

# АЛУМИНИЙ АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ



Разработили: гл. ас. д-р Антонио Николов, доц. Валентин  
Камбуров, доц. Рангел Рангелов, гл. ас. д-р. Райна  
Димитрова, маг. инж Ангелина Димитрова

# Съдържание:

Исторически факти за алуминия

Алуминий в природата

Какво е алуминий?

Кристална решетка

Структури

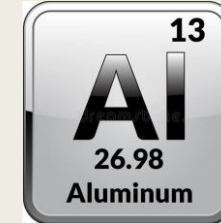
Диаграми Алуминиеви сплави

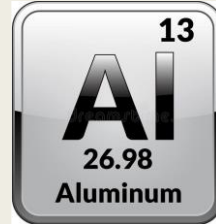
Деформируемите и леарски алуминиеви сплави

Основни термични обработки

Идентифициране

Приложение

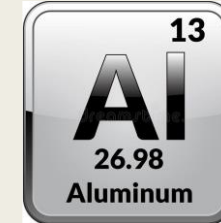




# Исторически факти за алуминия

Първите парчета алуминий са получени от датския учен Ерстед (1825 г.) и немския химик Велер (1827 г.). Индустриалният метод за производство на чист алуминий е разработен от американецът Чарлз Хол и французинът Пол Еру (1886). До края на деветнадесети век алуминият е скъп метал, само малко по-евтин от златото

Началото на промишленото производство на алуминий се счита през 1890 г. От 1854 до 1890 г. В световен мащаб се произвеждат 200 тона алуминий; 1890-1899 - 28000 тона, за една 1930 - 270000 тона, за 1968 - 8386200 тона.



# Исторически факти за алуминия

В началото на XX век алуминият се използва само в най-чистия си вид. Използването на алуминиеви сплави започва с откриването през 1906 г. от немския учен Вилма на първата термично закалена сплав - дуралумин: 4,0% Cu, 0,5% Mg, 0,5% Mn. В днешно време сплавите от дуралуминов тип D1 и D16, които имат ниска плътност, заедно с висока якост от 400-500 МПа, са широко разпространени в съвременната промишленост.

Алуминият и неговите сплави са високо технологични, те са ниско топими, леарски пригодни, деформируеми и от тях могат лесно да се получат продукти със сложна форма. Алуминият и редица негови сплави имат доста висока устойчивост на корозия.

Той е на второ място след среброто, медта и злато по електропроводимост.

# Алуминий в природата

Основно се добива от боксит, който съдържа най-много алуминиеви оксиди ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) - от 28 до 80%. Други скали като алунит, нефелин и нефелин-апатит се използват също като суровини за производството на алуминий, но те са с по-лошо качество и съдържат значително по-малко алуминиев оксид



Боксит

$\text{Al}_2\text{O}_3$  - 65%  
 $\text{SiO}_2$  - 20%,  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 2 - 50%,  
 титан (до 10%) и др.



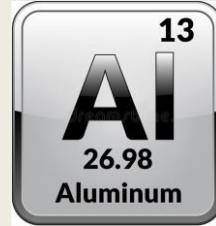
Нефелин

калий – 6,69%, натрий – 11,80 %, алуминий – 18,47%,  
 силиций – 19,23%,  
 кислород – 43,81%



Криолит

12,8% Al, 32,9% Na и 54,3% F.



# Какво е алуминий?

Алуминият е сребристобял метал с плътност  $2.7 \text{ g/cm}^3$  и температура на топене  $660^\circ \text{ C}$ .

