

**ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова
Кафедра технологии материалов и
материаловедения**

Цветные металлы и сплавы

- 1. Сплавы на основе меди**
- 2. Сплавы на основе алюминия**
- 3. Сплавы на основе титана**
- 4. Подшипниковые сплавы**

Подготовила доцент каф ТМиМ Богданова Н.В.

МЕДНЫЕ СПЛАВЫ.

- **Медь** – металл с ГЦК решеткой, высоким удельным весом (8,95 г/см³), температурой плавления 1083оС. Это пластичный материал с высокой электро- и теплопроводностью, низкой твердостью и прочностью. Обладает высокой коррозионной стойкостью

Медь широко применяют как основу конструкционных сплавов: латуней и бронз.

Латунь – двойной или многокомпонентный сплав меди, где основным легирующим элементом является цинк. Латунь подразделяют на **деформируемые** и **литейные** по способу получения заготовок и изделий.

Деформируемые отличаются меньшим количеством легирующих элементов и обладают высокой прочностью наряду с достаточной пластичностью. Из них изготавливают трубы, проволоку, профили, листы.

Литейные латуни применяются для получения отливок сложной формы литьем в земалю, кокиль, под давлением. Для усиления тех или иных свойств латуни помимо цинка легируют железом, оловом, марганцем, кремнием, алюминием, свинцом.

Деформируемые латуни от литейных легко отличить по маркировке: деформируемая ЛАЖ 60-1-1 (после буквы Л подряд начальные буквы русского названия легирующего элемента (кроме цинка), затем подряд идут группы цифр, указывающие процентное содержание меди и по порядку легирующих элементов (кроме цинка));

Литейная ЛЦ405Ж3 (после буквы Л идут начальные буквы русского названия легирующего элемента (начиная с цинка) и за буквой цифры, отражающие содержание этого элемента в процентах).

Бронзы – многокомпонентные сплавы меди с другими элементами, где цинк не является основным. Подразделяют бронзы аналогично латуням на **деформируемые** (БрОЦС 4-4-2,5) и **литейные** (БрО6Ц6С2). Отличия маркировки деформируемых и литейных бронз такие же как у латуней.

Медь и медные сплавы

Медь:

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

Механические свойства меди высокой чистоты:

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

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

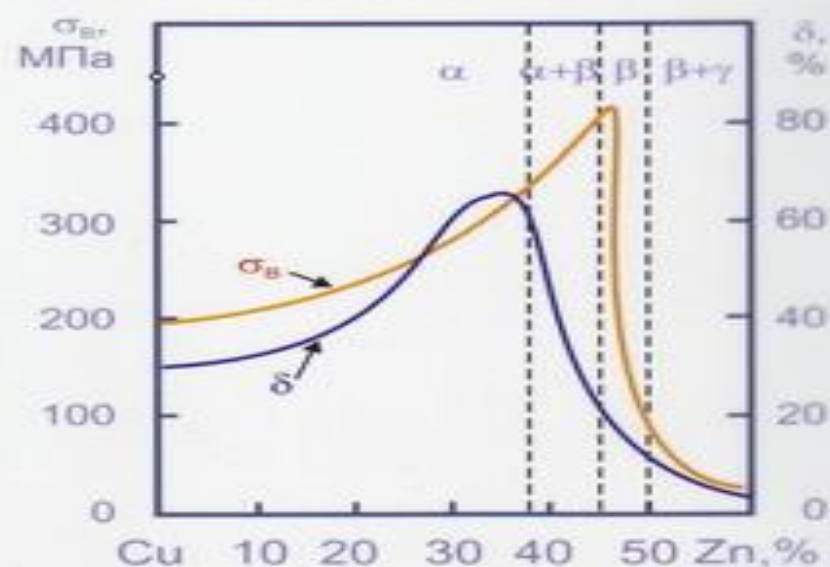
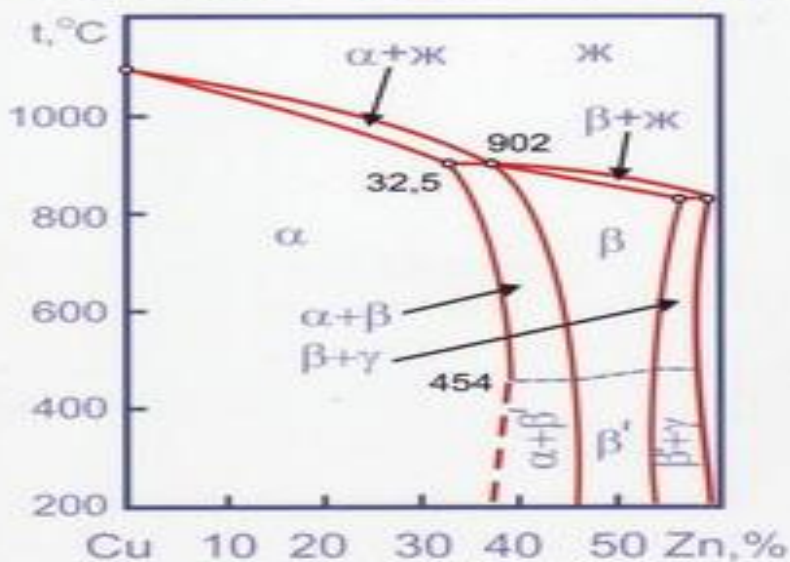
Латуни подразделяются по химическому составу на **двойные** и **многокомпонентные**, а по структуре на однофазные (α - латуни) и двухфазные (β - латуни).

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

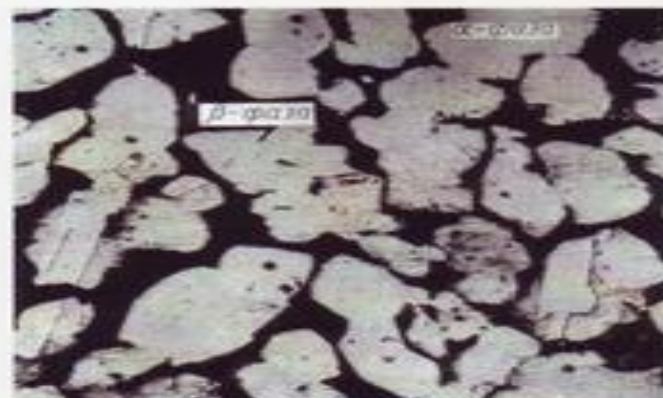
Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	Структура
	Cu	другие элементы			
	Деформируемые латуни				
Л90	88,0 - 91,0	-	260	44	α
Л68	67,0 - 70,0	-	330	56	α
Л63	62,0 - 65,0	-	360	49	α
ЛС59-1	57,0 - 60,0	Pb 0,8 - 1,9	420	40	$\alpha+\beta$
ЛЖМц59-1-1	57,0 - 60,0	Fe 0,6 - 1,2 Mn 0,5 - 0,8	450	50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

