

Сплавы цветных металлов

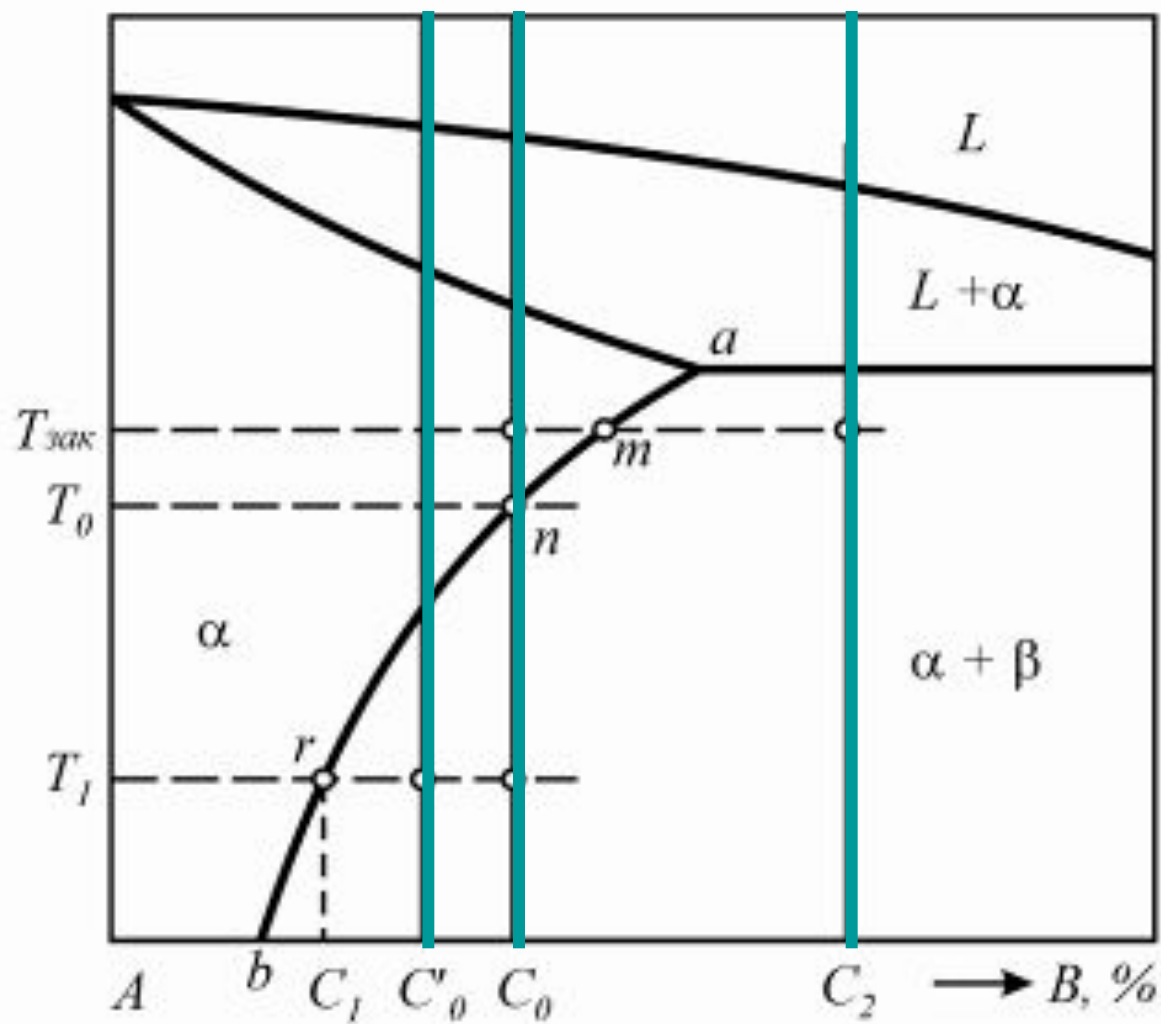
Лекция (6 часов)

