Тема 2.3. Цветные металлы и сплавы

АЛЮМИНИЕВЫЕ И МАГНИВЫЕ СПЛАВЫ

МАРКИРОВКА, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМОСТЬ

Алюминий и алюминиевые сплавы

Алюминий:

- температура плавления - 660°С;
- плотность при 20°С - 2,7 г/см^3
- кристаллическая решетка - гранецентрированная кубическая;

Механические свойства чистого алюминия:

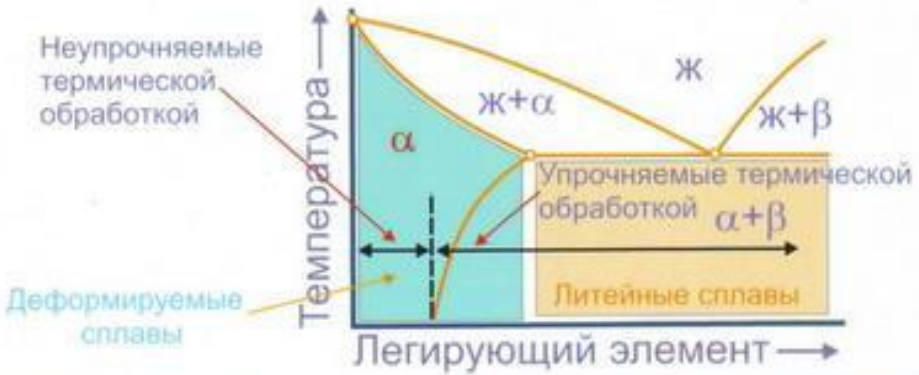
$\sigma_в$ = 40 МПа; δ = 50%.

Маркировка первичного алюминия:

- *особой чистоты* А999 (99,999%Al);
- *высокой чистоты* А995 (99,995%Al), А99 (99,99%Al), А97 (99,97%Al), А95 (99,95%Al);
- *технической чистоты* А85 (99,85Al%), А8 (99,8%Al), А7 (99,7%Al), А6 (99,6%Al), А5 (99,5%Al) и А0 (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

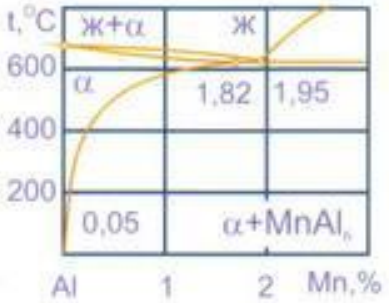
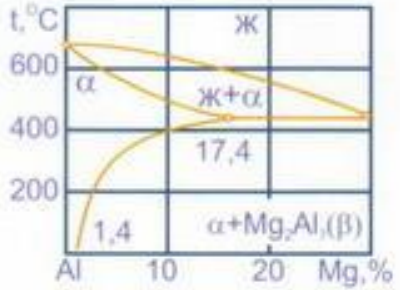


Диаграмма состояний системы Al-Mg



Структура сплава АМг

x200

Состав и механические свойства сплавов в отожженном состоянии

Марка сплава	Содержание, %		$\sigma_в$, 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
АМг3	3,2-3,8	0,3-0,6	220	23
АМГ4	4,8-5,8	0,3-0,8	300	20
АМГ5	5,8-6,8	0,5-0,8	340	18
АМГ6				

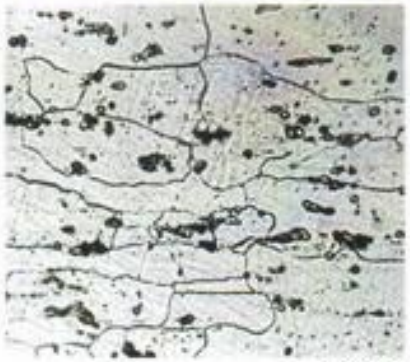
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

