5-1,2	Закалка от 510-530°C + старение 170°C, 12ч	330	14

- Характеристика: высокая пластичность при достаточной прочности, хорошая свариваемость, малая плотность, хорошая обрабатываемость резанием и коррозионностойкость



Деформируемые термически упрочняемые сплавы

Ковочные (сплавы системы AL-Cu-Mg- Si)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %				термическая обработка	$\sigma_{п}$, МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Si			
AK6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2	Закалка от 505-525°C + старение 160°C, 10-15ч	400	12
AK8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-1,0	0,6-1,2	Закалка от 495-505°C + старение 160°C, 10-15ч	480	9

- Характеристика: высокая стойкость к образованию горячих трещин при достаточной пластичности, хорошая свариваемость, малая плотность

Деформируемые термически упрочняемые сплавы



Высокопрочные (сплавы системы Al-Cu-Mg- Zn)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %				термическая обработка	$\sigma_{в*}$, МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Zn			
B95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	5,0-7,0	Закалка от 460-470°C + старение 120-140°C, 15-25ч	600	8
B96	2,3	2,7		8,5	Закалка от 460-470°C + старение 120-140°C, 15-25ч	670	7

- Характеристика: по сравнению с дуралюминами обладают большей прочностью, но меньшей пластичностью, вязкостью разрушения и большей чувствительностью к концентрациям напряжений и пониженной коррозионной стойкостью



Термическая обработка сплавов



- Сплавы с составом правее F подвергаются закалке и старению искусственному при повышенных температурах или естественному при комнатной температуре

Термическая обработка



- Основана на изменении растворимости соединений Cu, Mg, Si, Zn в Al-растворе
- Состоит из 2-ух процессов:
 1. **Закалки**- нагрев ($500\text{ }^{\circ}\text{C}$), выдержка, охлаждение в воде.
 - Полное растворение соединений и получение перенасыщенного α - тв. раствора
 2. **Старение**
 - 2а. естественного ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - Распад перенасыщенного α - тв. раствора с образованием зон Гинье –Престона - пластинчатых образований
 - 2б. искусственного ($150\dots 200\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - Распад перенасыщенного α - тв. раствора с образованием зон Вассермана – кристаллов новой фазы, связанной с кристаллической решеткой α - тв. раствора



Алюминиевые литейные сплавы

Химический состав и механические свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %					Термообработка	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
	Si	Mg	Cu	Mn	другие			
<i>Система Al-Si (силумины)</i>								
АЛ2	10-13	-	-	-	-	-	160	1,0
АЛ4	8-10,5	0,2-0,4	-	0,2-0,4	-	T0	230	3,0
<i>Система Al-Cu</i>								
АЛ7	-	-	4,0-5,0	-	-	T0	250	5,0
АЛ19	-	-	4,5-5,3	0,6-1,0	Ti 0,15-0,35	T0	370	5,0
<i>Система Al-Mg</i>								
АЛ23	-	6-7,0	-	-	Ti 0,05-0,15 Zr 0,05-0,2 Be 0,02-0,1	-	200	4,0
АЛ27	-	9,5-10,5	-	-	Ti 0,05-0,15 Zr 0,05-0,2 Be 0,05-0,1	T0	360	18,0

Микроструктура
силумина



а)

а) до -, б) после-
модифицирования



б)



Модифицирование сплавов

- Модификатор – вещество , малые дозы которого существенно изменяют структуру и свойства обработанного ими сплава.
- Эффект от такой обработки наз. модифицированием.
- Силумин до модифицирования-
Заэвтектический сплав (стр-ра-эвт + кремний)
- Силумин после модифицирования-
Доэвтектический сплав(стр-ра-эвт + алюминий)
 $\sigma_{\text{в}} = 140 \rightarrow 180 \text{ МПа}$, $\delta = 3 \rightarrow 8\%$



Порошковые (спеченные) алюминиевые сплавы

Спеченные сплавы

Спеченный
алюминиевый порошок (САП)

Спеченный
алюминиевый сплав (САС)

- САП –получают холодным, затем горячим брикетированием пудры при 500°C с последующей деформацией.
Состав :САП-1 (Al_2O_3 -6...9%) до САП -4 (Al_2O_3 -18...22%)
Свойства: хорошая свариваемость, повышенная жаропрочность, высокая теплопроводность и электропроводность, низкая плотность
- САС - получают горячим брикетированием порошков окисленных алюминиевых сплавов при 500°C с последующей деформацией.
Состав: САС-1 (30 % -Si, 7%- Ni, остальное Al)
Свойства: обладают низким коэф. линейного расширения, удовл. прочностью, жаропрочны, малопластичны, высоким модулем упругости

Основные выводы



- Алюминий -цветной легкий металл, обладающий высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью
- В качестве конструкционных материалов широко используются алюминиевые сплавы: деформируемые, литейные, порошковые, например, дуралюмины, магналии, силумины, высокопрочные и жаропрочные сплавы, спеченные сплавы
- Для улучшения свойств литейных сплавов проводят модифицирование – присадку в жидкий расплав фтористого и хлористого натрия
- Для улучшения свойств деформируемых сплавов проводят термическую обработку – закалку, а затем искусственное или естественное старение.



