

# Алюминий и алюминиевые сплавы

## Алюминий:

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

Механические свойства чистого алюминия:

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

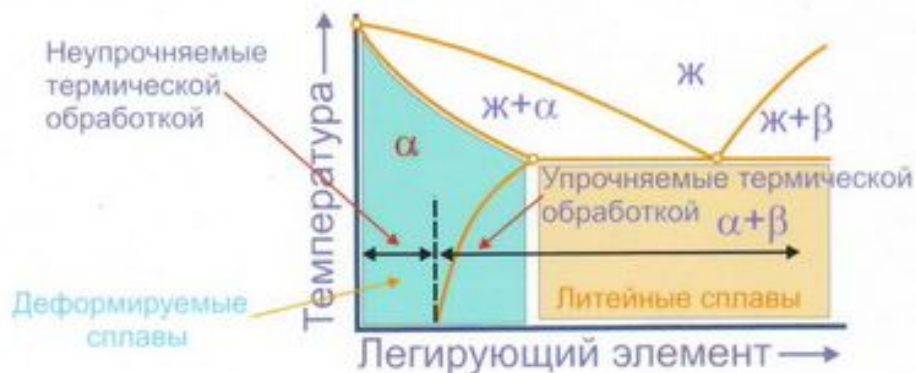
Маркировка первичного алюминия:

- *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

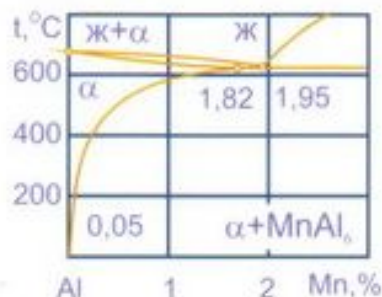
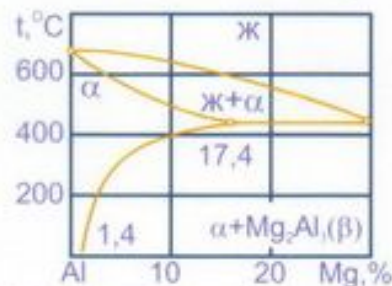
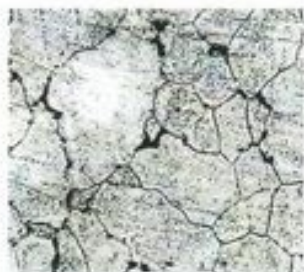


Диаграмма состояний  
системы Al-Mg



Структура  
сплава АМг



x200

Состав и механические свойства сплавов в отожженном состоянии

Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
	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
АМГ4	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

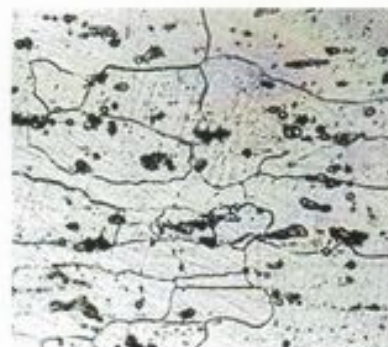
# Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

## 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	$\delta$ , %
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 $190^{\circ}\text{C}$ , 12ч	440	16
	прессованный профиль	Закалка от $495-505^{\circ}\text{C}$ + естественное старение (прессэффект)	530	11

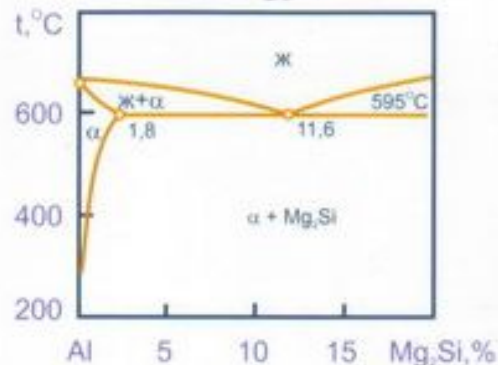
# Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

## 2. Сплавы системы *AL-Mg-Si* (авиали)

Основная фаза - упрочнитель -  $\beta$  ( $Mg_2Si$ )

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

Квазибинарный разрез  
Al-Mg<sub>2</sub>Si



Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полу-фабриката	Термическая обработка	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %
<b>АД31</b>	прессованный профиль	Закалка от <b>510-530°C</b> + естественное старение	170	22
		Закалка от <b>510-530°C</b> + старение 160-170°C, 12ч	240	12
<b>АВ</b>	лист	Закалка от <b>510-530°C</b> + старение 160-170°C, 12ч	330	14
	прессованный профиль	Закалка от <b>510-530°C</b> + старение 160-170°C, 12ч ( <b>прессэфект</b> )	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	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
	Si	Mg	Cu	Mn	Другие			
	<b>Система Al-Si</b>							
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
	<b>Система Al-Cu</b>							
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
	<b>Система Al-Mg</b>							
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/см<sup>3</sup>**;
- кристаллическая решетка -  
гранецентрированная кубическая.