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

Основные фазы упрочнители : $\theta(CuAl_2)$ и $S(CuMgAl_2)$

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

Структура сплава Д16



X300

Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полу-фабриката	Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %
Д1	листы	Закалка от 500-505°С + естественное старение	400	20
Д16	листы	Закалка от 495-505°С + естественное старение	440	18
	листы	Закалка от 495-505°С + старение 190°С, 12ч	440	16
	прессован-ный профиль	Закалка от 495-505°С + естественное старение (прессэффект)	530	11

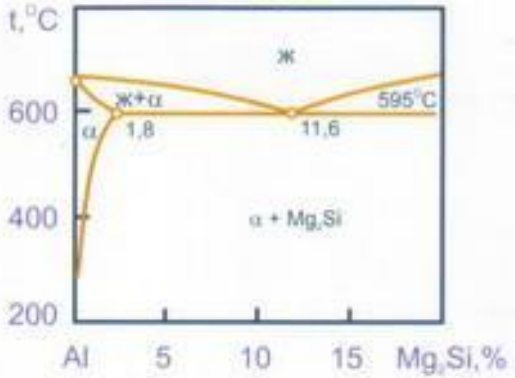
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

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-Mg_2Si



Свойства сплавов

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

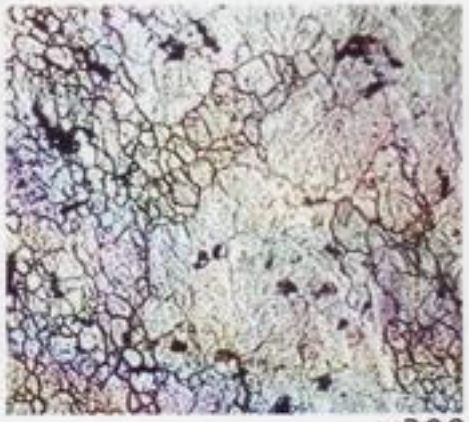
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

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

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

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

Структура сплава АК6



x300

Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полу-фабриката	Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %
АК6	поковки	Закалка от 505-525°С + старение 160°С, 10-15ч	400	12
АК8	поковки	Закалка от 495-505°С + старение 160°С, 10-15ч	480	9

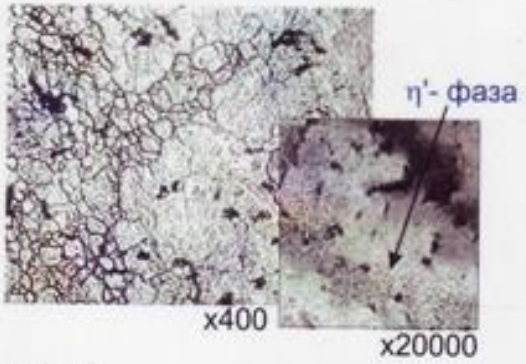
Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

4. Сплавы системы ***AL-Zn-Mg-Cu (высокопрочные)***

Основные фазы - упрочнители: $\eta(MgZn_2)$, $T(Al_2Zn_3Mg_3)$, $S(CuMgAl_2)$.

Марка сплава	Содержание, %			
	Cu	Mg	Mn	Zn
B95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	5,0-7,0
B96	2,3	2,7		8,5

Структура горячедеформированного сплава В95 после закалки и старения



Свойства сплавов

Марка сплава	Вид полуфабриката	Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %
B95	прессованный профиль	Закалка от 460-470°С + старение 120-140°С, 15-25ч	600	8
	листы	Закалка от 460-470°С + старение 100-120°С, 3-10ч +160-170°С, 8-10 ч	470	12
B96	штамповка	Закалка от 460-470°С + старение 120-140°С, 15-25ч	670	7

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

5.Сплавы системы *Al-Mg-Li-Zr*

Основная фаза упрочнитель : $\delta(LiAl_3)$

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°С + старение 120°С, 12-24ч	440	12
01421	листы	Закалка от 450°С + старение 120°С, 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 Т1 - искусственное старение без предварительного нагрева под закалку;

Режим Т2 - отжиг отливок;

Режим Т4 - закалка без последующего искусственного старения;

Режим Т5 и Т6 - закалка и искуственное старение. (Т6 - старение на максимальную прочность, Т5 - неполное старение);

Режим Т7 - закалка и стабилизирующее старение (перестаривание).