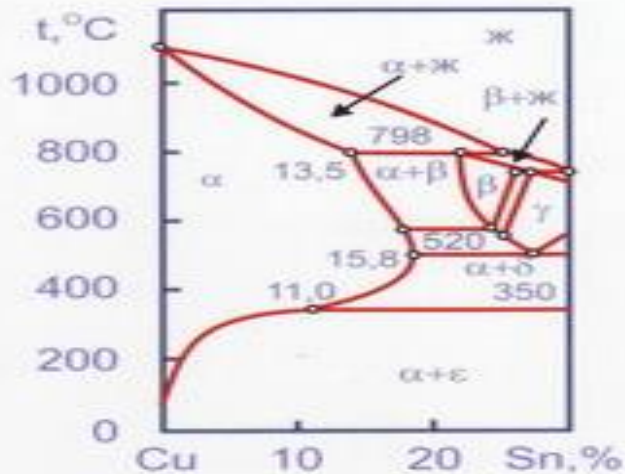
(Бронза **БрАЖ 9-4** содержит 9% **Al** и 4% **Fe**)

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

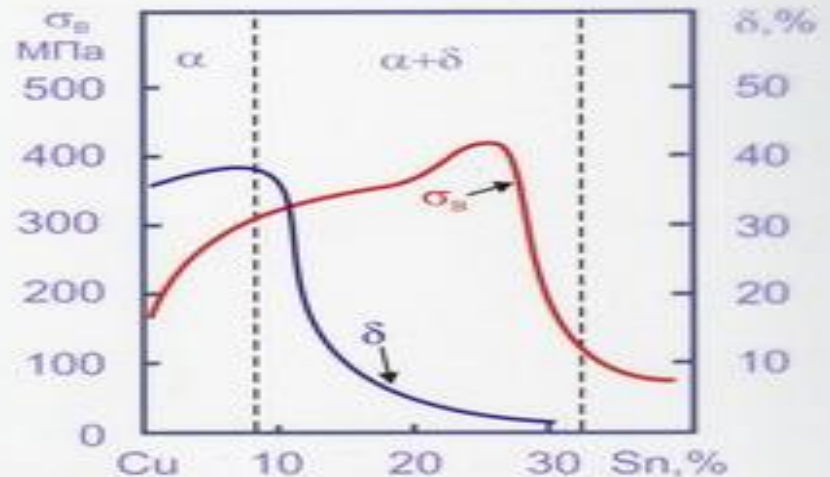
(Бронза **БрО5Ц5С5** содержит 5% **Sn**, 5%**Zn** и 5%**Pb**)

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
БрОЦС4-4-2,5	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

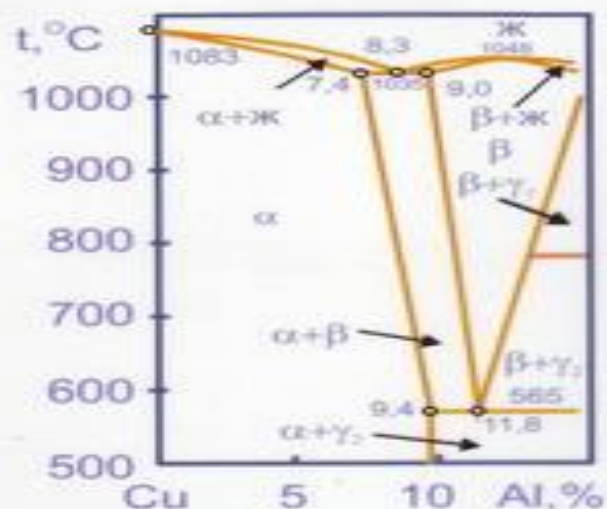
Структура литой бронзы с 10 % Sn



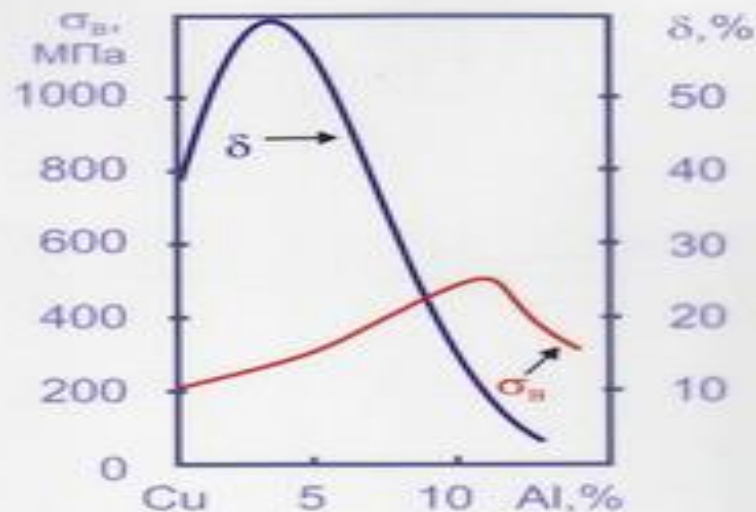
x250

Алюминиевые бронзы

Диаграмма состояний
Cu-Al



Влияние алюминия на свойства
сплавов

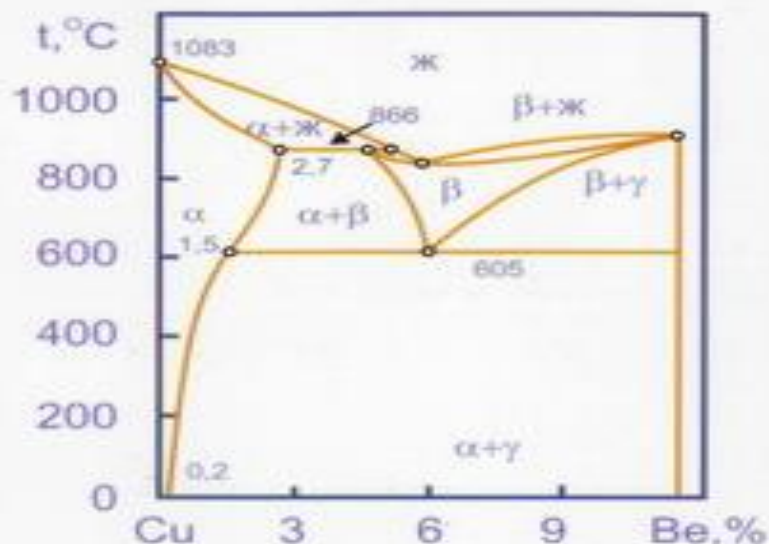


Состав и механические свойства бронз

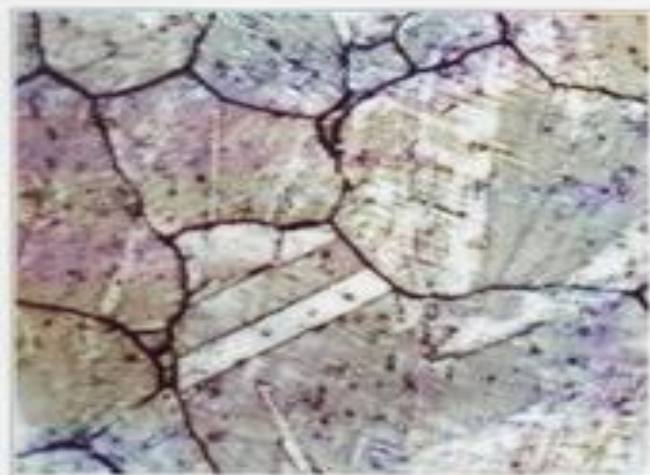
Марка сплава	Содержание, %			$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Al	Mn	Fe		
Деформируемые бронзы					
БрАЖ9-4	8,0-10,0	-	2,0-4,0	550	40
БрАЖМц10-5-1,5	9,0-11,0	1,0-2,0	2,0-4,0	600	20
Литейные бронзы					
БрА9ЖЗЛ	8,0-10,5	-	2,0-4,0	400	10
БрА10ЖЗМц2	9,0-11,0	1,0-3,0	2,0-4,0	400	10

