

Алюминий и алюминиевые сплавы

Алюминий:

- температура плавления - 660°C ;
- плотность при 20°C - $2,7 \text{ г/см}^3$
- кристаллическая решетка - **ранецентрированная кубическая**;

Механические свойства чистого алюминия:

$$\sigma_b = 40 \text{ МПа}; \delta = 50\%.$$

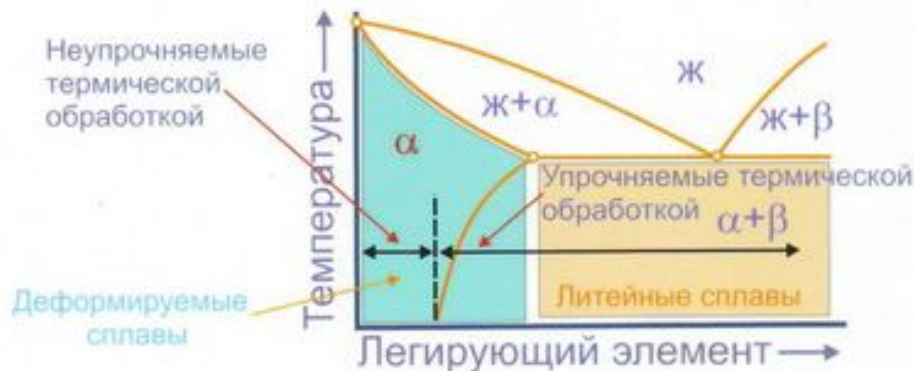
Маркировка первичного алюминия:

- *особой чистоты* **A999** (99,999%Al);
- *высокой чистоты* **A995** (99,995%Al), **A99** (99,99%Al), **A97** (99,97%Al), **A95** (99,95%Al);
- *технической чистоты* **A85** (99,85Al%), **A8** (99,8%Al), **A7** (99,7%Al), **A6** (99,6%Al), **A5** (99,5%Al) и **A0** (99,0%Al).

Маркировка деформируемого технического алюминия:

- АД00** (99,7%Al), **АД0** (99,5%Al), **АД1** (99,3%Al), **АД** (98,8%Al).

Алюминиевые сплавы подразделяются на **деформируемые** и **литейные**. Они могут быть **неупрочняемыми** и **упрочняемыми** термической обработкой.



Деформируемые алюминиевые сплавы, неупрочняемые термической обработкой

К этой группе относятся сплавы систем Al-Mn и Al-Mg

Диаграмма состояний
системы Al-Mn

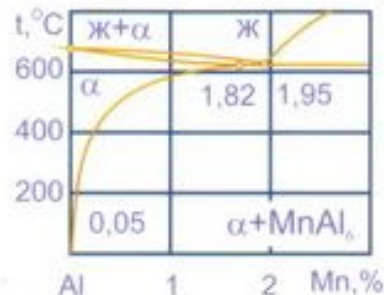
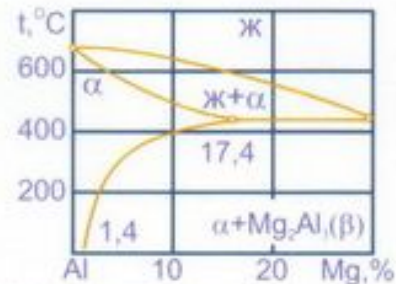
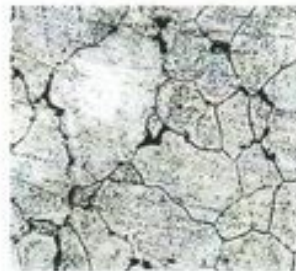


Диаграмма состояний
системы Al-Mg



Структура
сплава AMr



x200

Состав и механические свойства сплавов в отожженном состоянии

Марка сплава	Содержание, %		σ_B , МПа	δ , %
	Mg	Mn		
AMц	<0,2	1,0-1,6	130	23
AMr1	0,7-1,6	<0,2	110	28
AMr2	1,8-2,6	0,3-0,6	200	23
AMr3	3,2-3,8	0,3-0,6	220	23
AMГ4	4,8-5,8	0,3-0,8	300	20
AMГ5	5,8-6,8	0,5-0,8	340	18