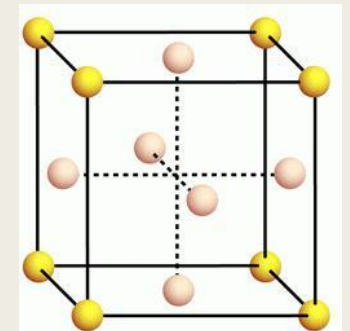
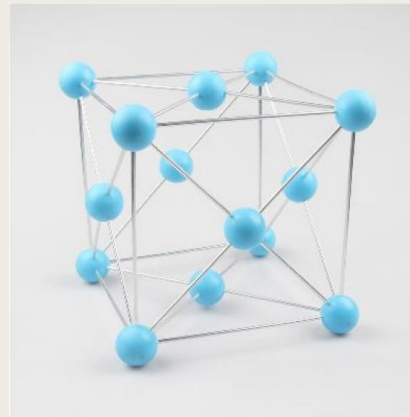
Има голяма електропроводимост, пластичност и корозионна устойчивост.

Технически чистият алуминий (99.0-99.9% Al). Предлага се от производителите във вид на листове, профили, тръби и др., които се използват за елементи за леко натоварени конструкции.

# Кристална решетка

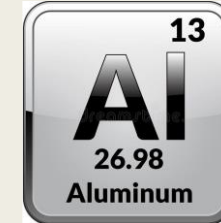


Решетката на алуминиев кристал е кубична, стенно центрирана, която е стабилна при температури от 4 ° К до точката на топене. В алуминия няма алотропни трансформации, т.е. структурата му е постоянна.