Бериллиевые бронзы

Диаграмма состояний
Cu-Be



Структура бронзы БрБ2



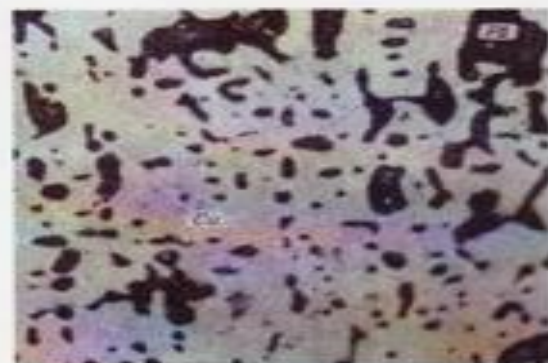
x800

Состав и свойства бериллиевых бронз

Марка сплава	Содержание, %			Термическая обработка	σ_B , 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

Свинцовые бронзы

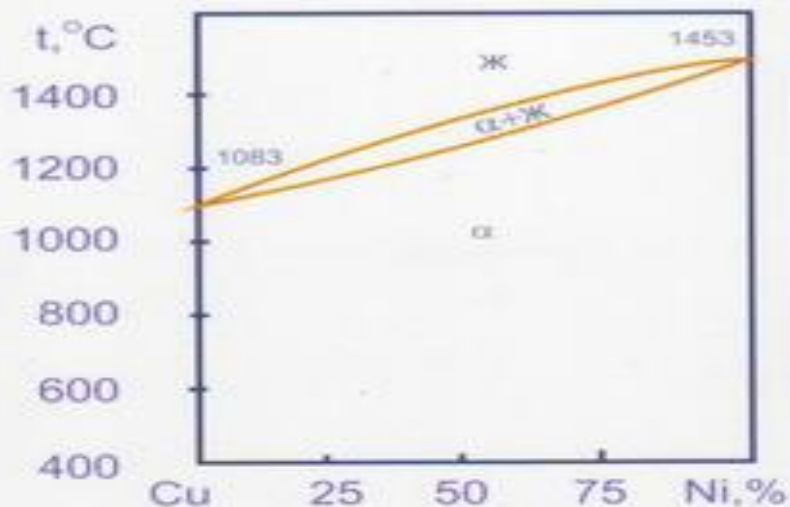
Марка сплава	Содержание, %		σ_B , МПа	δ , %
	Pb	Ni		
БрС30	27-33	-	60	4
БрСН60-2,5	57-63	2,25-2,75	30	5



x250

Медноникелевые сплавы

Диаграмма состояний
Cu - Ni



Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %		σ_B , МПа	δ , %
	Ni+Co	Zn		
МН19 мельхиор	18-20	-	400	35
МНЦ15-20 нейзильбер	13,5 - 16,5	18 - 22	415	40

АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ.

Алюминий – металл с ГЦК решеткой, низким удельным весом (2,7 г/м³) и температурой плавления 660оС. Обладает высокой электро- и теплопроводимостью, коррозионной стойкостью, пластичностью.

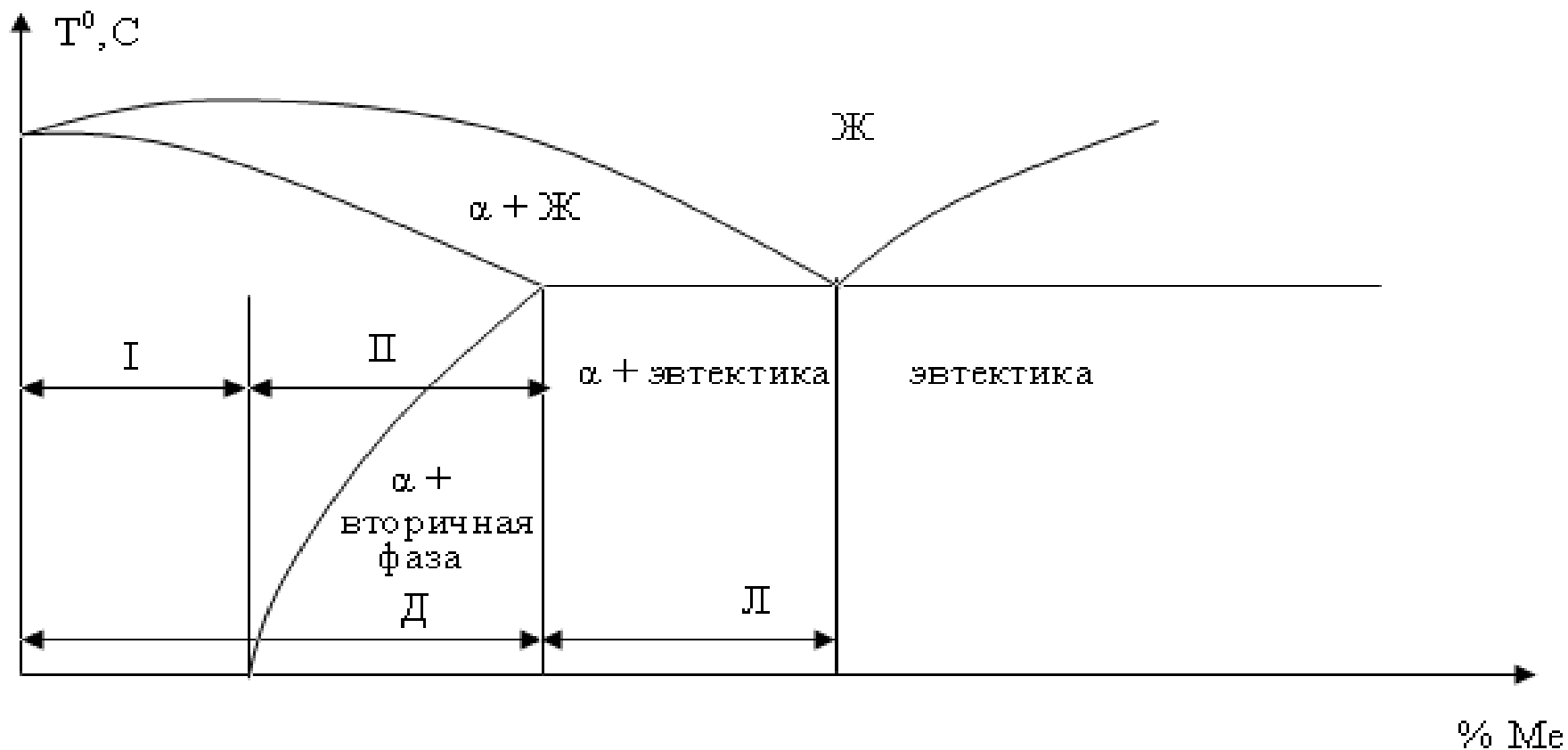
Сплавы на основе алюминия делятся на:

- Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой;
- Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой;
- Литейные алюминиевые сплавы.