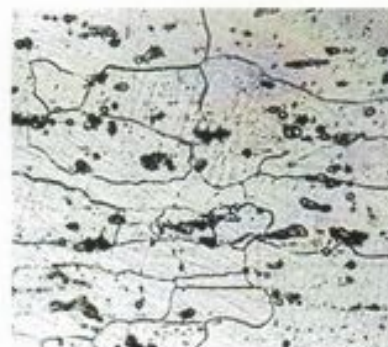
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

I. Сплавы системы *Al-Cu-Mg* (дуралюмины)

Основные фазы упрочнители : $\theta(\text{CuAl}_2)$ и $S(\text{CuMgAl}_2)$

Структура сплава Д16

Марка сплава	Содержание, %		
	Cu	Mg	Mn
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9



X300

Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полуфабриката	Термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
Д1	листы	Закалка от $500-505^{\circ}\text{C}$ + естественное старение	400	20
Д16	листы	Закалка от $495-505^{\circ}\text{C}$ + естественное старение	440	18
	листы	Закалка от $495-505^{\circ}\text{C}$ + старение 190°C , 12ч	440	16
	прессованный профиль	Закалка от $495-505^{\circ}\text{C}$ + естественное старение (прессэффект)	530	11

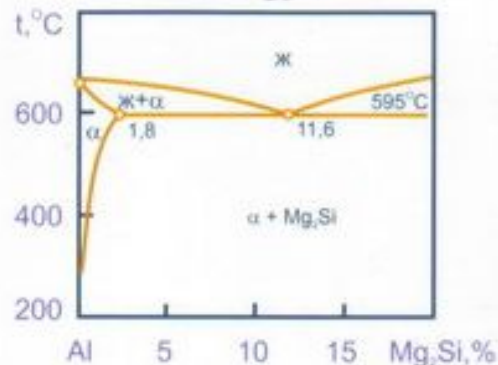
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

2. Сплавы системы *AL-Mg-Si* (авиали)

Основная фаза - упрочнитель - β (Mg_2Si)

Марка сплава	Содержание, %			
	Cu	Mg	Mn	Si
АД31	<0,1	0,4-0,9	<0,1	0,3-0,7
АВ	0,1-0,5	0,4-0,9	0,15-0,35	0,5-1,2

Квазибинарный разрез
Al-Mg₂Si



Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полуфабриката	Термическая обработка	σ_b , МПа	δ , %
АД31	прессованный профиль	Закалка от 510-530°C + естественное старение	170	22
		Закалка от 510-530°C + старение 160-170°C, 12ч	240	12
АВ	лист	Закалка от 510-530°C + старение 160-170°C, 12ч	330	14
	прессованный профиль	Закалка от 510-530°C + старение 160-170°C, 12ч (прессэфект)	380	12

Литейные алюминиевые сплавы

Для литья используют сплавы систем **Al-Si**, **Al-Cu**, **Al-Mg**.

Маркировка литейных сплавов при использовании первичного алюминия: буквы **АЛ** и цифры, указывающие **условный номер** сплава.

Условные обозначения разновидностей термической обработки:

Режим T1 - искусственное старение без предварительного нагрева под закалку;

Режим T2 - отжиг отливок;

Режим T4 - закалка без последующего искусственного старения;

Режим T5 и T6 - закалка и искусственное старение. (T6 - старение на максимальную прочность, T5 - неполное старение);

Режим T7 - закалка и стабилизирующее старение (перестаривание).

Литейные алюминиевые сплавы

Химический состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %					Термо-обр-ка	σ_B , МПа	δ , %
	Si	Mg	Cu	Mn	Другие			
	Система Al-Si							
АЛ2	10-13	-	-	-	-		160	1,0
АЛ4	8-10,5	0,2-0,4	-	0,2-0,4	-	T6	230	3,0
АЛ9	6-8	0,2-0,4	-	-	-	T6	230	1,0
АЛ5	4,5-5,5	0,4-0,6	1,0-1,5	-	-	T5	226	0,5
	Система Al-Cu							
АЛ7	-	-	4,0-5,0	-	-	T6	250	5,0
АЛ19	-	-	4,5-5,3	0,6-1,0	Ti 0,15-0,35	T6	370	5,0
	Система Al-Mg							
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	T4	360	18,0
АЛ8	-	9,5-11,5	-	-		T4	315	11,0

Медь и медные сплавы

Медь:

- температура плавления - **1083°С**;
- плотность при 20°С - **8,96 г/см³**;
- кристаллическая решетка -
гранецентрированная кубическая.