Часть 1. Легкие сплавы

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

Сплав ы	Плотность, г/см³	Модуль упругости E (ГПа)	Предел текучес ти σ_B (МПа)	E/ρ	σ_B / ρ	Жаропрочность до (°C)
Al	2.7	71	25–600	26	9–220	150–250
Mg	1.7	45	70–270	25	41–160	150–250
Ti	4.5	120	170–1280	27	38–280	400–600
Стали	7.9	210	220–1600	27	28–200	400–600

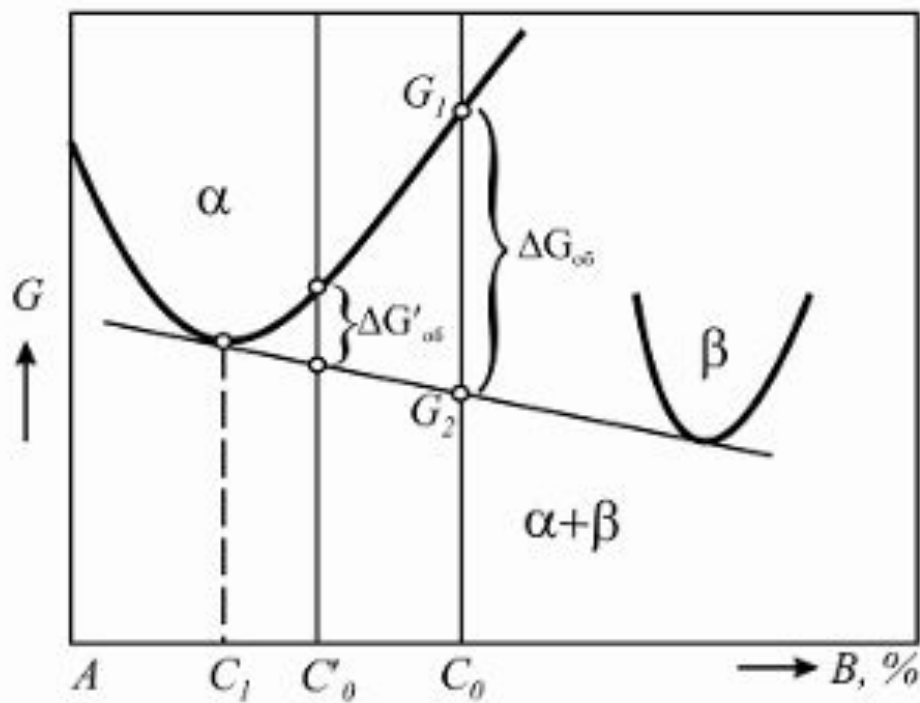
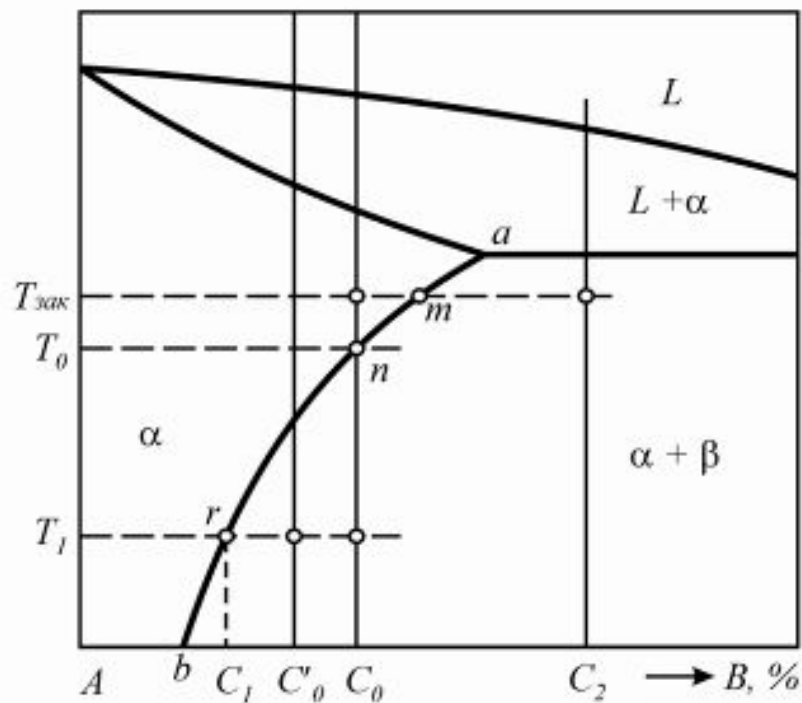
- *Закалка без полиморфного превращения – это термическая обработка, фиксирующая при более низкой температуре состояние сплава, свойственное ему при более высокой температуре.*