Типовая диаграмма (схема) состояния системы Al – легирующий элемент (Me).

Д – деформируемые сплавы, Л – литейные.

I – деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой; II – деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой.



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:

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

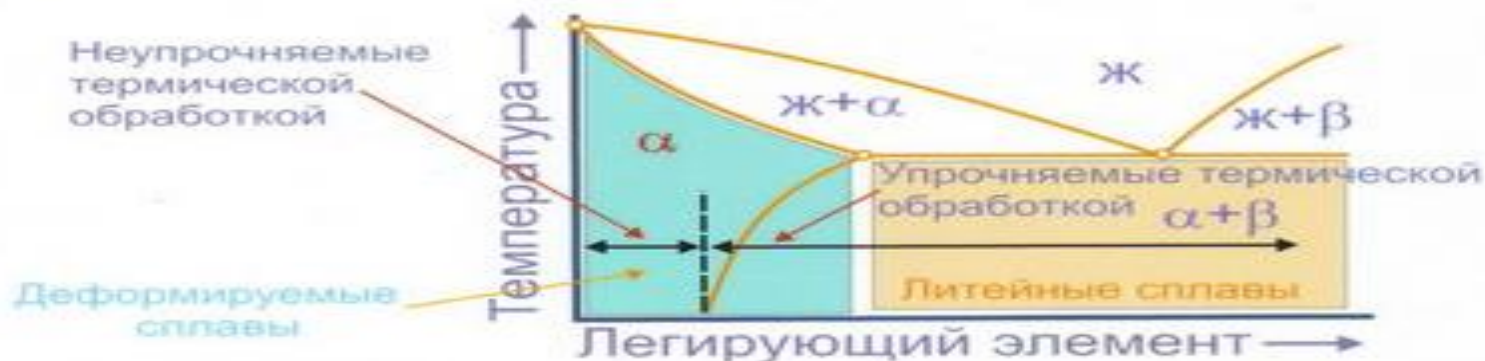
Маркировка первичного алюминия:

- *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:

- AD00** (99,7%Al), **AD0** (99,5%Al), **AD1** (99,3%Al), **AD** (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

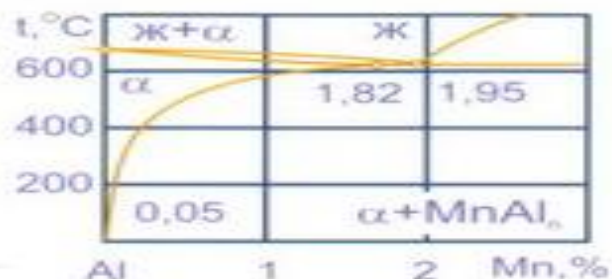
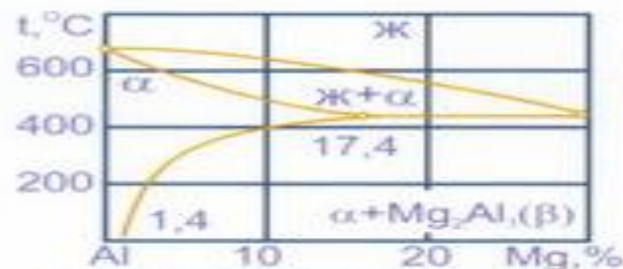


Диаграмма состояний системы Al-Mg



Структура сплава АМг



x200

Состав и механические свойства сплавов в отожженном состоянии

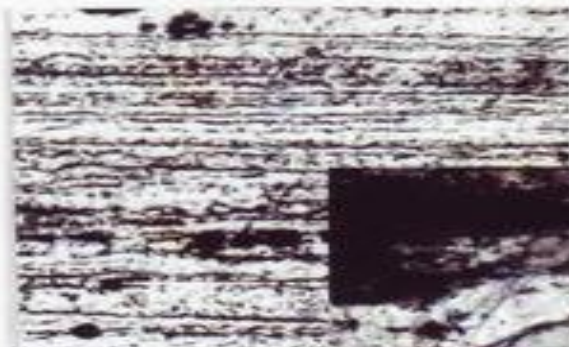
Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Mg	Mn		
АМц	<0,2	1,0-1,6	130	23
АМг1	0,7-1,6	<0,2	110	28
АМг2	1,8-2,6	0,3-0,6	200	23
АМГ4	3,2-3,8	0,3-0,6	220	23
АМГ5	4,8-5,8	0,3-0,8	300	20
АМГ6	5,8-6,8	0,5-0,8	340	18

Прессэффект при обработке деформируемых алюминиевых сплавов

Под **прессэффектом** понимают дополнительное повышение прочности вследствие сохранения при термической обработке нерекристаллизованной структуры, созданной горячим прессованием.

Сплав **Al-Zn-Mg** (горячекатанный лист)

После горячей деформации



X500

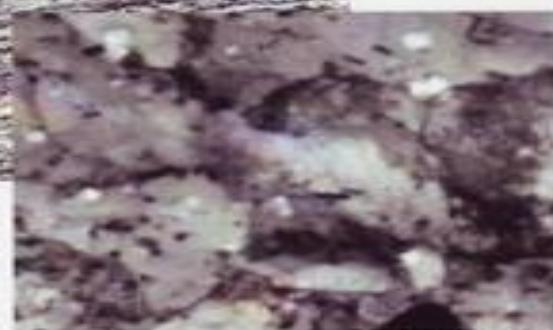


X14500

После закалки от 470°C и старения



X500



X14500

Свойства сплава после закалки от 470°C и старения 120°C, 12ч

- **рекристаллизованная структура:** $\sigma_{0.2} = 410$ МПа, $\sigma_B = 495$ МПа, $\delta = 15\%$
- **нерекристаллизованная структура (прессэффект):** $\sigma_{0.2} = 450$ МПа, $\sigma_B = 526$ МПа, $\delta = 13\%$

Проявлению прессэффекта способствует легирование небольшими добавками **Mn, Cr, Zr, Ti**.