Механические свойства меди высокой чистоты:

$$\sigma_{\text{в}} = 220 \text{ МПа}, \delta = 50 \text{ \%};$$

Маркировка меди:

M00 (99,99 % Cu), **M0** (99,97 % Cu), **M1** (99,9% Cu),
M2 (99,7 % Cu), **M3** (99,5 % Cu).

Основные группы медных сплавов:

Латуни - сплавы на основе меди, в которых главным легирующим элементом является **цинк**.

Бронзы - сплавы на основе меди, в которых основной добавкой может быть любой элемент, кроме **цинка и никеля**.

Медноникелевые сплавы - это сплавы на основе меди, у которых основной легирующий элемент - **никель**.

Медные сплавы подразделяют на **деформируемые** и **литейные**.

Латуни

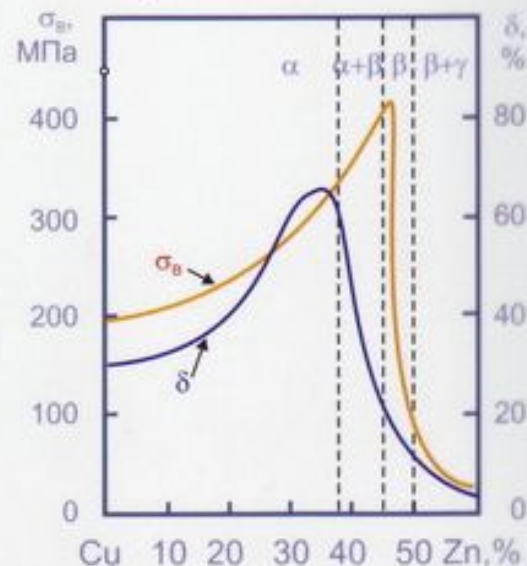
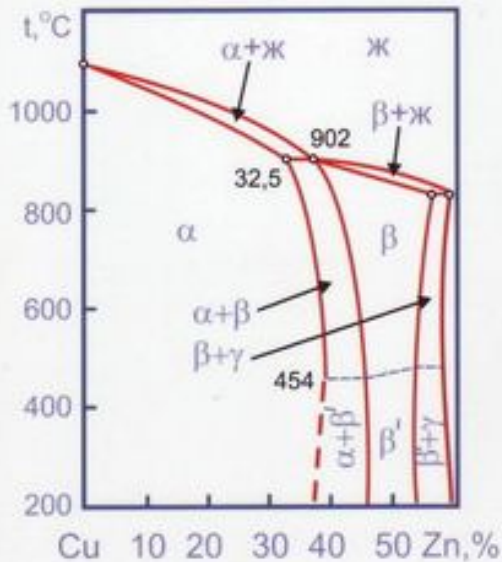
Латуни подразделяются по химическому составу на **двойные** и **многокомпонентные**, а по структуре на однофазные (α - латуни) и двухфазные (β - латуни).

Маркировка: Латуни обозначаются буквой **Л**. У двойных латуней за буквой **Л** идет **число**, указывающее содержание меди в процентах.

В марке **многокомпонентной** латуни после буквы **Л** ставят буквенное обозначение легирующих элементов, а затем **цифры**, указывающие содержание **меди** и **легирующих элементов**. (латунь марки **Л90** содержит **90% Cu** и **10% Zn**; латунь **ЛС59-1** содержит **59% Cu**, **1%Pb** и **40% Zn**).

В марках **литейных** латуней после буквы **Л** указываются буквы, обозначающие **легирующие элементы, включая цинк**.

За буквами следуют цифры, указывающие содержание легирующих элементов. Их обозначение: **алюминий - А**, **никель - Н**, **олово - О**, **свинец - С**; **железо - Ж**; **кремний - К**; **марганец - Мц**; **цинк - Ц**; **фосфор - Ф**, **бериллий - Б**.