Литейные алюминиевые сплавы

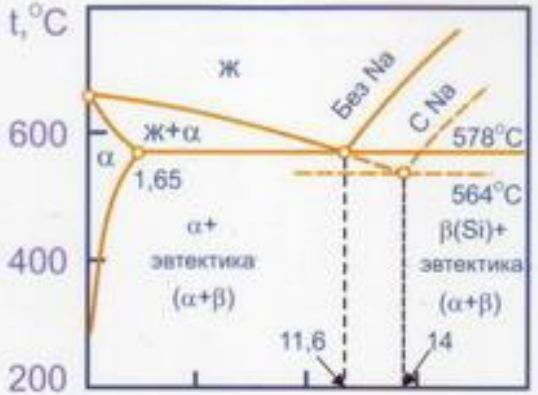
Химический состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %					Термо-обр-ка	$\sigma_в$, 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	-	Т6	230	3,0
АЛ9	6-8	0,2-0,4	-	-	-	Т6	230	1,0
АЛ5	4,5-5,5	0,4-0,6	1,0-1,5	-	-	Т5	226	0,5
Система Al-Cu								
АЛ7	-	-	4,0-5,0	-	-	Т6	250	5,0
АЛ19	-	-	4,5-5,3	0,6-1,0	Ti 0,15-0.35	Т6	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	Т4	360	18,0
АЛ8	-	9,5-11,5	-	-		Т4	315	11,0

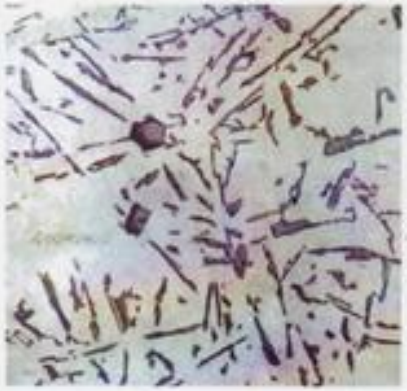
Литейные алюминиевые сплавы

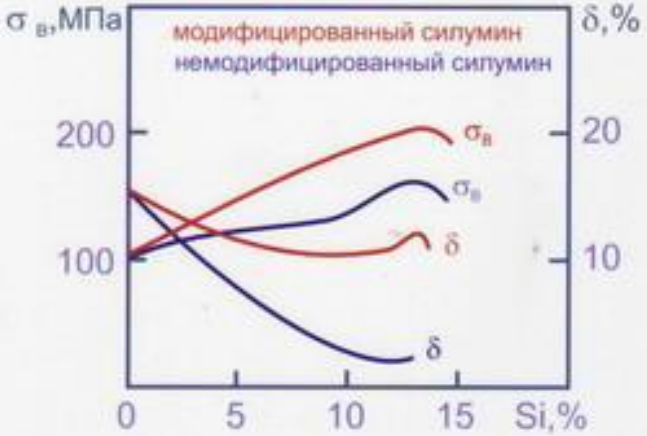
Сплавы системы Al-Si (силумины)

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

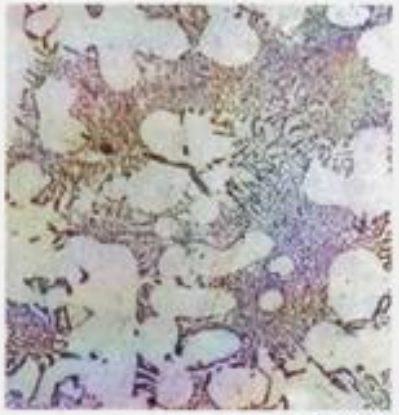


немодифицированный силумин





модифицированный силумин



x200

Магний и магниевые сплавы

Магний:

- температура плавления - **650°С**;
- плотность при 20°С - **1,740** г/см^3;
- кристаллическая решетка - гексагональная плотноупакованная.

