

# Сплавы цветных металлов

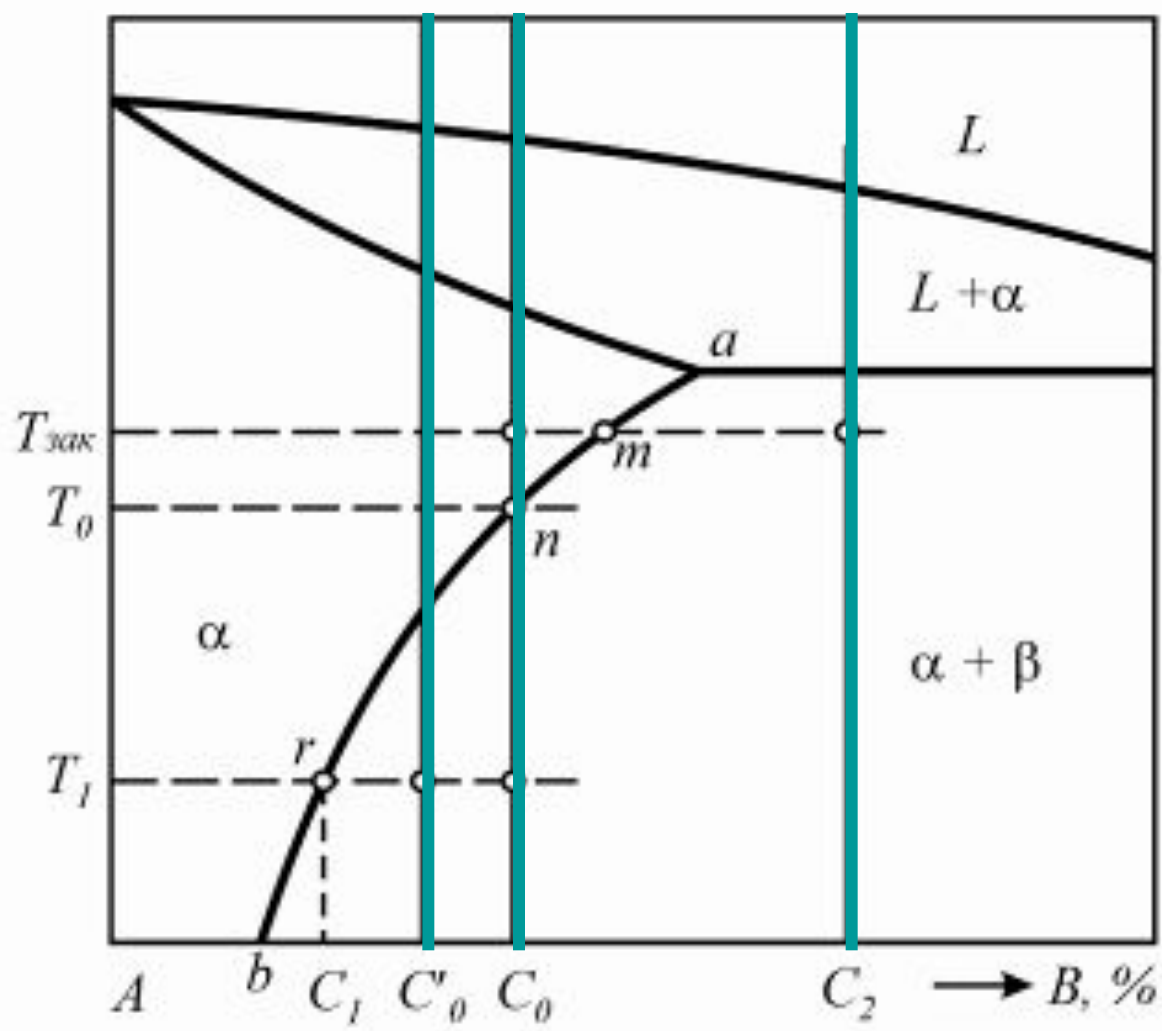
Лекция (6 часов)