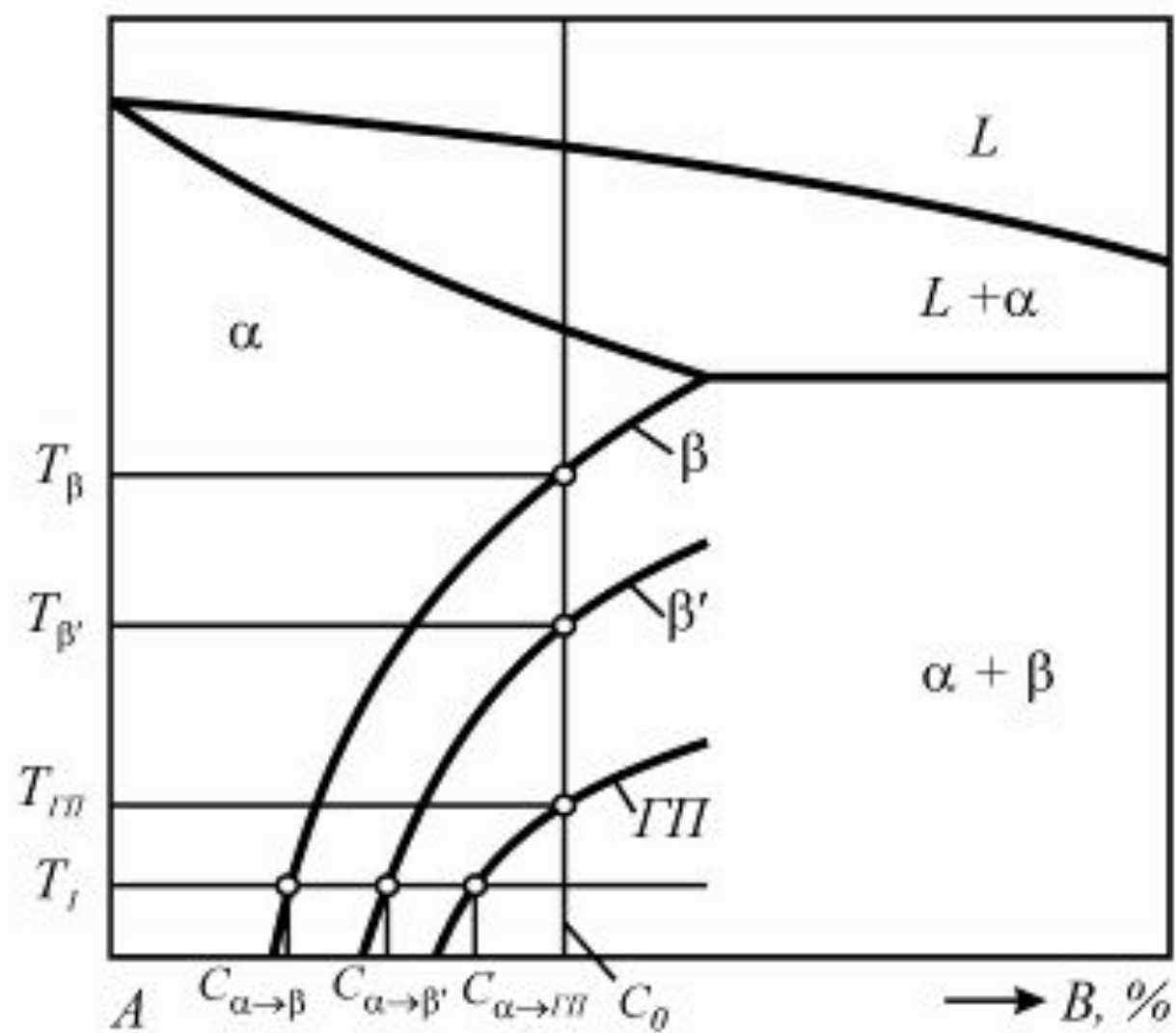
Свойства сплавов после закалки

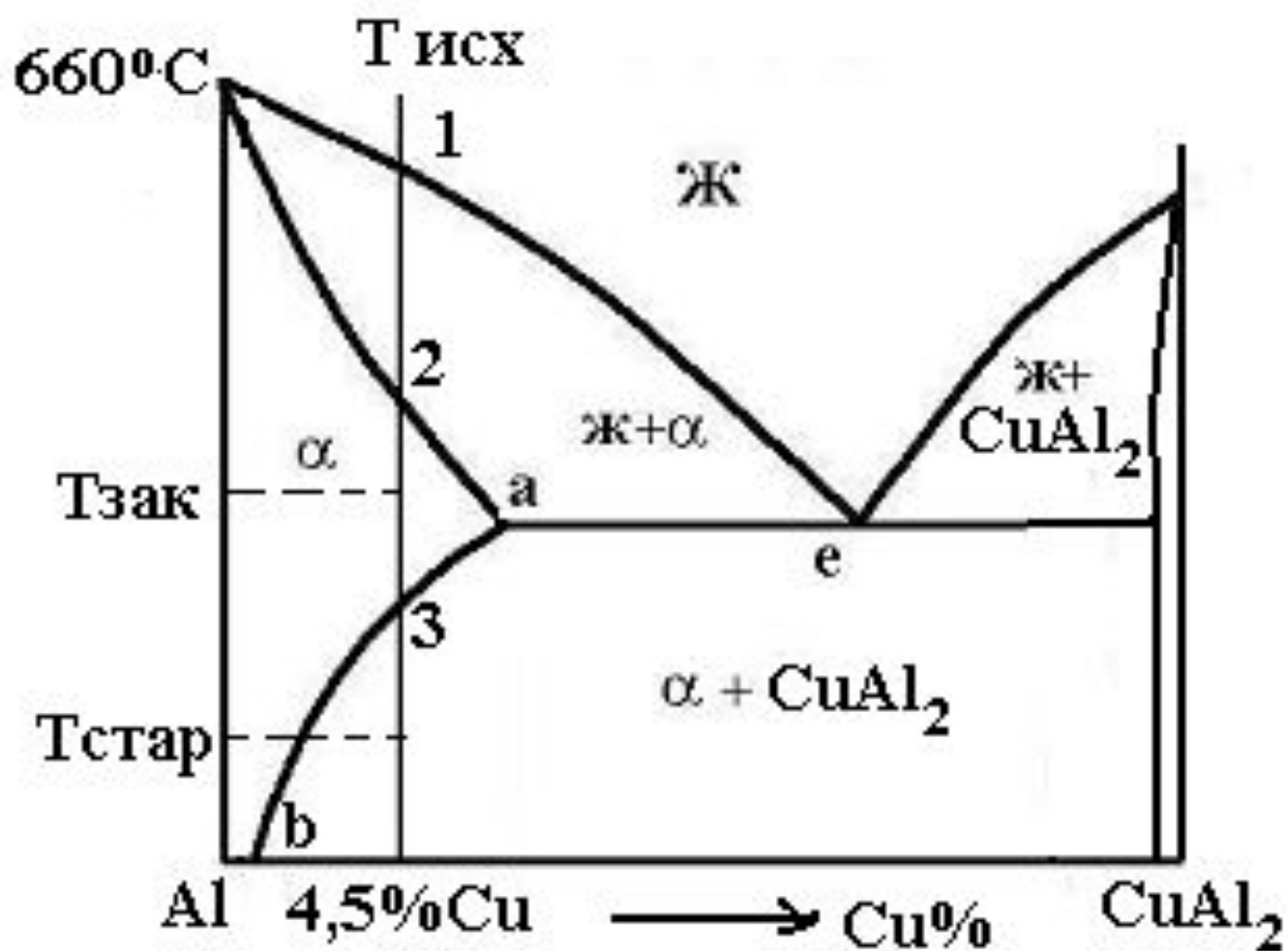
Сплав	σ_B , МПа		δ , %		Сплав	σ_B , МПа		δ , %	
	отжиг	закалка	отжиг	закалка		литье	закалка	литье	закалка
Д16	200	300	25	23	АЛ8	150	300	1	12
БрБ2	550	510	22	46	АЛ9	160	200	2	6
					МЛ5	160	250	3	9