Механические свойства магния:

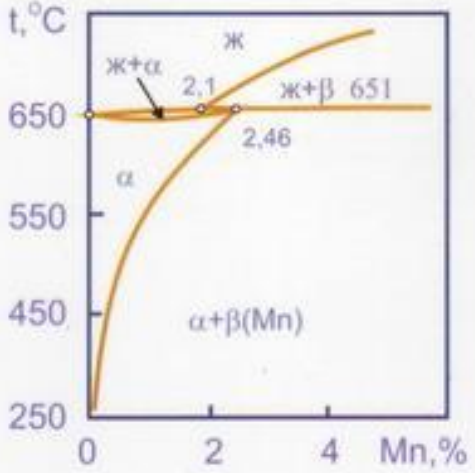
литого - $\sigma_в$ = 80 - 110 МПа, δ = 6 - 8%;
деформированного - $\sigma_в$ = 180 - 200 МПа, δ = 15 - 17%.
Маркировка первичного магния:
Мг99 (99,96 % Mg), Мг95 (99,95 % Mg),
Мг90 (99,90% Mg).

Основное достоинство магниевых сплавов - высокая удельная прочность.
Основные легирующие элементы сплавов - Al, Zn, Mn.
Магниевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные. Деформируемые сплавы маркируются буквами МА, а литейные - МЛ, далее идут условные номера сплавов.