Часть 1. Легкие сплавы

Металл	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, С	Примечания
<b>Титан Titanium (Ti)</b>	<b>4.50</b>	<b>1667</b>	<b>Высокая температура плавления Tm, Хорошее сопротивление ползучести</b>
Итрий Yttrium.	<b>4.47</b>	1510	Высокая прочность и пластичность; Редкий
Барий Barium	<b>3.50</b>	729	
Скандий Scandium.	<b>2.99</b>	1538	Редкий
<b>Алюминий Aluminium</b>	<b>2.70</b>	<b>660</b>	
Стронций Strontium	<b>2.60</b>	770	Легко взаимодействует с водой и воздухом
Цезий Caesium	<b>1.87</b>	28.5	Легкоплавкий; крайне легко взаимодействует; с водой и воздухом
Бериллий Beryllium	<b>1.85</b>	1287	Трудно обрабатываемый, очень токсичный
<b>Магний Magnesium</b>	<b>1.74</b>	<b>649</b>	
Кальций Calcium	<b>1.54</b>	839	взаимодействует с водой и воздухом
Рубидий Rubidium	<b>1.53</b>	39	Легкоплавкий ; крайне легко взаимодействует с водой и воздухом
Натрий Sodium	<b>0.97</b>	38	
Калий Potassium	<b>0.86</b>	63	
Литий Lithium	<b>0.53</b>	181	

<b>Сплав ы</b>	<b>Плотность, г/см<sup>3</sup></b>	<b>Модуль упругости E (ГПа)</b>	<b>Предел текучес ти <math>\sigma_B</math> (МПа)</b>	<b>E/<math>\rho</math></b>	<b><math>\sigma_B / \rho</math></b>	<b>Жаропрочность до (°C)</b>
<b>Al</b>	<b>2.7</b>	<b>71</b>	<b>25–600</b>	<b>26</b>	<b>9–220</b>	<b>150–250</b>
<b>Mg</b>	<b>1.7</b>	<b>45</b>	<b>70–270</b>	<b>25</b>	<b>41–160</b>	<b>150–250</b>
<b>Ti</b>	<b>4.5</b>	<b>120</b>	<b>170–1280</b>	<b>27</b>	<b>38–280</b>	<b>400–600</b>
<b>Стали</b>	7.9	210	220–1600	27	28–200	400–600

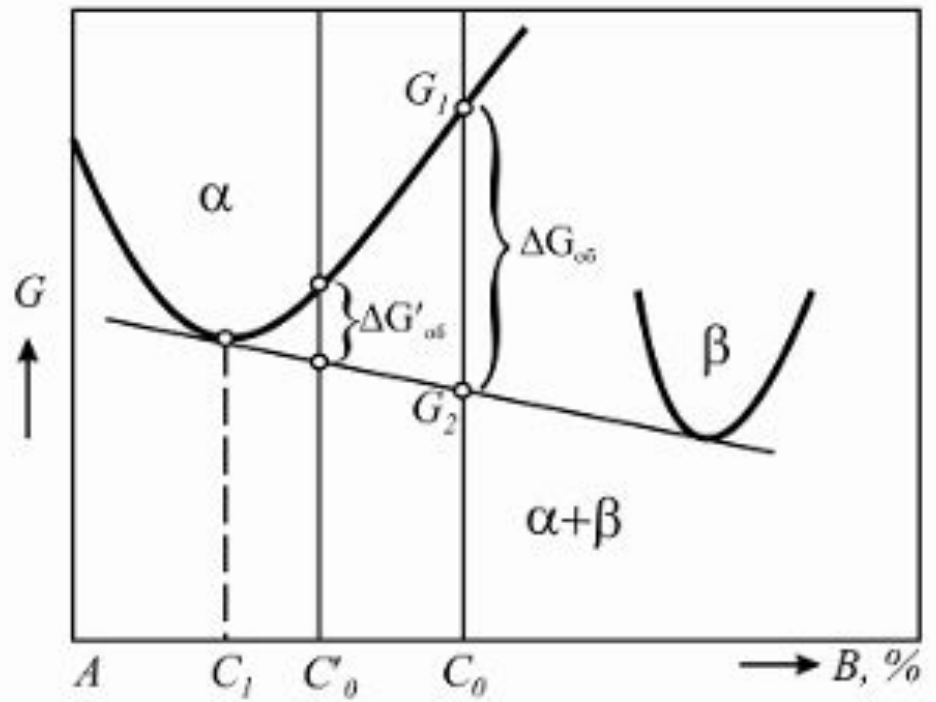
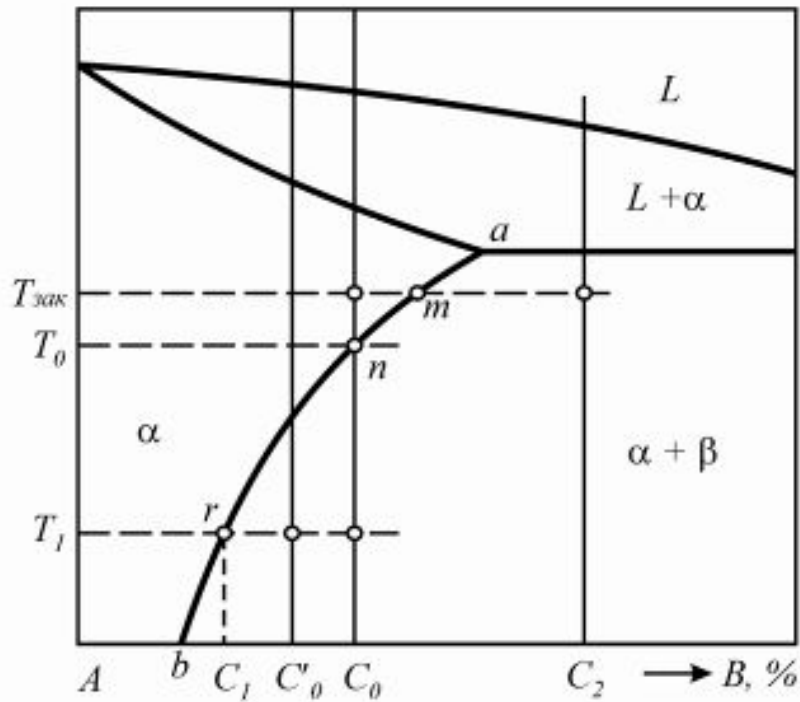
- *Закалка без полиморфного превращения – это термическая обработка, фиксирующая при более низкой температуре состояние сплава, свойственное ему при более высокой температуре.*