Медь и ее свойства



- Плотность – $8,94 \text{ г/см}^3$
- Температура плавления – $1083 \text{ }^\circ\text{C}$
- Решетка – ГЦК, $a = 0,36 \text{ нм}$
- Хорошая коррозионная стойкость, тепло - электропроводность 100%
- Маркировка:
- М00, М0, М1, М2, М3, М4



Классификация медных сплавов

Медные сплавы

Латуни

Бронзы

- **Латуни** – медные сплавы, в которых основным лег. элементом является цинк
- **Бронзы** – сплавы меди с любым другим металлом, кроме цинка как основного лег. элемента



Классификация сплавов по технологическому признаку

Медные сплавы

литейные

деформируемые

- Основным способом производства изделий из литейных сплавов – **литье**
- Основным способом производства изделий из деформируемых сплавов – **обработка давлением**



Маркировка латуней

Буквенные обозначения

А	Б	Ж	Мг	Мц	К	Ц	О	Н	Ф	С	Л-латунь
Al	Be	Fe	Mg	Mn	Si	Zn	Sn	Ni	P	Pb	Бр- бронза

- **Литейная латунь** ЛЦ16К4 (Zn-16%, Si-4%, остальное медь)
- **Деформируемая латунь** ЛМцА 57-3-1 (Cu-57%, Mn-3%, Al-1%. остальное цинк)
- **Литейная бронза** БрА11Ж6Н6 (Al -11%, Fe-6%, Ni-6%, остальное медь)
- **Деформируемая бронза** БрАЖН 10-4-4 (Al -10%, Fe-4%, Ni-4%, остальное медь)



Классификация латуней по составу

латуни

Простые
(двойные)

Многокомпонентные
(специальные)



Простые (двойные) латуни

- Являются деформируемыми латунями, хорошо обрабатываются давлением как в холодном, так и в горячем состоянии
- Не имеют фазовых превращений, не упрочняются термической обработкой
- Применение: радиаторные и конденсаторные трубки (Л96, Л90), гибкие шланги, прокладки (Л85, Л80), гайки, болты, детали автомобиля (Л68), толстостенные детали (Л59)
- Маркировка: по ГОСТ 17711-80
- Л96, Л90 (томпаки), Л85, Л80 (полутомпаки), Л70, Л68



Многокомпонентные латуни

- Это двухфазные латуни с добавками легирующих элементов—Al, Fe, Ni, Sn, Mn, Pb
- Лег.элементы (кроме Pb) увеличивают прочность, твердость, коррозионную стойкость, ухудшают пластичность
- Pb улучшает обрабатываемость(автоматная латунь) ЛС 59-1, ЛС 63-3, ЛС 74-3
- Sn улучшает коррозионную стойкость (морская латунь) ЛО 70-1, ЛО 62-1
- Al, Ni повышают мех.свойства ЛАН 59-3-2

Область применения оловянных бронз



- **Литейные бронзы**

Изготавливают пароводяную арматуру, антифрикционные детали типа втулок, венцов червячных колес, вкладышей подшипников, художественное литье

- **Деформируемые бронзы**

Изготавливают прутки, трубы, ленту, проволоку для пружин, детали с упругими, антикоррозионными, антифрикционными в различных отраслях промышленности.



Область применения безоловянных бронз

- **Свинцовые бронзы** – антифрикционный материал. Для отливок вкладышей подшипников скольжения, втулок
- **Алюминиевые бронзы** – заменитель оловянных бронз. Для мелких, но ответственных деталей типа шестерен, втулок, фланцев, монет
- **Кремнистые бериллиевые бронзы** – пружинный материал.



Классификация медно-никелевых сплавов

Медно-никелевые сплавы

**Высокопрочные
коррозионностойкие**
е

электротехнически
е

Электротехнические медно-никелевые сплавы



- **Копель**- сплав, содержащий 43%Ni, 0,5%Mn (МНМц 43–0,5). Применяется в пирометрии в качестве термоэлектрода термопар в паре с хромелем до 600⁰С
- **Константан** - сплав, содержащий 40%Ni, 1,5 %Mn (МНМц 40-1,5). Характеризуется постоянным ρ в зависимости от температуры
- **Манганин** - сплав, содержащий 3%Ni, 12 %Mn (МНМц 3-12). Характеризуется постоянным ρ в области комнатных температур, изготавливают эталонные сопротивления и элементы измерительных приборов, предложен в 1889



Основные выводы

- Медь -цветной полублагородный металл, обладающий высокой электропроводностью (100%), теплопроводностью, коррозионной стойкостью
- В качестве конструкционных материалов широко используются сплавы: деформируемые, литейные, например, бронзы, латуни, медно - никелевые сплавы.