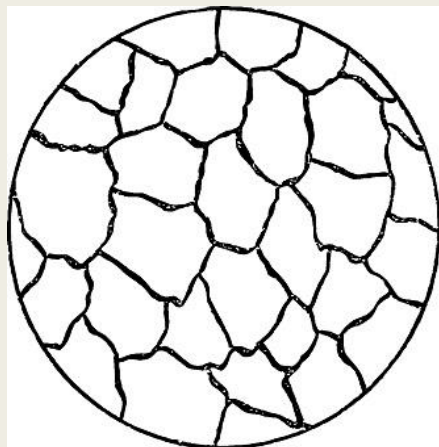




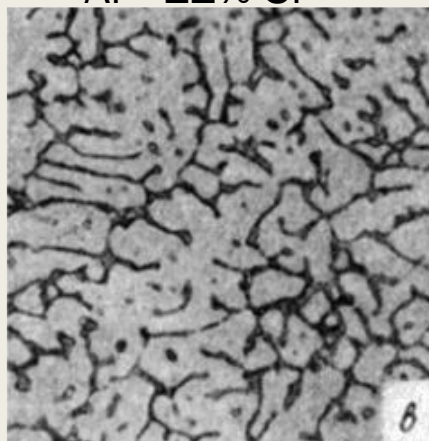
# Структури



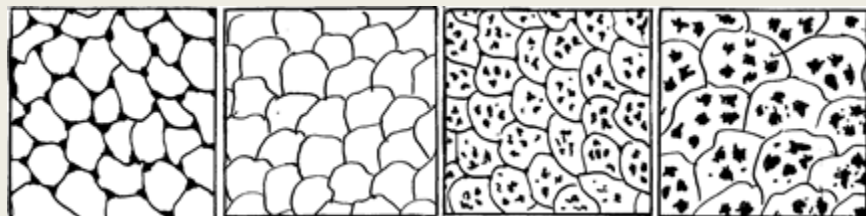
Структура чист алуминий



Структура лят алуминий  
Al + 12% Si



Структури алуминий с 4% мед

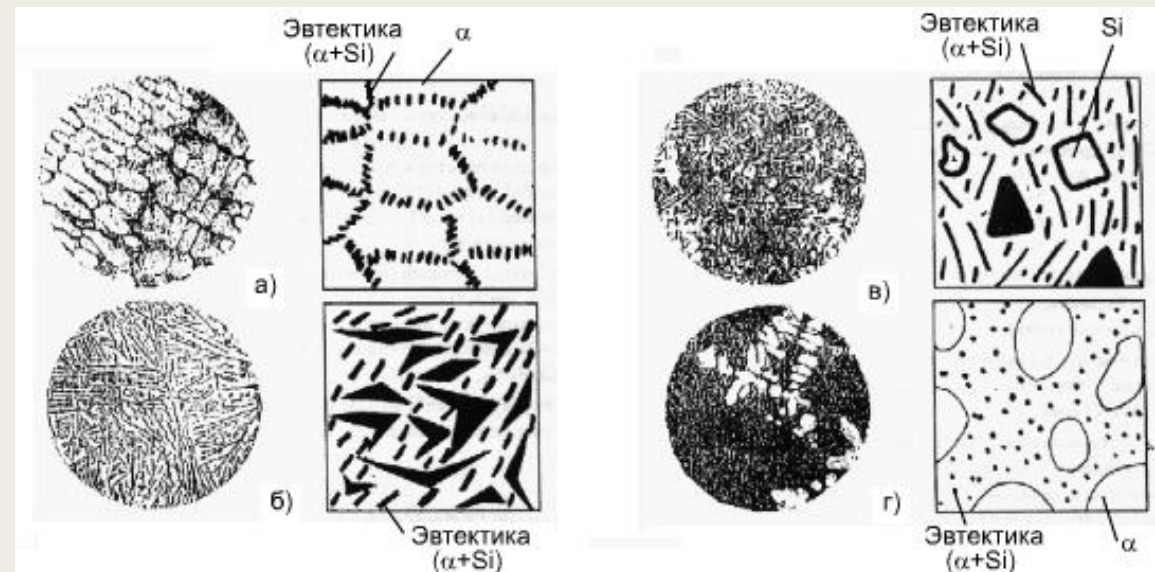


лята

закалена

стареене