# Свойства сплавов после закалки

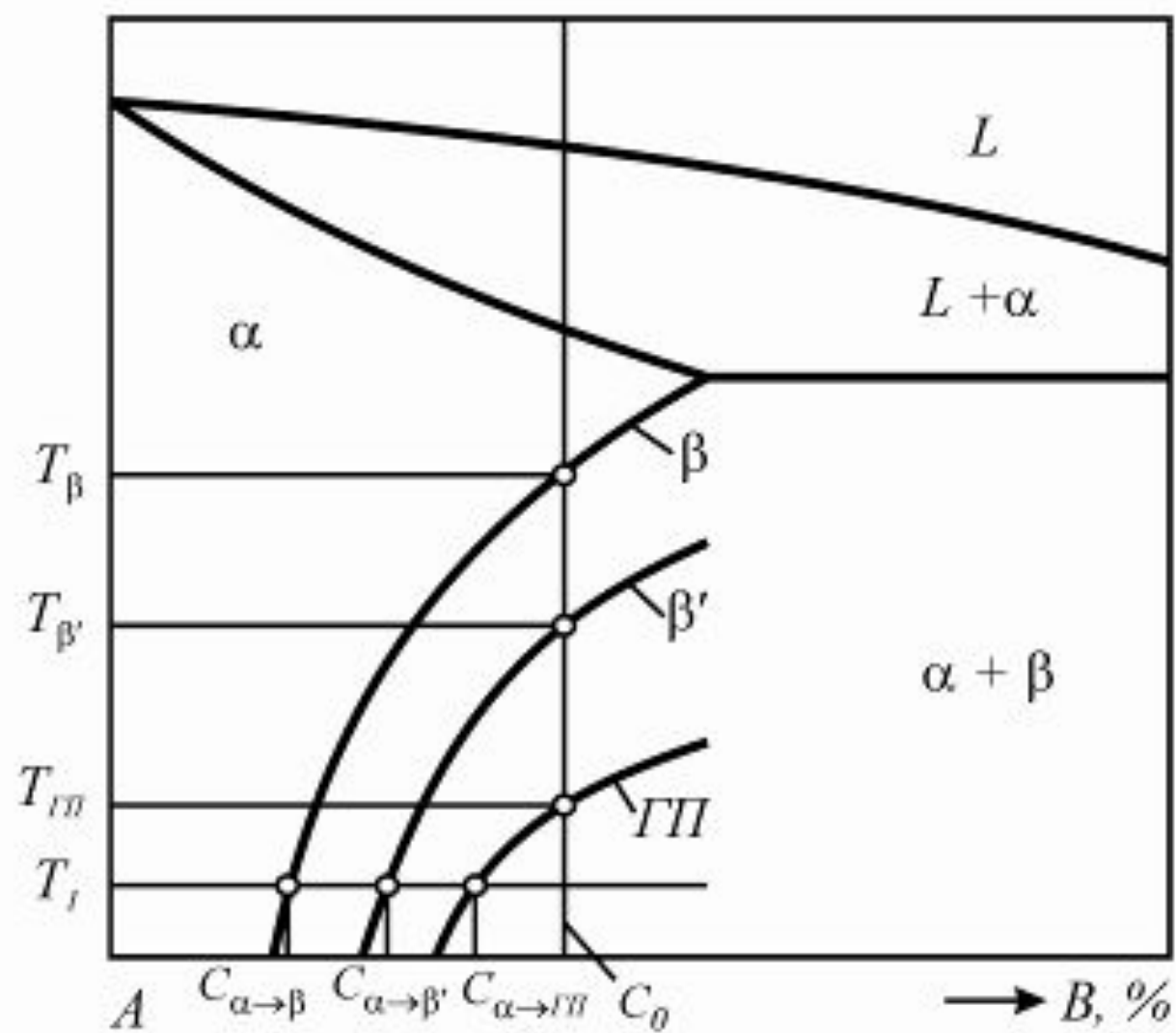
Сплав	$\sigma_B$ , МПа		$\delta$ , %		Сплав	$\sigma_B$ , МПа		$\delta$ , %	
	отжиг	закалка	отжиг	закалка		литье	закалка	литье	закалка