Кинетика распада переохлажденного раствора



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





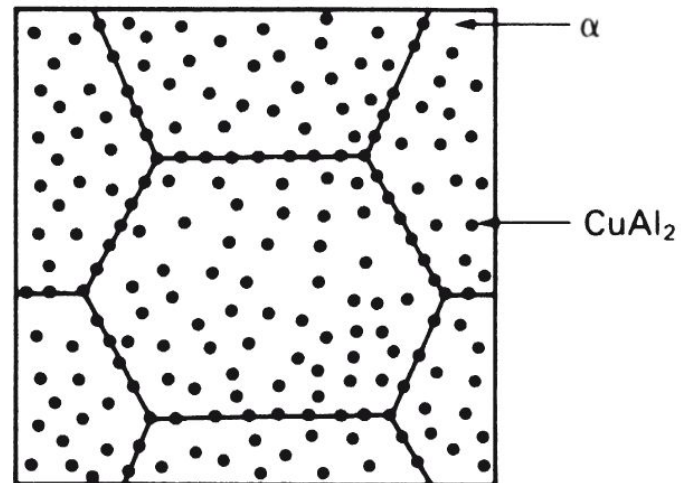
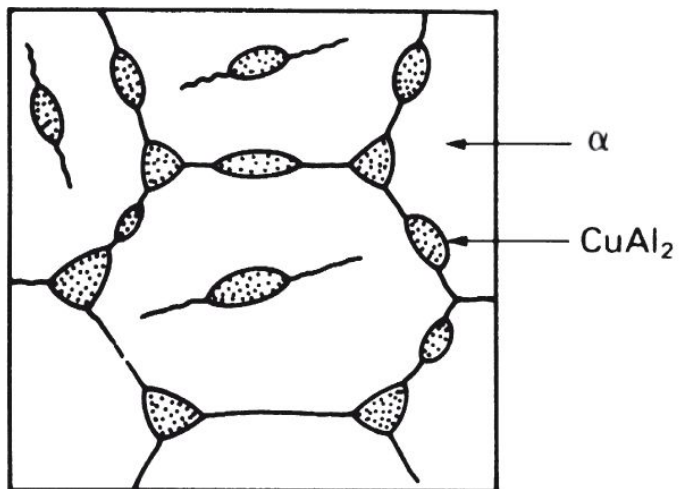
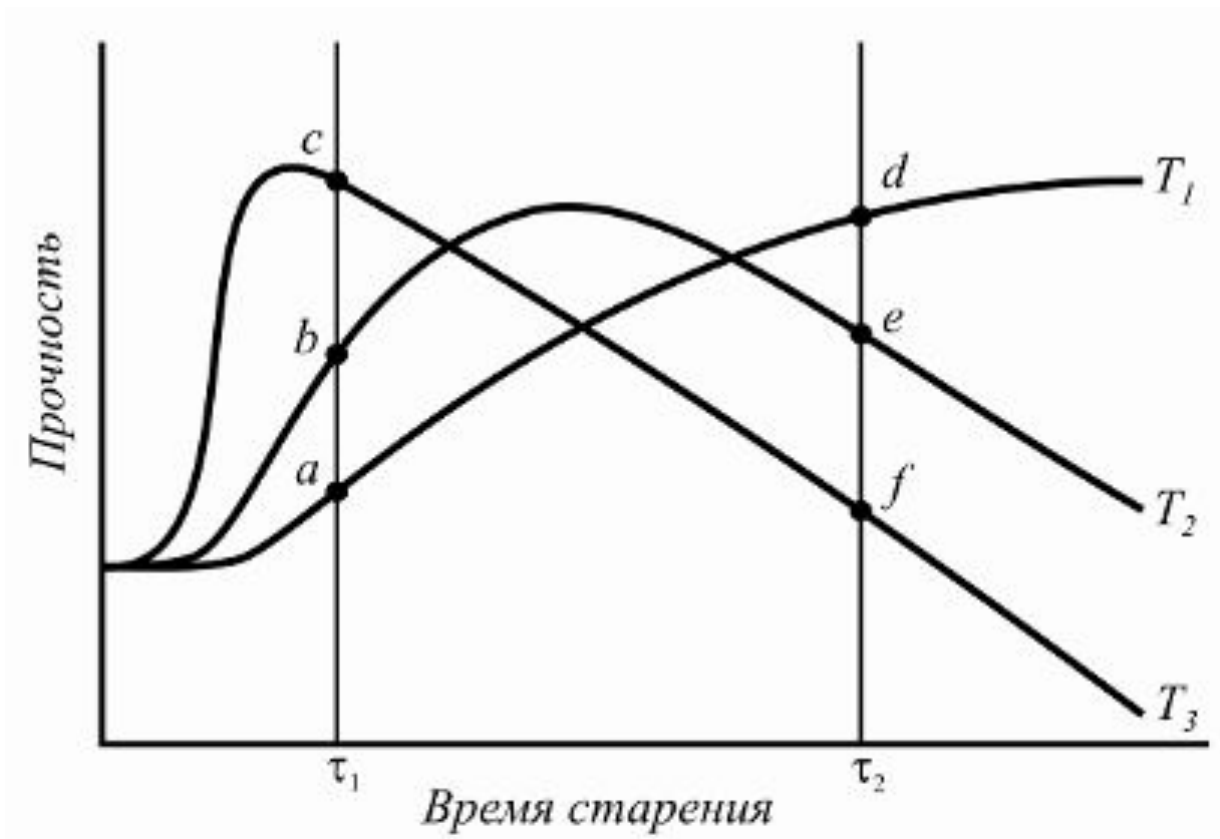


Схема микроструктуры сплава Al-Cu (4 масс. %) после медленного охлаждения с



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

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.