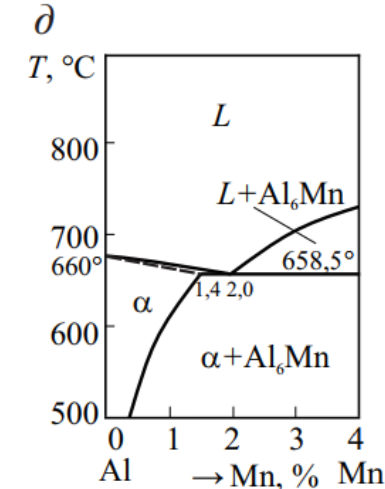
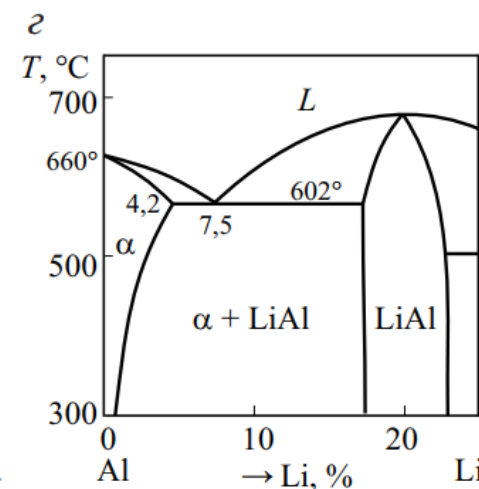
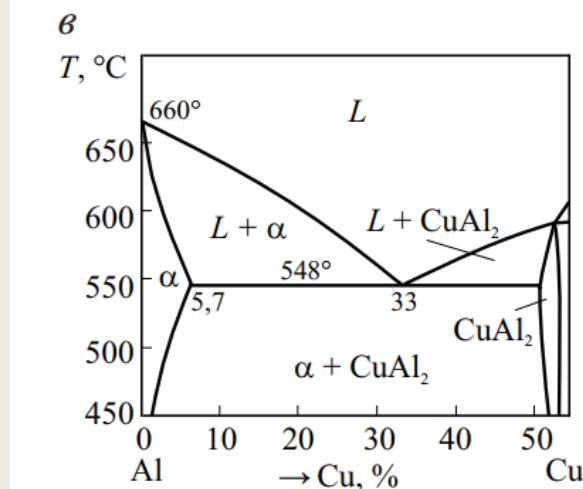
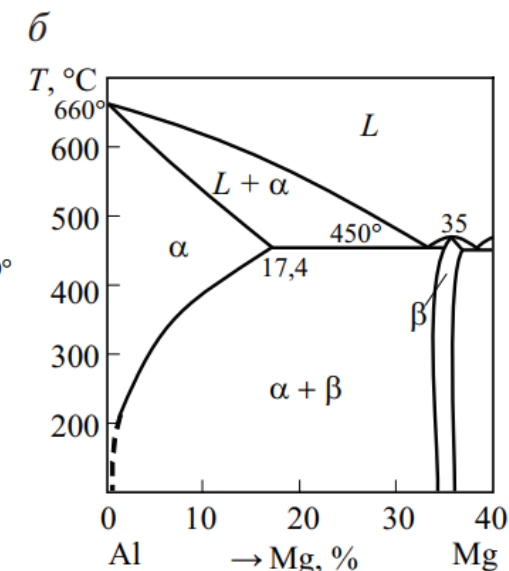
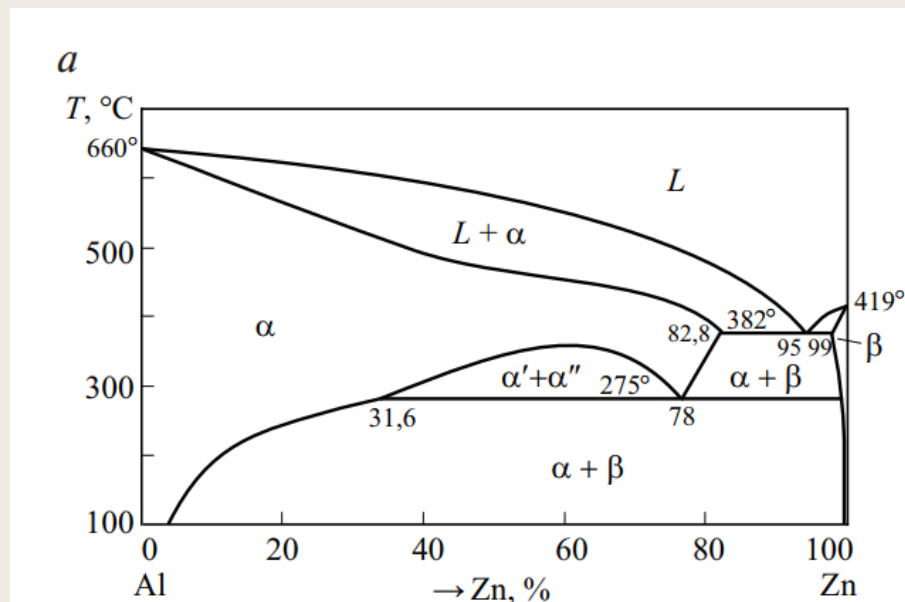
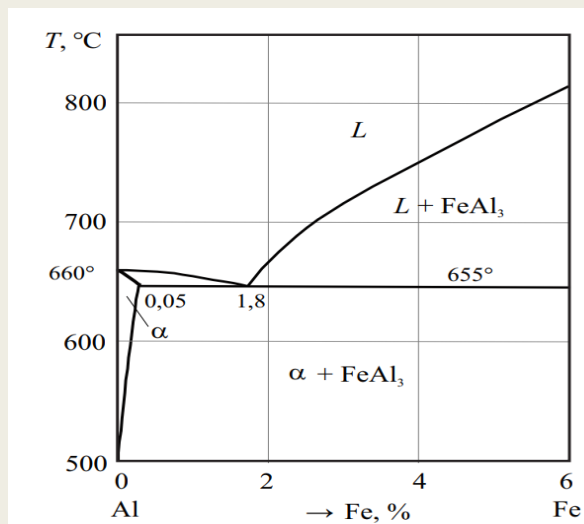
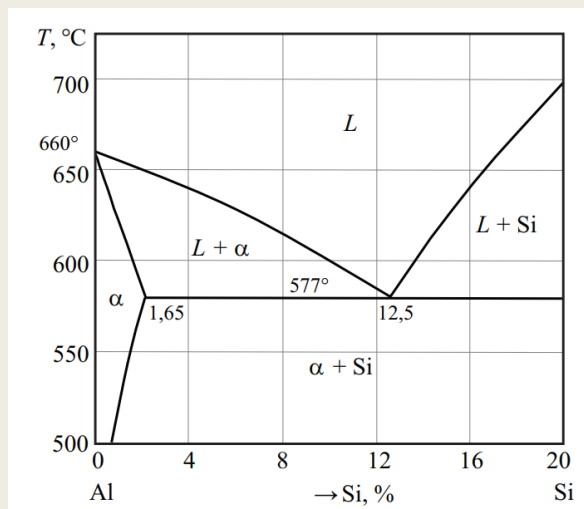
отвърната