## Механические свойства меди высокой чистоты:

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

## 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

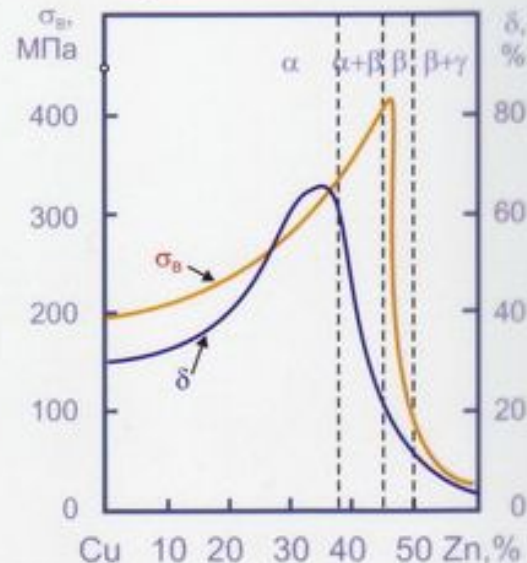
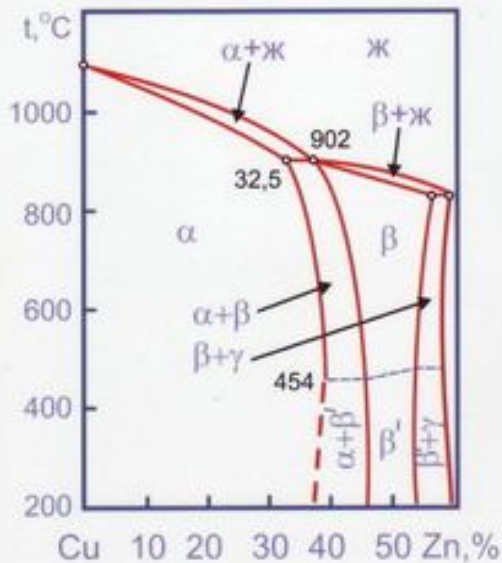
**Латуни** подразделяются по химическому составу на **двойные** и **многокомпонентные**, а по структуре на однофазные ( $\alpha$  - латуни) и двухфазные ( $\beta$  - латуни).

**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

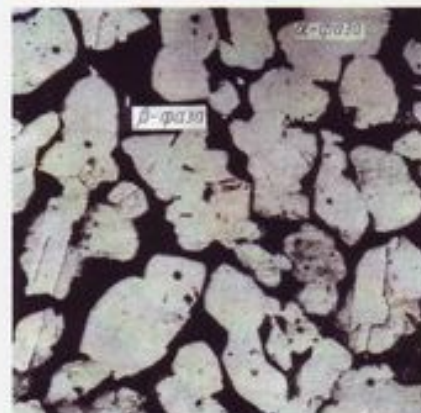
Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	Структура
	Cu	другие элементы			
<b>Деформируемые латуни</b>					
Л90	88,0 - 91,0	-	260	44	$\alpha$
Л68	67,0 - 70,0	-	330	56	$\alpha$
Л63	62,0 - 65,0	-	360	49	$\alpha$
ЛС59-1	57,0 - 60,0	Pb 0,8 - 1,9	420	40	$\alpha+\beta$
ЛЖМц59-1-1	57,0 - 60,0	Fe 0,6 - 1,2 Mn 0,5 - 0,8	450	50	$\alpha+\beta$
<b>Литейные латуни</b>					
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.

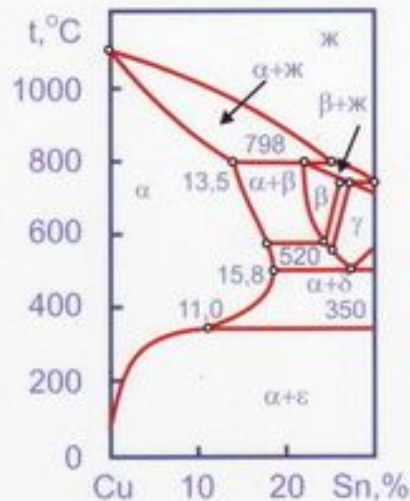
( Бронза **БрАЖ 9-4** содержит 9% **Al** и 4% **Fe**)

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

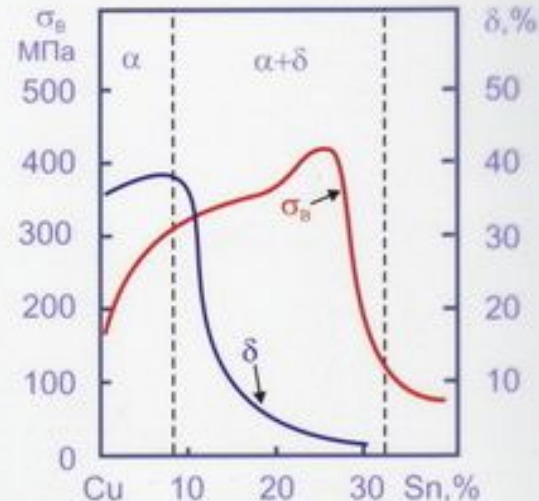
(Бронза **БрО5Ц5С5** содержит 5% **Sn**, 5%**Zn** и 5%**Pb**)