Д16	200	300	25	23	АЛ8	150	300	1	12
БрБ2	550	510	22	46	АЛ9	160	200	2	6
					МЛ5	160	250	3	9

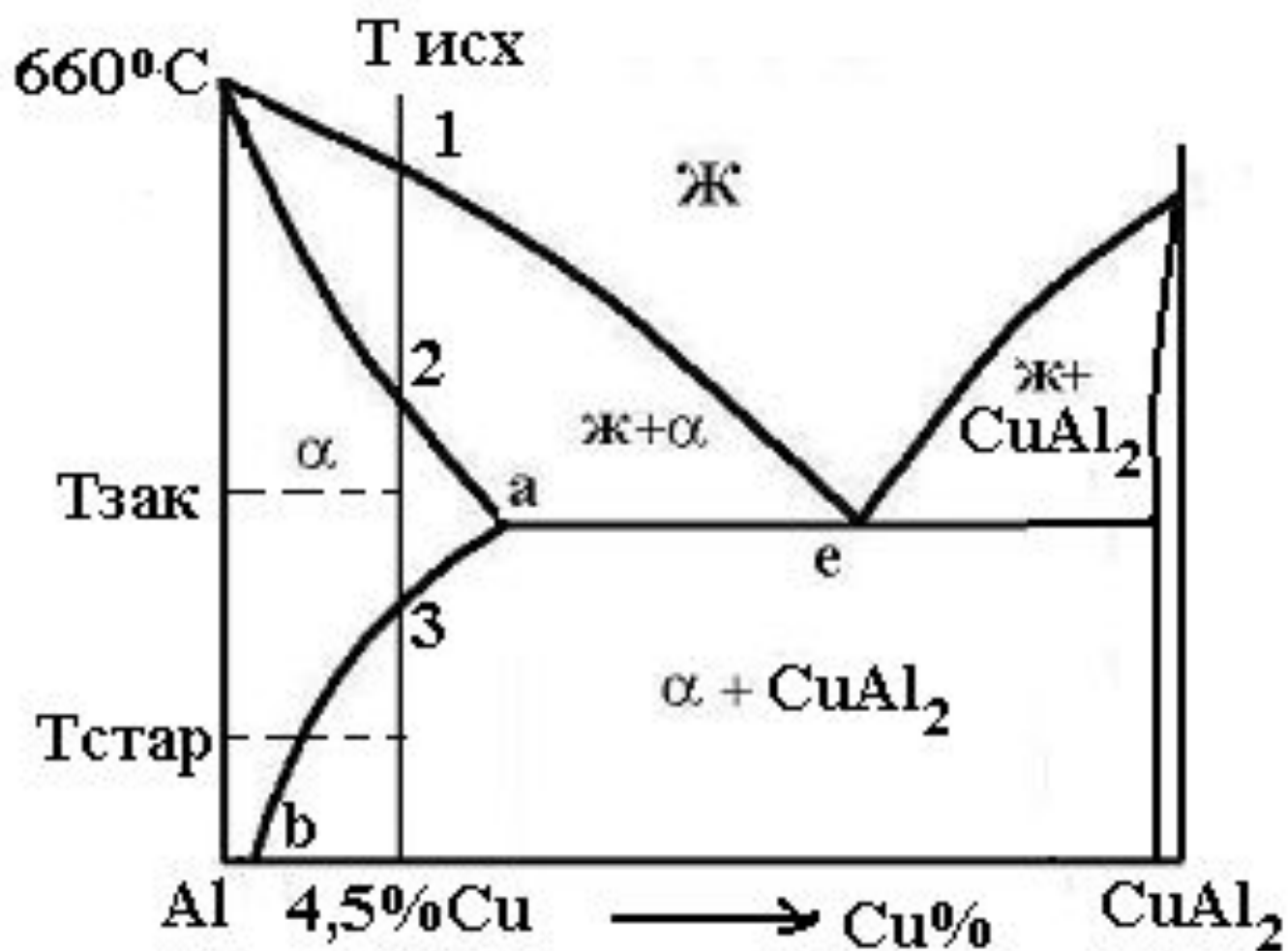
# Кинетика распада переохлажденного раствора