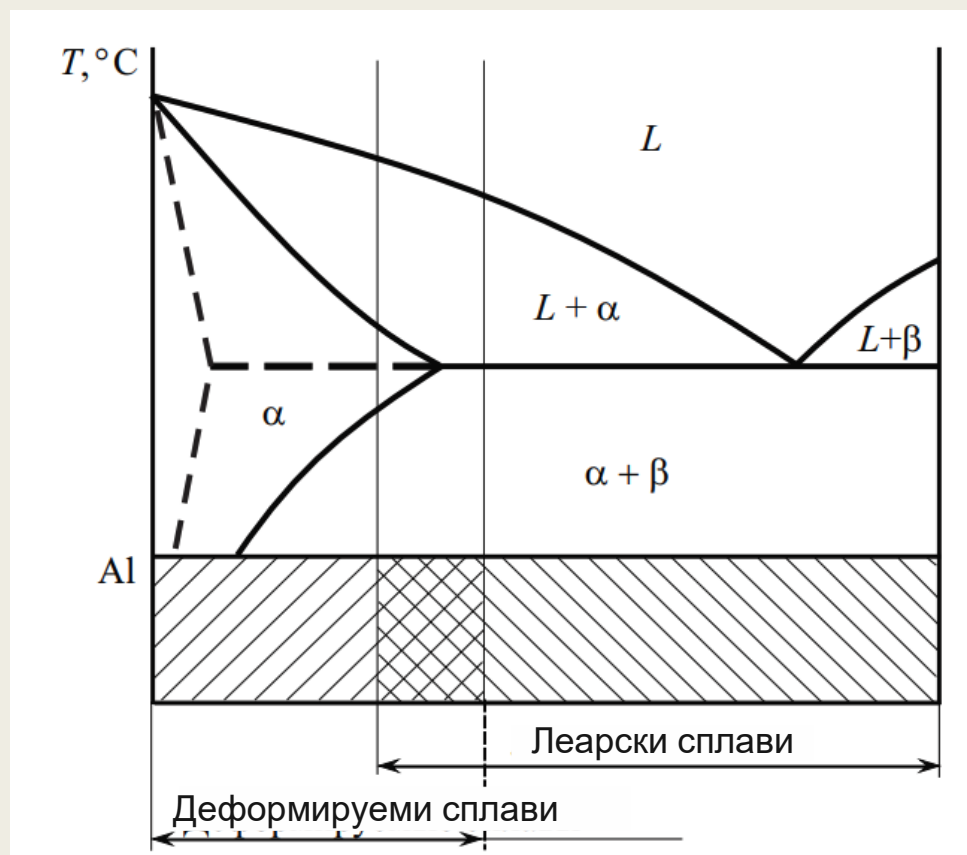
Структури силумин (AlSi): а) под евтектичен, б) евтектичен, в) над евтектичен и г) модифициран