Состав и механические свойства латуней

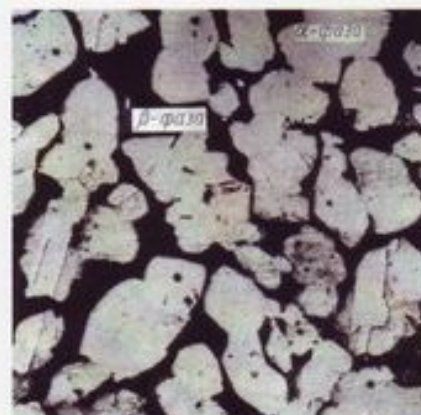
Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	Структура
	Cu	другие элементы			
	Деформируемые латуни				
Л90	88,0 - 91,0	-	260	44	α
Л68	67,0 - 70,0	-	330	56	α
Л63	62,0 - 65,0	-	360	49	α
ЛС59-1	57,0 - 60,0	Pb 0,8 - 1,9	420	40	$\alpha+\beta$
ЛЖМц59-1-1	57,0 - 60,0	Fe 0,6 - 1,2 Mn 0,5 - 0,8	450	50	$\alpha+\beta$
	Литейные латуни				
ЛЦ40С	57,0 - 61,0	Pb 0,8 - 2,0	300	30	
ЛЦ16К4	78,0 - 81,0	Si 3,0 - 4,0	380	15	
ЛЦ23А6ЖЗМц2	64,0 - 68,0	Al 4,0 - 7,0 Fe 2,0 - 4,0 Mn 1,5 - 3,0	650	7	

Структура однофазной латуни



x200

Структура двухфазной латуни



x200

Бронзы

Бронзы обозначаются буквами **Бр**, после чего следует буквенное обозначение легирующих элементов в порядке убывания их концентрации; в конце марки указываются средние концентрации соответствующих элементов.

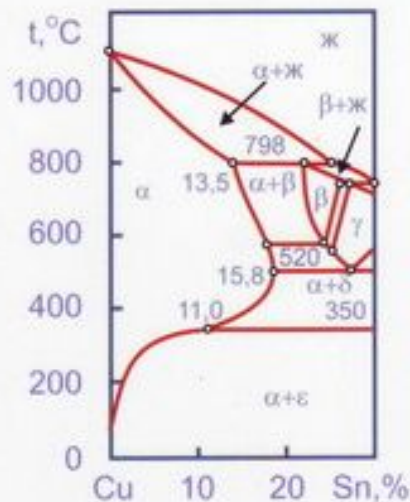
(Бронза **БрАЖ 9-4** содержит 9% **Al** и 4% **Fe**)

В марках литейных бронз содержание компонентов ставится сразу после буквы, обозначающей его название.

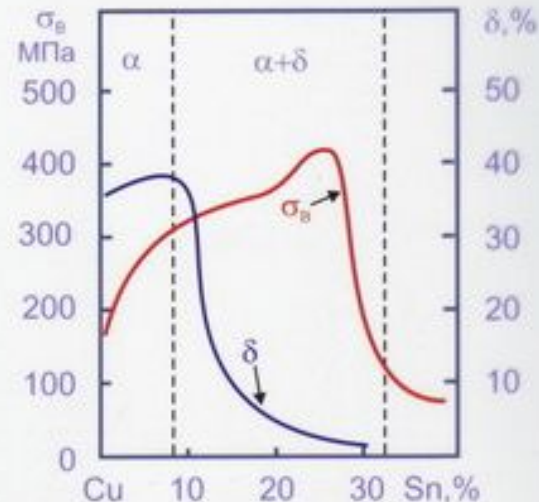
(Бронза **БрО5Ц5С5** содержит 5% **Sn**, 5%**Zn** и 5%**Pb**)

Оловянные бронзы

Диаграмма состояний
Cu-Sn



Влияние олова на свойства
сплавов



Оловянные бронзы

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Sn	Pb	Zn	другие		
Деформируемые бронзы						
БрОФ6,5-0,15	6,0-7,0	-	-	P 0,1-0,25	300	38
БрОФ6,5-0,4	6,0-7,0	-	-	P 0,26-0,40	400	65
БрОЦ4-3	3,5-4,0	-	2,7-3,3	-	350	40
БрОЦ4-4-2,5	3,0-5,0	1,5-3,5	3,0-5,0	-	325	40
Литейные бронзы						
БрО10Ф1	9,0-11,0	-	-	P 0,4-1,1	220	3
БрО5Ц5С5	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	-	180	4
БрО3Ц7С5Н1	3,5-4,0	3,0-6,0	6,0-9,5	Ni 0,5-2,0	210	5