*Старение – это термическая обработка, при которой в сплаве, подвергнутом закалке без полиморфного превращения, главным процессом является распад пересыщенного твердого раствора*







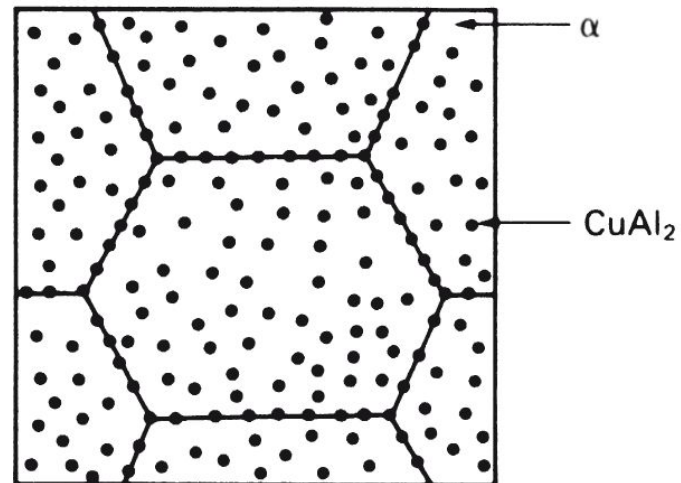
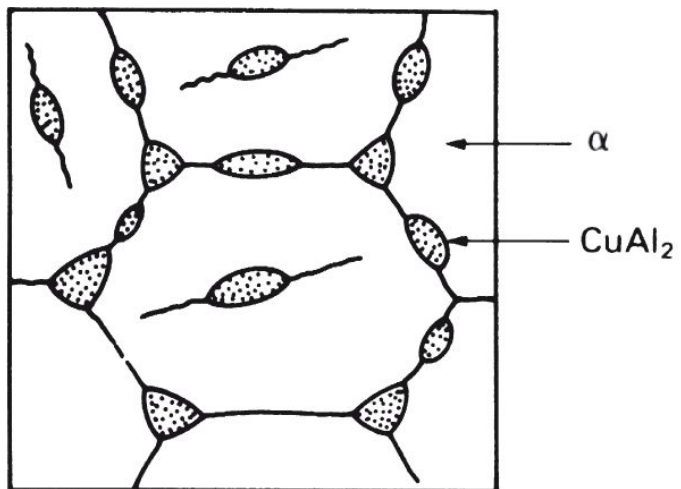
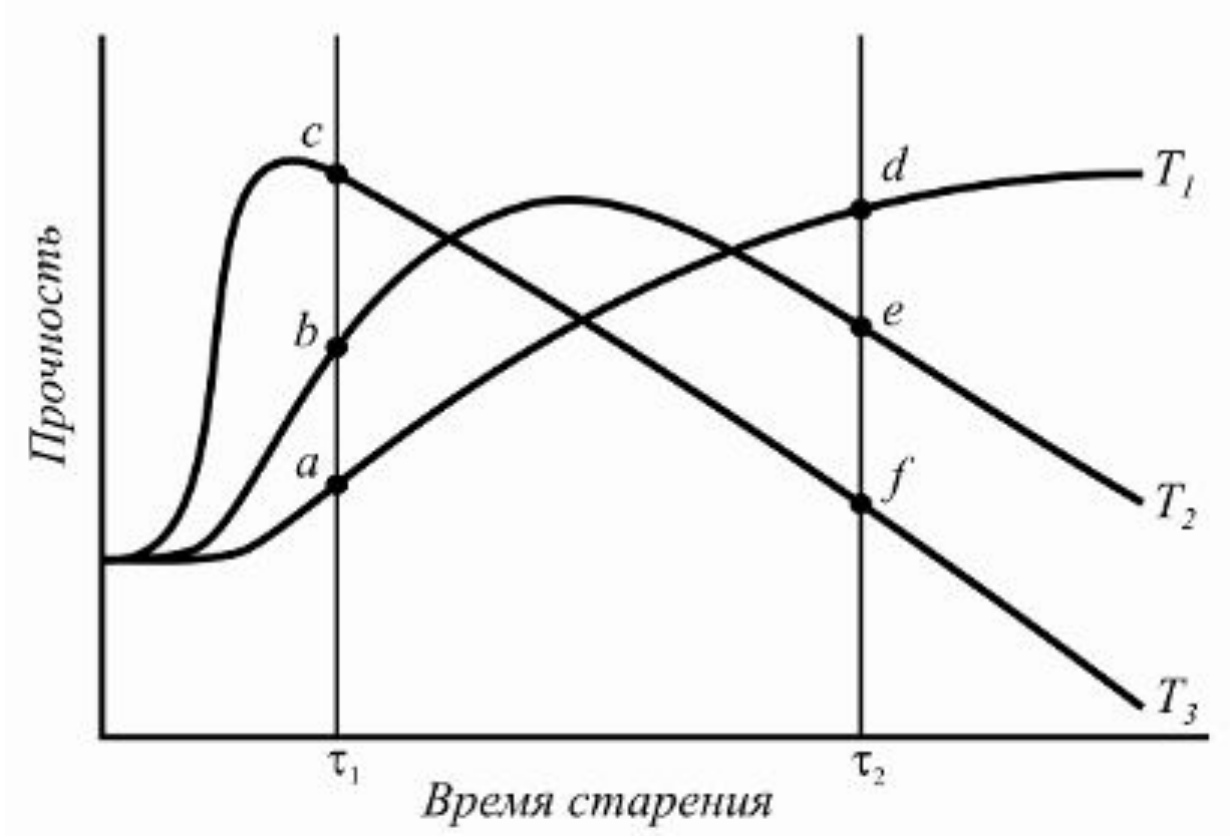


Схема микроструктуры сплава Al-Cu (4 масс. %) после медленного охлаждения с



$$T_{\text{стар}} = (0,5 \div 0,6) T_{\text{пл.}}$$

# Алюминий и его сплавы

Al

ГЦК решетка ( $a = 0,40496$  нм при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

$T_{\text{пл}} = 660\text{ }^{\circ}\text{C}$

Плотность –  $2,7\text{ г/см}^3$  (при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Значения теплопроводности и электропроводности составляют примерно  $2/3$  от соответствующих значений для меди.