# Диаграми Алуминиеви сплави



# Деформируемите и леарски алуминиеви сплави

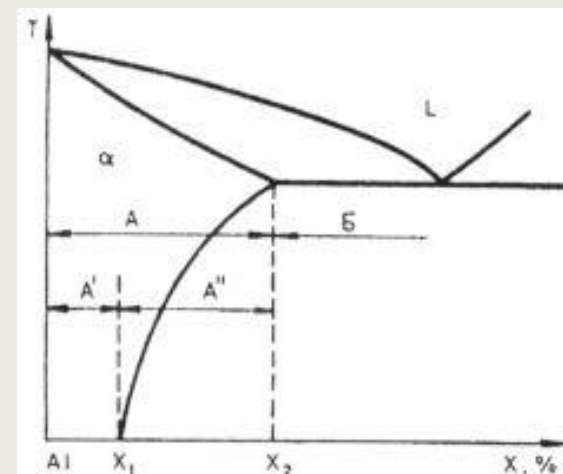


Всички технически алуминиеви сплави се разделят на две групи:

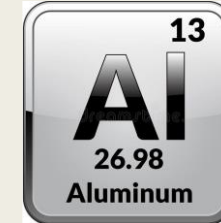
Деформируемите сплави  
(екструдирани, валцуване, коване..).

Леарски сплави

Границата между тези два вида сплави е границата на насищане на твърдия разтвор при евтектична температура



# Деформируемите и лярски алуминиеви сплави



**Деформируемите сплави** се делят на неукчаващи се при термична обработка (подгрупа A') и укчаващи се при термична обработка (подгрупа A"). сплавите от системата Al-Mg, напр. AlMg<sub>2</sub>. Характеризират се с много добра пластичност, висока корозионна устойчивост и ниска якост. Поради това, че нямат фазови превръщания в твърдо състояние, укчаването им чрез термична обработка е невъзможно. Тези сплави се укчават само след студена пластична деформация, като якостта им на опън R<sub>m</sub> от около 50 MPa нараства на 150 MPa. Към подгрупа A" се отнасят сплавите от системата Al-Cu със съдържание на Cu между 0.5 и 5.7%. Най-широко приложение намират сплавите с около 4% Cu, известни като дуралуминиеви, напр. AlCu<sub>4</sub>Mg

От **лярските сплави** най-широко се използват тези, които са на основата на Al-Si, наречени силумини. Силицият в техническите марки силумини е около 11-13%.

Други лярски алуминиеви сплави са тези от системите Al-Mg и Al-Si-Cu. Al-Mg сплави са с по-лоши лярски свойства, но имат висока корозионна устойчивост, повишена якост и лесно се обработват чрез рязане. Сплавта от тази група AlMg<sub>10</sub> се използва в корабостроенето за отливане на детайли, работещи във влажна атмосфера. Сплавите от системата Al-Si-Cu са с добри лярски свойства и голяма топлоустойчивост. От сплавта AlSi<sub>5</sub>Cu<sub>1</sub> след отливане и термична обработка се произвеждат бутала и цилиндрични глави за двигатели...

# Основни термични обработки

**Отгряване** - на блокове или деформирани полуготови продукти

Хомогенизиране - Температурата на хомогенизиране за индустриални алуминиеви сплави е в границите от 450 до 560 ° C, а времето на експозиция е от 4 до 36 часа.

Рекристализация - на практика температурата на рекристализация е с 50-150 ° C по-висока от температурата рекристализация, а при индустриалните алуминиеви сплави варира от 300 до 500 ° C, времето на задържане при температурата на рекристализация е 0,5-2,0 h.