Структура деформированной бронзы с 5 % Sn после рекристаллизации



x300

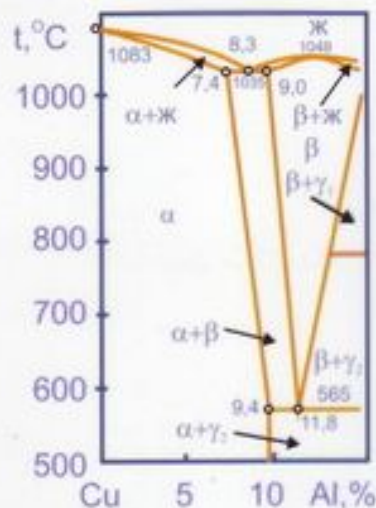
Структура литой бронзы с 10 % Sn



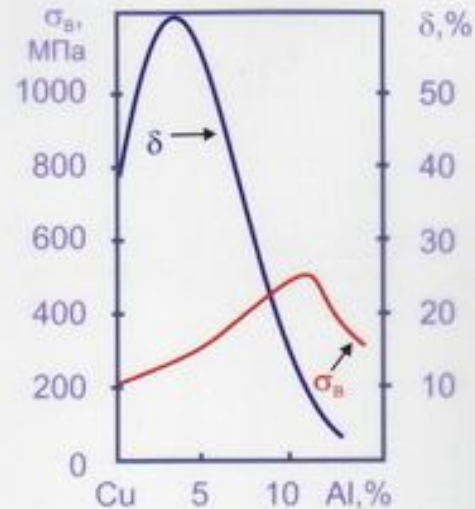
x250

Алюминиевые бронзы

Диаграмма состояний
Cu-Al



Влияние алюминия на свойства
сплавов

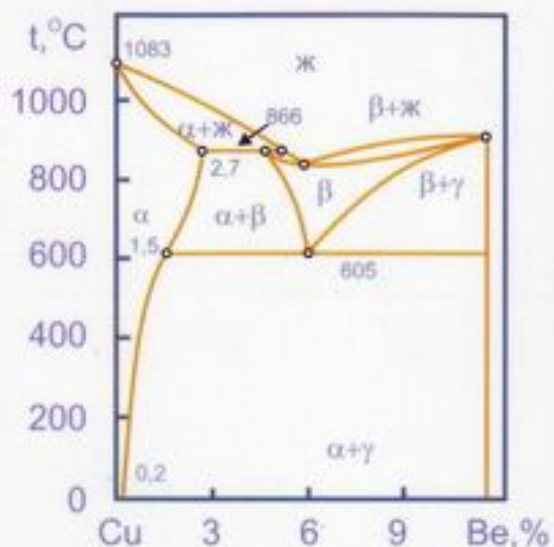


Состав и механические свойства бронз

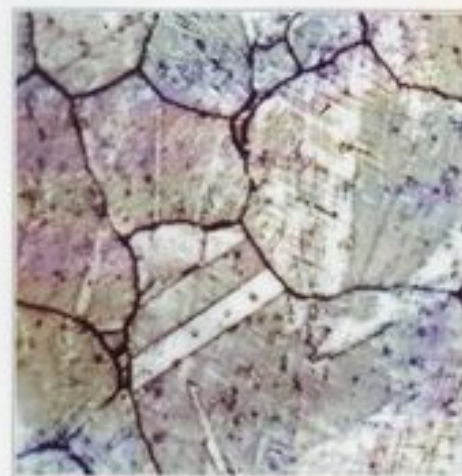
Марка сплава	Содержание, %			$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Al	Mn	Fe		
Деформируемые бронзы					
БрАЖ9-4	8,0-10,0	-	2,0-4,0	550	40
БрАЖМц10-5-1,5	9,0-11,0	1,0-2,0	2,0-4,0	600	20
Литейные бронзы					
БрА9ЖЗЛ	8,0-10,5	-	2,0-4,0	400	10
БрА10ЖЗМц2	9,0-11,0	1,0-3,0	2,0-4,0	400	10

Бериллиевые бронзы

Диаграмма состояний
Cu-Be



Структура бронзы БрБ2



x800

Состав и свойства бериллиевых бронз

Марка сплава	Содержание, %			Термическая обработка	$\sigma_{вт}$, МПа	δ , %
	Be	Ni	Ti			
БрБ2	1,9-2,2	0,2-0,5	-	Закалка от 760-780°C старение 320-350°C 2-5 часов	1150	4
БрБНТ1,7	1,6-1,85	0,2-0,4	0,1-0,25	Закалка от 760-780°C старение 320-350°C 2-5 часов	1000	5