Проводимость отожженного проводникового сплава на основе алюминия (А7Е, АВЕ) составляет 62% от меди, но на единицу массы имеет вдвое большую проводимость, чем медь.(

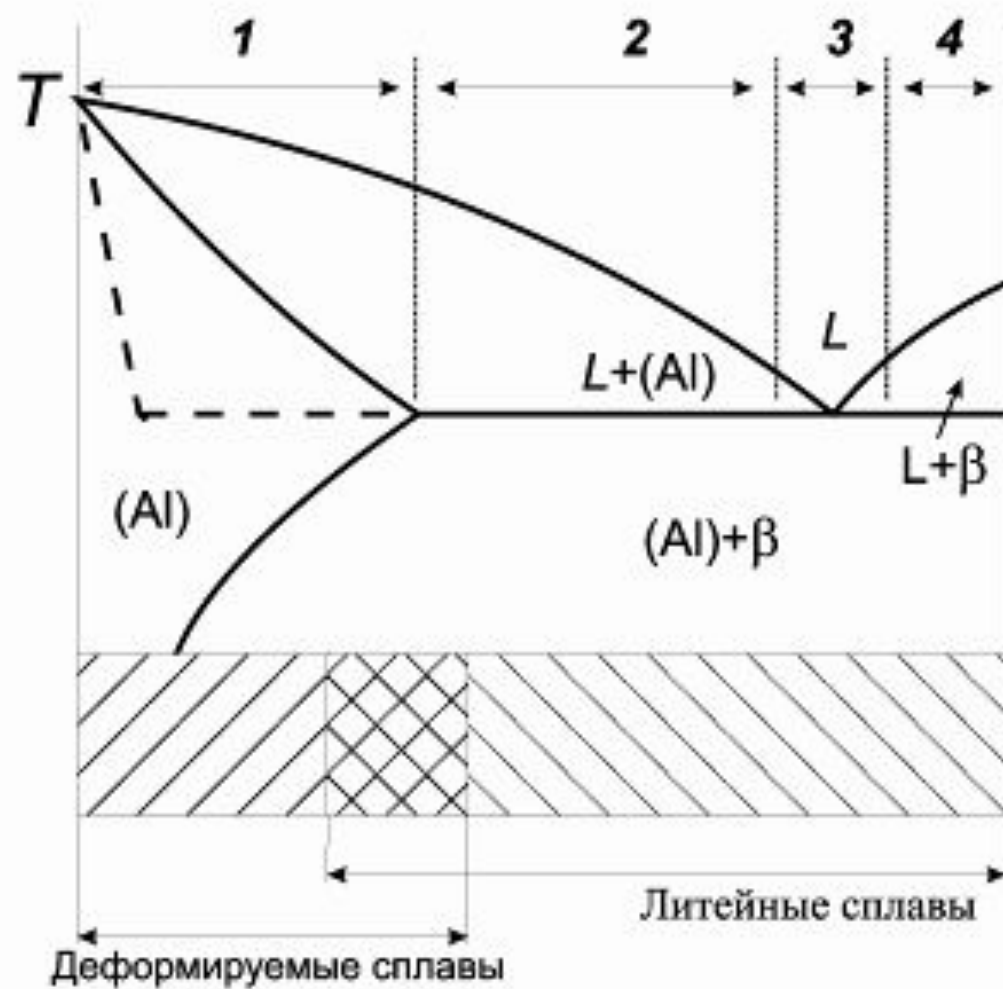
Технический алюминий обозначают:

**А995 – 99,995 Al**

**А0 – 99,0 Al**

**Прочность (70МПа)**

**Пластичность**



# Литейные алюминиевые сплавы

# Деформируемые алюминиевые сплавы



# Магниевые сплавы

- Магний - ГП решетка с соотношением осей  $c/a = 1,62$  ( $c = 0,52$  нм,  $a = 0,32$  нм), (близко к 1,633).
- Щелочно-земельный металл
- $T_{пл} = 651$  °С. Плотность магния при 20 °С –  $1,738$  г/см<sup>3</sup>.
- Значения тепло- и электропроводности примерно 1/3 от меди.
- Модуль Юнга 44,1 ГПа (не высокий). Удельные значения этой характеристики почти как у алюминия.
- Магний при низких температурах обладает низкой пластичностью ( $\delta = 6 - 8$  %)
- $\sigma_{в} = 180$  МПа прочностные свойства при Т комн. выше, чем у алюминия ( $\sigma_{в} = 70$  МПа)
- Воспламеняется при температуре выше 623 °С (оксидная пленка защищает только до температур 450 °С)