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

1. 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 полу-фабриката	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 (прессэффekt)	530	11

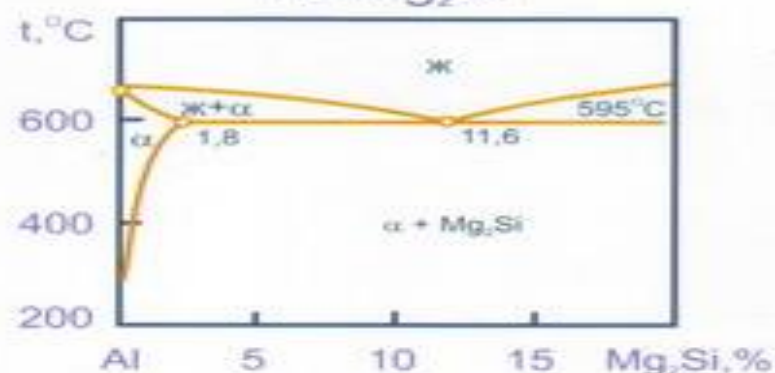
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

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 $Al-Mg_2Si$



Свойства сплавов

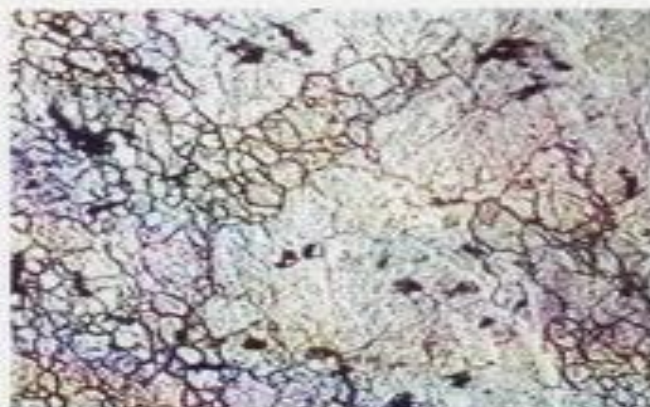
Марка сплава	Вид полу-фабриката	Термическая обработка	σ_B , МПа	δ , %
АД31	прессованный профиль	Закалка от 510-530°C + естественное старение	170	22
		Закалка от 510-530°C + старение 160-170°C, 12ч	240	12
АВ	лист	Закалка от 510-530°C + старение 160-170°C, 12ч	330	14
	прессованный профиль	Закалка от 510-530°C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

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

3. Сплавы системы *AL-Mg-Si-Cu* (ковочные)

Основные фазы - упрочнители: W ($Cu_2Mg_8Si_6Al_5$), θ ($CuAl_2$), β (Mg_2Si)

Структура сплава АК6



x300

Марка сплава	Содержание, %			
	Cu	Mg	Mn	Si
АК6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2
АК8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-1,0	0,6-1,2

Свойства сплавов

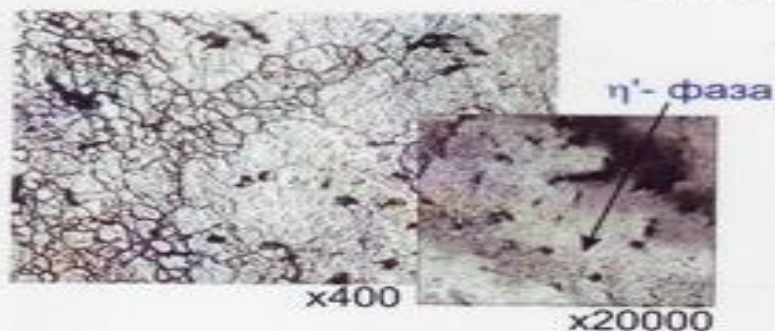
Марка сплава	Вид полу-фабриката	Термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
АК6	поковки	Закалка от $505-525^{\circ}C$ + старение $160^{\circ}C$, 10-15ч	400	12
АК8	поковки	Закалка от $495-505^{\circ}C$ + старение $160^{\circ}C$, 10-15ч	480	9

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

4. Сплавы системы **AL-Zn-Mg-Cu (высокопрочные)**
 Основные фазы - упрочнители: $\eta(\text{MgZn}_2)$, $T(\text{Al}_2\text{Zn}_3\text{Mg}_3)$, $S(\text{CuMgAl}_2)$.

Структура горячедеформированного сплава В95 после закалки и старения

Марка сплава	Содержание, %			
	Cu	Mg	Mn	Zn
В95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	5,0-7,0
В96	2,3	2,7		8,5



Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полуфабриката	Термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
В95	прессованный профиль	Закалка от 460-470°C + старение 120-140°C, 15-25ч	600	8
	листы	Закалка от 460-470°C + старение 100-120°C, 3-10ч +160-170°C, 8-10 ч	470	12
В96	штамповка	Закалка от 460-470°C + старение 120-140°C, 15-25ч	670	7

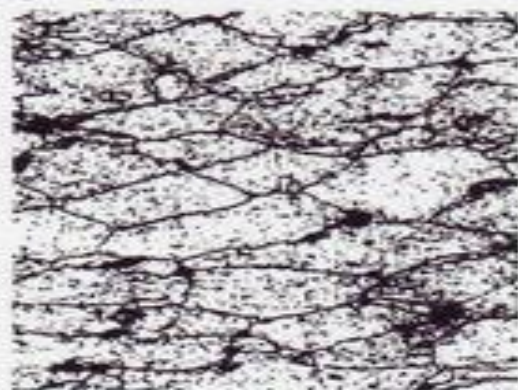
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

5. Сплавы системы *Al-Mg-Li-Zr*

Основная фаза упрочнитель : $\delta(\text{LiAl}_3)$

Марка сплава	Содержание, %			
	Mg	Li	Zr	Sc
01420	5-6	1,9-2,3	0,09-0,15	-
01421	5-6	1,9-2,3	0,09-0,15	0,14-0,21

Структура сплава 01420



x250

Свойства сплава

Марка сплава	Вид полу-фабриката	Термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
01420	листы	Закалка от 450°C + старение 120°C , 12-24ч	440	12
01421	листы	Закалка от 450°C + старение 120°C , 12-24ч	450	6

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

Литейные алюминиевые сплавы

Сплавы системы Al-Si (силумины)

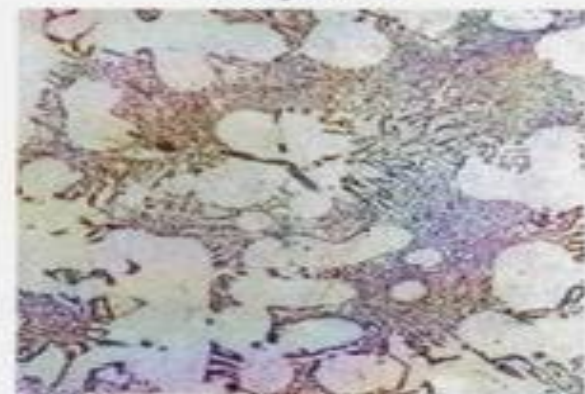
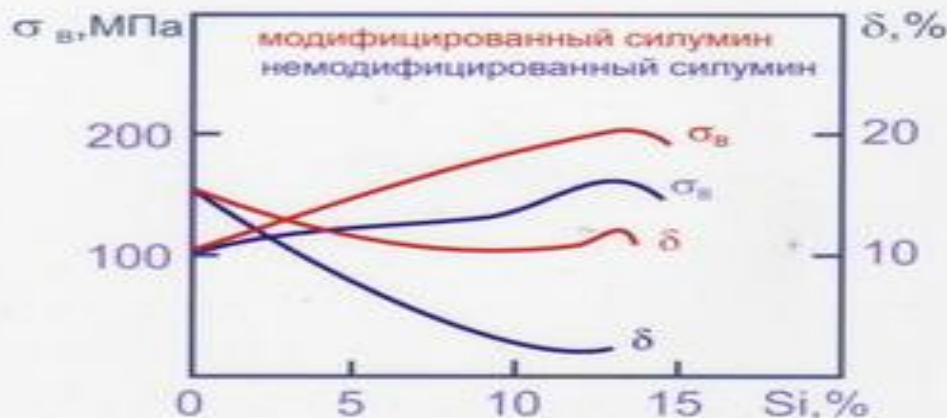
Диаграмма состояний Al-Si и влияние кремния на структуру и механические свойства сплавов