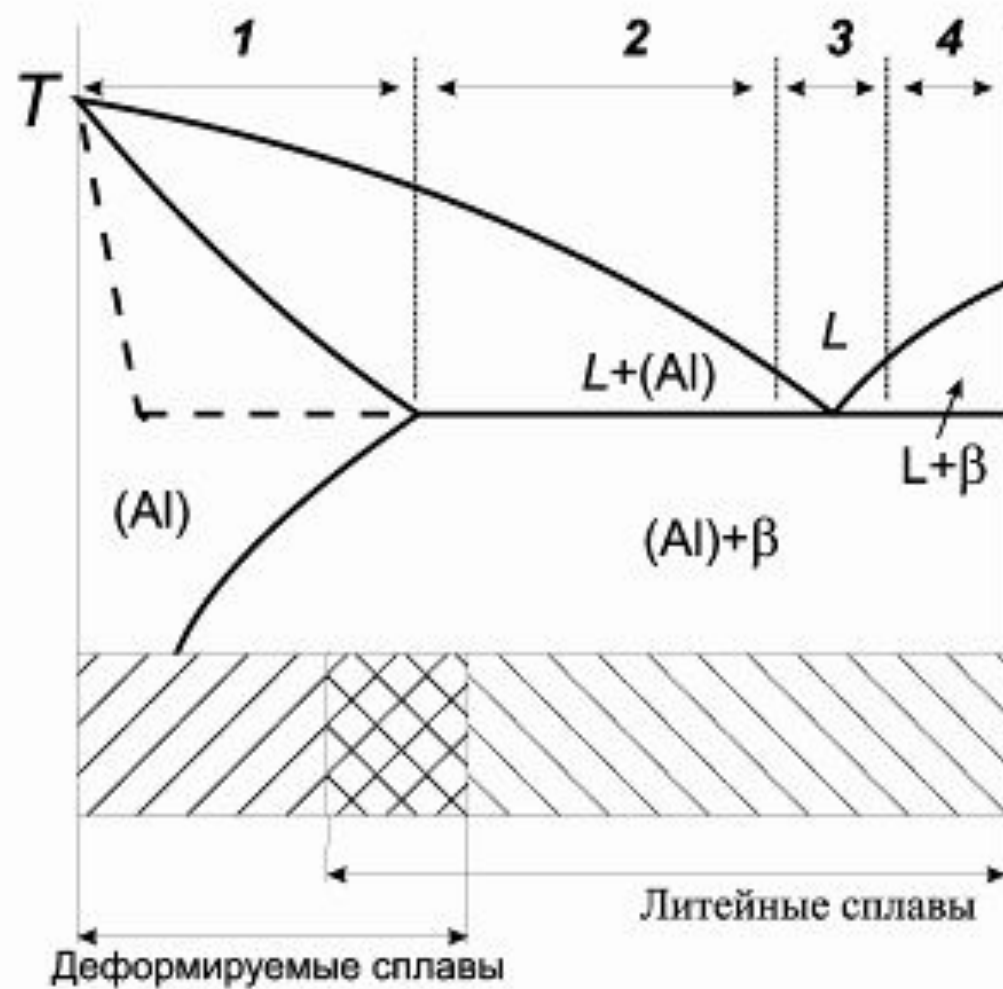
Технический алюминий обозначают:

А995 – 99,995 Al

А0 – 99,0 Al

Прочность (70МПа)

Пластичность



Литейные алюминиевые сплавы

Деформируемые алюминиевые сплавы

Магниеые 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/см³.
- 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 ($\delta = 6 - 8$ %)
- $\sigma_v = 180$ МПа прочностные свойства при T комн. выше, чем у алюминия ($\sigma_v = 70$ 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	γ (Mg ₁₇ Al ₁₂)	Наибольший эффект от закалки и старения при 7 % (Al + Zn)
Zn	MgZn	
Nd	Mg ₉ Nd	Жаропрочность ↑
Li	1,3...1,6 г/см ³	↑ и пластичность (из-за образования фазы с ОЦК решеткой)
Mn		↑ Свариваемость и коррозионную стойкость (нейтрализует железо)

малые добавки

Ce (Mg₉Ce – повышается прочность и пластичность)

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

PЗМ (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	
		σ_B , МПа	δ , %
МЛ5	T4	230	5
	T6	230	2
МЛ8	T6	290	5

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
σ_B , МПа	280	250	400
δ , %	12	16	8