## Оловянные бронзы

Диаграмма состояний  
Cu-Sn



Влияние олова на свойства  
сплавов



# Оловянные бронзы

## Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %
	Sn	Pb	Zn	другие		
	<b>Деформируемые бронзы</b>					
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
	<b>Литейные бронзы</b>					
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

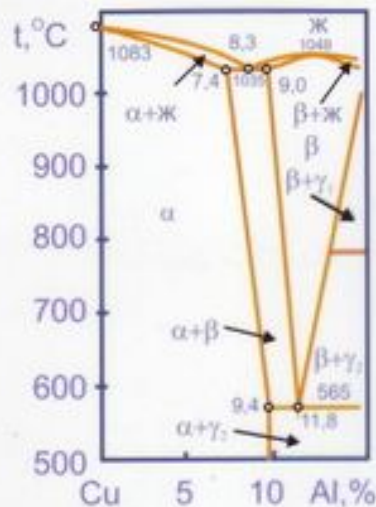
Структура литой бронзы с 10 % Sn



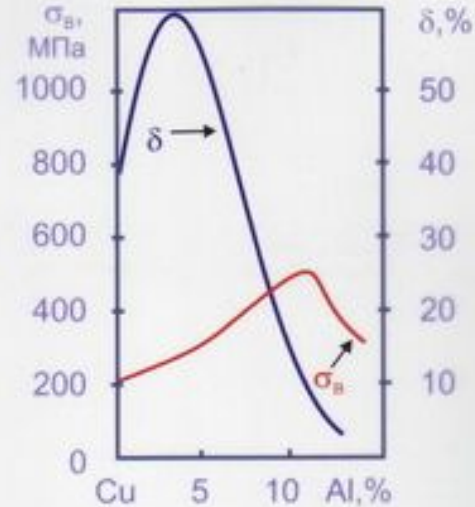
x250

# Алюминиевые бронзы

Диаграмма состояний  
Cu-Al



Влияние алюминия на свойства  
сплавов

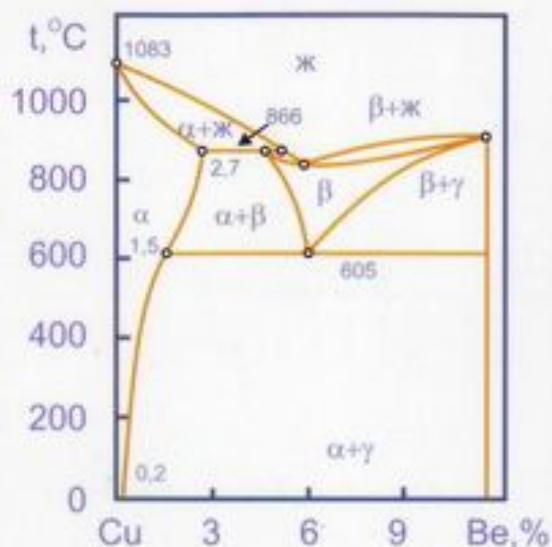


Состав и механические свойства бронз

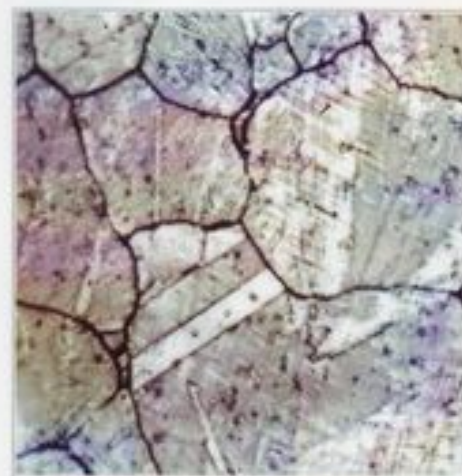
Марка сплава	Содержание, %			σ <sub>в</sub> , МПа	δ, %
	Al	Mn	Fe		
<b>Деформируемые бронзы</b>					
БрАЖ9-4	8,0-10,0	-	2,0-4,0	550	40
БрАЖМц10-5-1,5	9,0-11,0	1,0-2,0	2,0-4,0	600	20
<b>Литейные бронзы</b>					
БрА9ЖЗЛ	8,0-10,5	-	2,0-4,0	400	10
БрА10ЖЗМц2	9,0-11,0	1,0-3,0	2,0-4,0	400	10

# Бериллиевые бронзы

Диаграмма состояний  
Cu-Be



Структура бронзы БрБ2



x800

Состав и свойства бериллиевых бронз

Марка сплава	Содержание, %			Термическая обработка	$\sigma_{в\tau}$ , МПа	$\delta$ , %
	Be	Ni	Ti			
<b>БрБ2</b>	1,9-2,2	0,2-0,5	-	Закалка от 760-780°C старение 320-350°C 2-5 часов	1150	4
<b>БрБНТ1,7</b>	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