немодифицированный силумин



модифицированный силумин



x200

Титан и титановые сплавы

Титан:

- температура плавления - **1668°C**;
- плотность при 20°C - **4,5 г/см³**;

Имеет полиморфное превращение: $Ti_{\alpha} \Leftrightarrow Ti_{\beta}$
выше 882°C - Ti_{β} с объёмноцентрированной кубической решеткой **ОЦК**;
ниже 882°C - Ti_{α} с гексагональной плотноупакованной решеткой **ГП**

Механические свойства чистого титана:

$$\sigma_B = 250 \text{ МПа}, \delta = 50 \text{ \%};$$

Маркировка титана: **BT1-00** (99,53 % Ti),
BT1-0 (99,46 % Ti)

При быстром охлаждении с температур, превышающих 882°C, может происходить мартенситное превращение (с образованием игольчатой структуры).

Микроструктура технического титана



После отжига x100



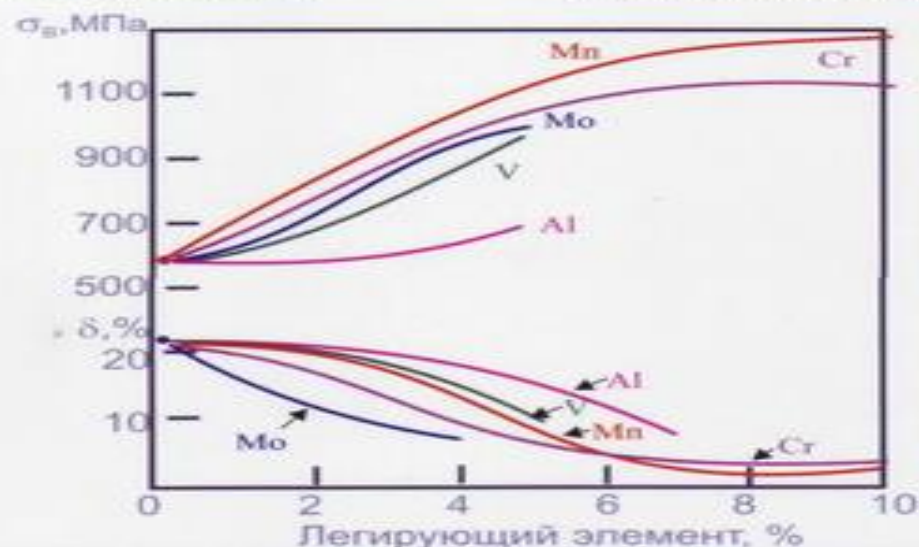
После быстрого охлаждения x300

Влияние легирующих элементов на полиморфизм титана

Классификация легирующих элементов



Влияние легирующих элементов на механические свойства титана



Деформируемые титановые сплавы

Маркировка:

буквы **ВТ** или **ОТ**, за которыми следует **число**, обозначающее условный номер сплава.

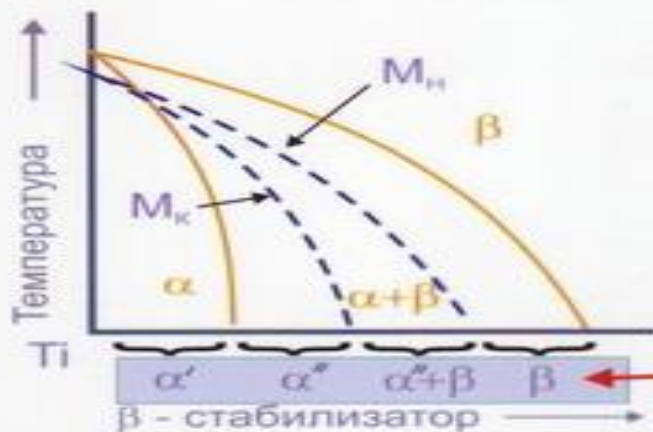
Классификация сплавов:

- α - сплавы;
- псевдо α - сплавы, содержащие до 5 % β - фазы;
- $(\alpha+\beta)$ - сплавы;
- β - сплавы.

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				Термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Al	V	Mo	другие			
ВТ5-1	4,0-6,0	α - сплавы			отжиг 800-850 °С	780	10
		-	-	Sn 2,0-3,0			
		Псевдо α - сплавы			отжиг 740-760 °С	680	11
ОТ4-1	3,5-5,0	-	-	Mn 0,8-2,0			
ВТ20	5,5-7,5	0,8-1,8	0,5-2,0	Zr 1,5-2,5	отжиг 700-800 °С	960	8
		$(\alpha+\beta)$ - сплавы			закалка 900-950°С старение 450-550°С	1050	10
ВТ6	5,5-7,0	4,2-6,0	-	-			
ВТ14	5,6-6,3	0,9-1,9	2,5-3,8	-			
ВТ20	4,5-5,9	4-5,5	4-5,5	Cr 0,5-2,0	закалка 700-760°С старение 500-660°С	960	10