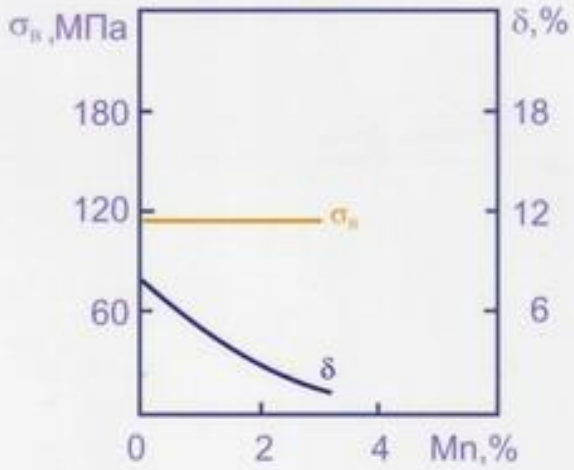
Деформируемые магниевые сплавы

1. Сплавы системы Mg-Mn

Диаграмма состояний системы Mg-Mn



Влияние Mn на механические свойства

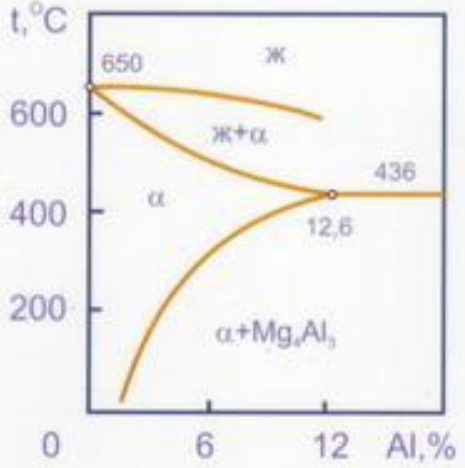


Состав и свойства сплавов

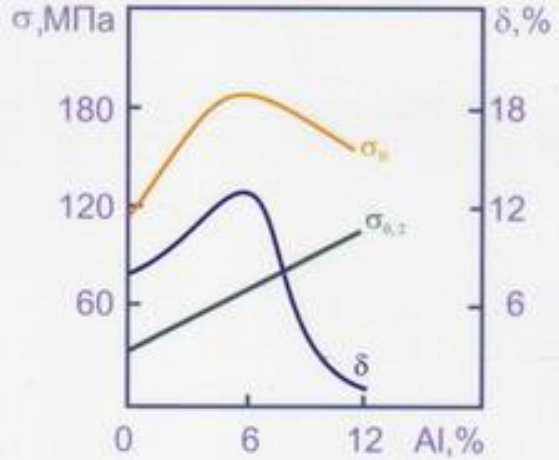
Марка сплава	Содержание,%				$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	Mn	Zn	другие		
МА1	-	1,3-2,5	-	-	-	-
МА8	-	1,3-2,2	-	Ce 0,15-0,35	250	16

Деформируемые магниевые сплавы
2. Сплавы системы Mg-Al-Zn

Диаграмма состояний системы Mg-Al



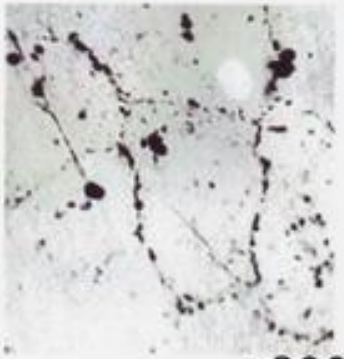
Влияние Al на механические свойства



Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание,%			$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	Mn	Zn		
МА2-1	3,8-5,0	0,3-0,7	0,8-1,5	280	12
МА5	7,8-9,2	0,15-0,5	0,2-0,8	310	8