- Первичный магний маркируется буквами «Mg» (содержание магния не менее 99,00 %), а цифры – сотые доли.  
Пример Mg98, Mg80

Марка	Mg80	Mg90	Mg95	Mg98
Mg, % не менее	99,80	99,90	99,95	99,98
Всего регламентируемых примесей, %	0,20	0,10	0,05	0,02

# Компоненты сплава:

## примеси

Ni  
Fe  
Cu

↓ Коррозионную стойкость

## основные легирующие элементы

Al  $\gamma$  (Mg<sub>17</sub>Al<sub>12</sub>)

Zn MgZn

Nd Mg<sub>9</sub>Nd

Li 1,3...1,6 г/см<sup>3</sup>

Mn

Наибольший эффект от закалки и старения при 7 % (Al + Zn)

Жаропрочность ↑

↑ и пластичность  
(из-за образования фазы с ОЦК решеткой)

↑ Свариваемость и коррозионную стойкость  
(нейтрализует железо)

## малые добавки

Ce (Mg<sub>9</sub>Ce – повышается прочность и пластичность)

Zr (модификатор зерна, кроме Al-Zn-Mg, связывает железо)

РЗМ (Cd, La) – повышают жаропрочность, снижают окисляемость, упрочнение при старении

# Литейные сплавы

Система	Марка	Среднее содержание легирующих элементов (магний – остальное), %						
		Al	Mn	Zn	Zr	Cd	РЗМ	Прочие элементы
<i>Высокопрочные литейные магниевые сплавы</i>								
Mg-Al-Zn	МЛ15	8,5	0,35	0,5	-	-	-	-
	МЛ16	9,5	0,35	0,8	-	-	-	-
	МЛ14	6,0	0,35	2,5	-	-	-	-
Mg-Zn-Zr	МЛ12	-	-	4,5	0,8	-	-	-
	МЛ18	-	-	6	0,9	0,5	-	-
	МЛ15	-	-	4,5	0,8	-	1 La	-
<i>Жаропрочные литейные магниевые сплавы</i>								
Mg-Nd	МЛ9	-	-		0,7	-	2,2 Nd	0,5 In
	МЛ10	-	-	0,4	0,5	-	2,4 Nd	-

# Механические свойства высокопрочных литейных сплавов

Марка сплава	Режим термообработки	Механические свойства	
		$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
<b>МЛ5</b>	<b>T4</b>	<b>230</b>	<b>5</b>
	<b>T6</b>	<b>230</b>	<b>2</b>
<b>МЛ8</b>	<b>T6</b>	<b>290</b>	<b>5</b>

# Составы деформируемых сплавов

Система	Марка	Среднее содержание легирующих элементов (магний – остальное), %						
		Al	Mn	Zn	Zr	Cd	РЗМ	Прочие элементы
<i>Высокопрочные деформируемые магниевые сплавы</i>								
Mg-Al-Zn	MA2-1	4,5	0,5	1,2	–	–	–	–
	MA2	3,5	0,3	0,5	–	–	–	–
	MA3	6,3	0,3	1	–	–	–	–
	MA5	8,5	0,3	0,5	–	–	–	–
Mg-Zn-Zr	MA14	–	–	5,5	0,6	–	–	–
	MA15	–	–	3	0,7	1,6	0,9 La	–
	MA19	–	–	6,3	–	0,6	1,7 Nd	–
	MA20	–	–	0,8	0,1	–	0,2 Ce	–
Mg-Mn	MA8	–	1,8	–	–	–	0,3 Ce	–
<i>Жаропрочные деформируемые магниевые сплавы</i>								
Mg-Nd	MA11	–	–	–	–	–	3 Nd	–
	MA12	–	–	–	0,5	–	3 Nd	–
<i>Ультралегкие деформируемые магниевые сплавы</i>								
Mg-Li	MA21	5	0,3	1,4	–	4	–	8,5 Li
	MA18	0,7	0,3	2,3	–	–	0,3 Ce	11 Li

Сплав	МА2-1	МА8	МА19
$\sigma_B$ , МПа	280	250	400
$\delta$ , %	12	16	8