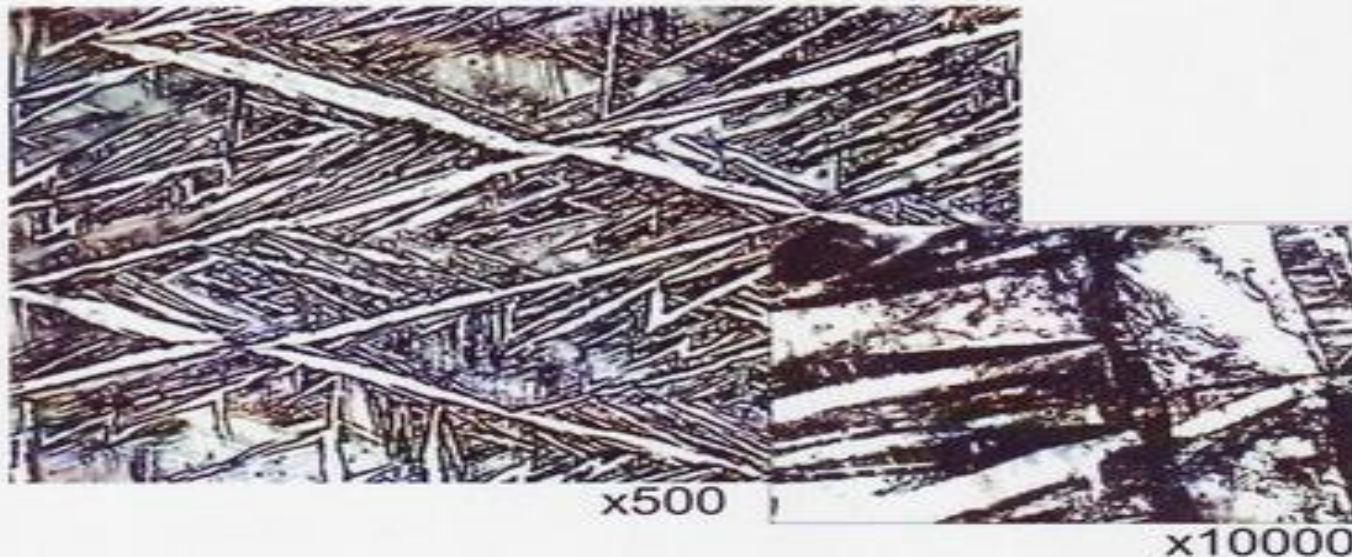
Деформируемые титановые сплавы



Мартенситные фазы:
 α' - с гексагональной
решеткой;
 α'' - с ромбической
решеткой.

Структура после
заковки из β -области

Структура сплава с α' - мартенситом



Литейные титановые сплавы

Маркировка литых сплавов такая же, как и деформируемых, но в конце маркировки ставят букву **Л**.

В литых сплавах допускается большее содержание примесей, чем в деформируемых.

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				Термическая обработка	σ_B , МПа	δ , %
	Al	V	Mo	другие			
BT5Л	4,1-6,2	-	-	-	отжиг 800-850°C, охл. на воздухе	700	6
BT20Л	5,5-7,5	0,8-1,8	0,5-2,0	Zr 1,5-2,5	отжиг 700-800°C, охл. на воздухе	930	8
BT6Л	5,0-6,5	3,5-4,5	-	-	закалка от 900-950°C старение 450-550°C	850	5
BT14Л	4,3-6,3	0,9-1,9	3,5-3,8	-	отжиг 740-760°C	880	5

Подшипниковые сплавы

- **Баббит** — антифрикционный [сплав](#) на основе [олова](#) или [свинца](#), предназначенный для использования в виде слоя, залитого или [напыленного](#) по корпусу вкладыша [подшипника](#).
- Наиболее распространённые варианты сплава:
 - 90 % олова, 10 % меди;
 - 89 % олова, 7 % сурьмы, 4 % меди;
 - 80 % свинца, 15 % сурьмы, 5 % олова;
- В качестве присадок могут быть использованы: [сурьма](#), [медь](#), [никель](#), [мышьяк](#), [кадмий](#), [теллур](#), [кальций](#), [натрий](#), [магний](#).
- [Температура плавления](#) — 300—440 °С.
- Первый подшипниковый сплав^[1] разработан американцем [Исааком Бэббитом](#)^[2] в [1839 году](#).
- Баббит, основу которого составляет олово (Б88, Б83, Б83С, SAE11, SAE12, ASTM2), используют, когда от антифрикционного материала требуются повышенная [вязкость](#) и минимальный [коэффициент трения](#). Оловянный баббит по сравнению со свинцовым обладает более высокой [коррозионной стойкостью](#), [износостойкостью](#) и [теплопроводностью](#).
- Баббиты на основе свинца (Б16, БН, БСб, БКА, БК2, БК2Ш, SAE13, SAE14, ASTM7, SAE15, ASTM15) обладают более высокой рабочей температурой, чем на основе олова. Применяется для подшипников [дизельных двигателей](#), [прокатных станков](#).
- Свинцовокальциевый баббит используют в подшипниках подвижного состава [железнодорожного транспорта](#).
- Все баббиты имеют существенный недостаток — низкое [сопротивление усталости](#), что ухудшает работоспособность подшипника. Из-за небольшой прочности баббиты могут успешно эксплуатироваться только в подшипниках, имеющих прочный стальной (чугунный) или бронзовый корпус. Обычно тонкостенные подшипниковые вкладыши автомобильных двигателей изготавливают штамповкой из биметаллической ленты, полученной на линии непрерывной заливки. Продолжительность работы подшипников зависит от толщины баббитового слоя, залитого на стальной вкладыш. Уменьшение толщины слоя увеличивает срок службы подшипника.

Способность материала обеспечивать низкий коэффициент трения скольжения и тем самым низкие потери на трение и малую скорость изнашивания сопряженной детали называется ...

антифрикционностью

- **Требования к сплавам.**
- Антифрикционные сплавы предназначены для повышения долговечности трущихся поверхностей машин и механизмов. Трение происходит в подшипниках скольжения между валом и вкладышем подшипника. Поэтому для вкладыша подшипника подбирают такой материал, который предохраняет вал от износа, сам минимально изнашивается, создает условия для оптимальной смазки и уменьшает коэффициент трения. Исходя из этих требований, антифрикционный материал представляет собой сочетания достаточно прочной и пластичной основы, в которой имеются оперные (твердые) включения. При трении пластичная основа частично изнашивается, а вал опирается на твердые включения. В этом случае трение происходит не по всей поверхности подшипника, а смазка удерживается в изнашивающихся местах пластичной основы.
- Антифрикционными сплавами служат сплавы на основе олова, свинца, меди или алюминия, обладающие специальными антифрикционными свойствами (см. табл.). Антифрикционные свойства сплавов проявляются при трении в подшипниках скольжения. Это в первую очередь, низкий коэффициент трения, хорошая прирабатываемость к сопрягаемой детали, высокая теплопроводность, способность удерживать смазку и др. Из антифрикционных сплавов наиболее широко применяют баббит, бронзу, алюминиевые сплавы, чугун и металлокерамические материалы.
- Антифрикционные сплавы хорошо прирабатываются в парах трения благодаря мягкой основе — олову, свинцу или алюминию. Более твердые металлы (цинк, медь, сурьма), вкрапленные в мягкую основу, способны выдерживать большие нагрузки. После приработки и частичной деформации мягкой основы в ней образуются углубления, способные удерживать смазку, необходимую для нормальной работы пары.
-

Подшипниковые сплавы

- **Марки баббита**
- **Баббит (Б-83)** — сплав, состоящий из следующих элементов: Sn (83 %); Sb (11 %); Cu (6 %) — для подшипников, работающих при средних нагрузках. Допустимое рабочее давление [Pm]: 10-15 МПа.
- **Баббит (СОС6)** — сплав, состоящий из следующих элементов: Zn (5,5-6,5 %); Sb (5,5-6,5 %); Pb (остальное) — подшипники, работающие при высоких нагрузках (более 20 МПа) и температуре более 300 градусов, подшипники автомобильных дизельных двигателей.