Структура сплава МА5

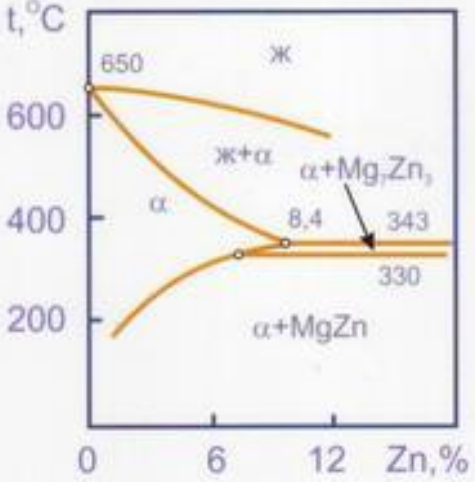


x300

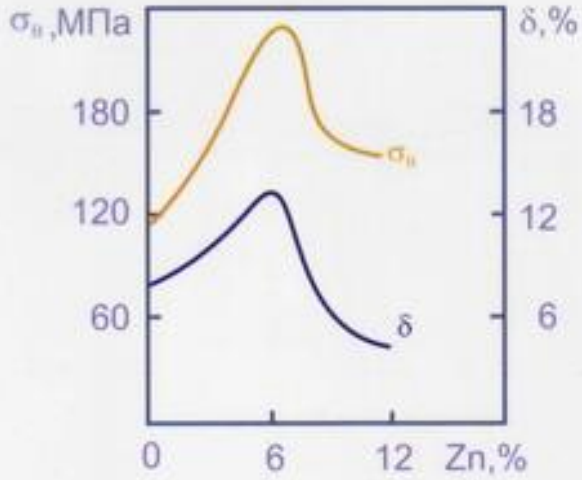
Деформируемые магниевые сплавы

3. Сплавы системы Mg-Zn-Zr

Диаграмма состояний системы Mg-Zn



Влияние Zn на механические свойства



Состав и свойства сплавов

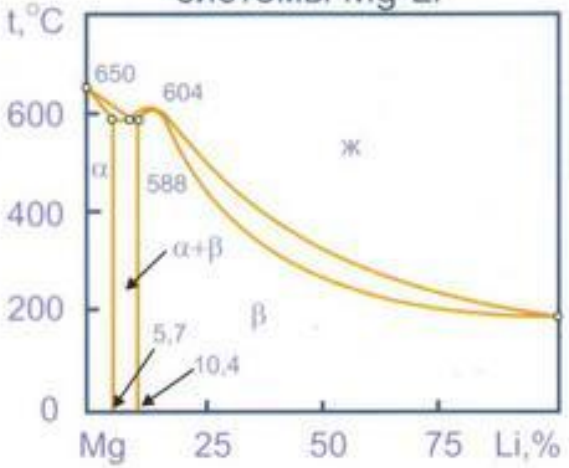
Марка сплава	Содержание,%					$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	Mn	Zn	другие	Термическая обработка		
МА14	-	-	5,0-6,0	Zr 0,3-0,9	старение	340	10
МА19	-	-	5,5-7,0	Zr 0,5-1,0 Cd 0,2-1,0 Nd 1,4-2,0		380	5

Деформируемые магниевые сплавы

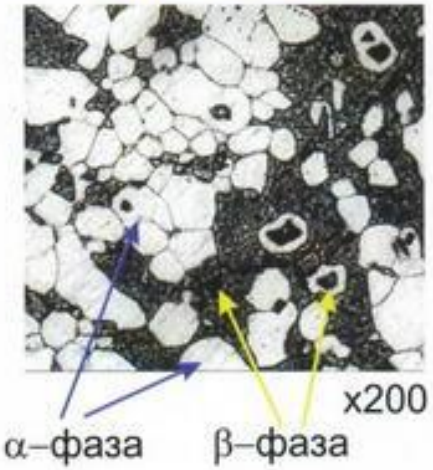
4. Сплавы системы Mg-Li

Легирование литием позволяет получить сверхлегкие сплавы с плотностью 1,5 - 1,6 *г/см*^{3}

Диаграмма состояний системы Mg-Li



Структура двухфазного сплава МА21



Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание,%					$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	Mn	Zn	другие	Термическая обработка		
МА18	0,5-1,0	0,1 - 0,4	2,0 - 2,5	Ce 0,15-0,25 Li 10 - 11,5 Y 7,8 - 9,0	отжиг 150 - 175°С, 6-16ч	190	18
МА21	4,0-6,0	0,15 - 0,5	0,8 - 2,0	Li 7,0-10,0 Cd 3,0-5,0	отжиг 150 - 175°С, 6-16ч	240	16

Литейные магниевые сплавы

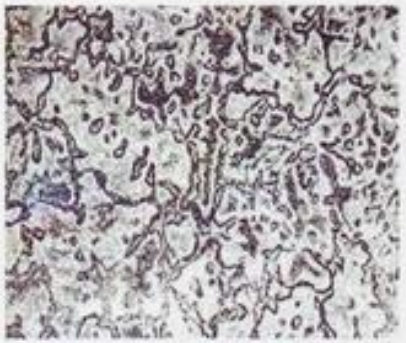
Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание,%					$\sigma_в$, МПа	δ, %
	Al	Mn	Zn	другие	Термическая обработка		
Система Mg - Al - Zn							
МЛ5	7,5-9	0,15-0,5	0,2-0,8	-	T4	230	5
МЛ6	9-10,2	0,1-0,5	0,6-1,2	-	-	150	1
Система Mg - Zn - Zr							
МЛ12	-	-	4,0-5,0	Zr 0,6-1,1	T1	230	5
МЛ15	-	-	4,0-5,0	Zr 0,7-1,1 La 0,6-1,2	T1	210	3
Система Mg - РЗМ - Zr							
МЛ10	-	-	0,1-0,7	Zr 0,4-1,0 Nd 2,2-2,8	T6	250	5
МЛ19	-	-	0,1-0,6	Zr 0,4-1,0 Nd 1,6-2,3 Y 1,4-2,2	T6	250	5

Условные обозначения режимов термической обработки:

T1 - искусственное старение без предварительной закалки;
T2 - отжиг;
T4 - закалка;
T6 - закалка на воздухе и старение;
T61 - закалка в горячей воде и старение

Структура сплава МЛ5



X300