- **Баббиты (подшипниковые сплавы)**
- **Баббиты** - белые легкоплавкие антифрикционные сплавы на основе олова или свинца. Применяются для заливки вкладышей подшипников скольжения различных машин. Основные требования, предъявляемые к антифрикционным сплавам, определяются условиями работы вкладыша подшипника. Антифрикционные сплавы должны иметь высокую износостойкость и малый коэффициент трения между валом и подшипником; достаточную пластичность для лучшей прирабатываемости к поверхности вала; твердость, достаточную для вкладыша как опоры вала, но не вызывающую сильного износа самого вала; обладать микрокапиллярностью, т.е. способностью удерживать смазочные материалы. Указанные требования обеспечиваются неоднородной структурой антифрикционных сплавов, состоящей из мягкой основы с равномерно распределенными в ней твердыми включениями. При вращении вал опирается на твердые частицы, обеспечивающие износостойкость и способность воспринимать сравнительно высокие удельные давления, а мягкая основа, изнашиваясь быстрее, прирабатывается к валу и образует сеть каналов (микрорельеф), удерживающих смазочный материал.

Подшипниковые сплавы

- **Баббиты** - наиболее старые (с 1839г.) и широко применяемые до настоящего времени антифрикционные легкоплавкие беззадирные пластичные гетерогенные сплавы на основе олова и свинца с более твердыми включениями (медь, сурьма, никель и др.). Используются для изготовления подшипников. Пластичная основа (олово, свинец) обеспечивает равномерное прилегание и прирабатываемость подшипника к валу, а твердые включения служат ему непосредственной опорой, обеспечивая небольшое трение и износ.
- Марки баббитов: Б-16, Б-83
-
- Баббиты оловянные и свинцовые в чушках ГОСТ 1320-74 - специальные легкоплавкие подшипниковые сплавы. В их строении всегда есть мягкая основа и твердые включения. Баббиты бывают оловянные (сплав олова с сурьмой и медью), свинцовые (сплав свинца с сурьмой, медью и оловом), кальциевые (сплав свинца с кальцием и натрием).
- Баббиты изготавливаются в виде чушек и в зависимости от химического состава различают следующие марки: Б-88, Б-83, Б-16, БН. Марки и химический состав баббитов указан в таблице 3.
- Применяются баббиты при производстве моторно-осевых подшипников электровозов, деталей паровозов и оборудования тяжелого машиностроения; подшипников, работающих при больших скоростях и средних нагрузках.
- Химический состав баббита чушкового оловянного и свинцового по ГОСТ 1320-74 указан в таблице 3.

Химический состав баббита чушкового оловянного и свинцового по ГОСТ 1320-74

марка баббита	основные компоненты						
	олово	сурьма	медь	кадмий	никель	мышьяк	свинец
Б-88	остальное	7.3-7.8	2.5-3.5	0.8-1.2	0.15-0.25	-	-
Б-83	остальное	10.0-12.0	5.5-6.5	-	-	-	-
Б-16	15.0-17.0	15.0-17.0	1.5-2.0	-	-	-	-
БН	9.0-11.0	13.0-15.0	1.5-2.0	0.1-0.7	0.1-0.5	0.5-0.9	остальное

Антифрикционные сплавы.

Материал	Марка	Условия применения		Назначение
		Давление, Мпа	Окружная скорость, м/с	
Баббит	Б88	20	50	Подшипники быстроходных дизелей
	БС6	15	—	Подшипники автотракторных двигателей
Бронза	БрОЦС5-5-5	8	3	Подшипники электродвигателей центробежных насосов
Латунь	ЛМцЖ52-4-1	4	2	Подшипники рольгангов, конвейеров, редукторов
Чугун	АЧС-1	25	5	Для работы с закаленным или нормализованным
	АЧС-5	20	1,2	
	АЧВ-1	20	1,0	
	АЧК-1	20	2,0	С термически необработанным валом (в стадии поставки)
	АЧС-3	6	0,75	
	АЧК-2	12	1,0	
Металлокерамика	Бронзографит	12-18 0,8-1,2	0,1 4,0	Подшипники конвейеров сельскохозяйственных и других машин; подшипники, работающие в местах труднодоступных для подачи смазки
	Железографит	15 0,6-1,0	0,1 4,0	

- **Баббиты** — антифрикционные материалы на основе олова или свинца. Их применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения, работающих при больших окружных скоростях и при переменных и ударных нагрузках. По химическому составу баббиты классифицируют на три группы: оловянные (Б83, Б88), оловянно-свинцовые (БС6, Б16) и свинцовые (БК2, БКА). Последние не имеют в своем составе олова.
- Лучшими антифрикционными свойствами обладают оловянные баббиты. Микроструктура оловянно-сурьмяномедного баббита Б83 состоит из мягкой основы, представляющей собой твердый раствор на базе олова. Твердыми частицами являются кубические включения SnSb и игольчатые кристаллы включений Cu_3Sn .
- Баббиты на основе свинца имеют несколько худшие антифрикционные свойства, чем оловянные, но они дешевле и менее дефицитны. Свинцовые баббиты применяют в подшипниках, работающих в легких условиях. В марках баббитов цифра показывает содержание олова. Например, баббит БС6 содержит по 6% олова и сурьмы, остальное — свинец.
- Для оловянных и оловянно-фосфористых бронз характерны высокие антифрикционные свойства: низкий коэффициент трения, небольшой износ, высокая теплопроводность, что позволяет подшипникам, изготовленным из этих материалов, работать при высоких окружных скоростях и нагрузках.
- Алюминиевые бронзы, используемые в качестве подшипниковых сплавов, отличаются большой износостойкостью, но могут вызвать повышенный износ вала. Их применяют вместо оловянных и свинцовых баббитов и свинцовых бронз.
- Свинцовые бронзы в качестве подшипниковых сплавов могут работать в условиях ударной нагрузки.
- Латунни по антифрикционным свойствам уступают бронзам. Их используют для подшипников, работающих при малых скоростях и умеренных нагрузках.
- Из-за дефицитности олова и свинца применяют сплавы на менее дефицитной основе, например алюминиевые сплавы. Алюминиевые сплавы обладают хорошими антифрикционными свойствами, высокой теплопроводностью, хорошей коррозионной стойкостью в масляных средах и достаточно хорошими механическими и технологическими свойствами. Их применяют в виде тонкого слоя, нанесенного на стальное основание, т. е. в виде биметаллического материала. В зависимости от химического состава различают две группы сплавов.
- Сплавы алюминия с сурьмой, медью и другими элементами, которые образуют твердые фазы в мягкой алюминиевой основе. Наибольшее распространение получил сплав АСМ, содержащий сурьму (до 6,5%) и магний (0,3—0,7%). Этот сплав хорошо работает при высоких нагрузках и больших скоростях в условиях жидкостного трения. Сплав АСМ широко применяют для изготовления вкладышей подшипников коленчатого вала двигателей тракторов и автомобилей.
- Сплавы алюминия с оловом и медью, например АО20-1 (20% олова и до 1,2% меди) и А09-2 (9% олова и 2% меди). Они хорошо работают в условиях сухого и полужидкого трения и по антифрикционным свойствам близки к баббитам. Их используют для производства подшипников в автомобилестроении, транспортном и общем машиностроении.
- Для работы в подшипниковых узлах трения применяют специальные антифрикционные чугуны. Изготавливают три типа