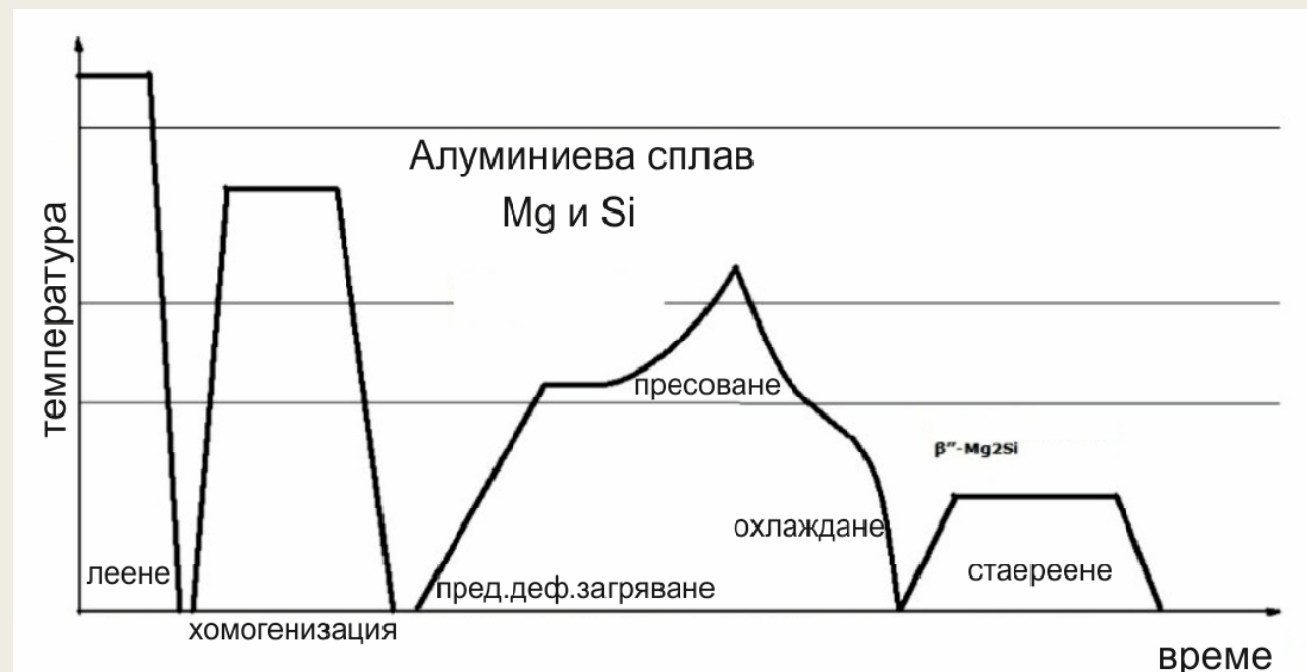
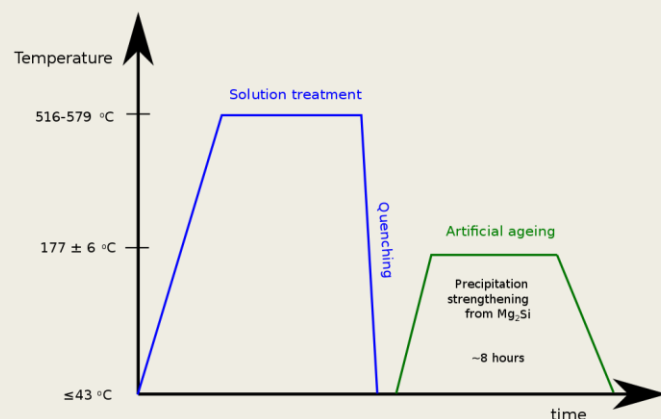
Отгряване – Непълна рекристализация, загрява се при температури под рекристализационните. Получават се междинни свойства, най често при листов прокат.

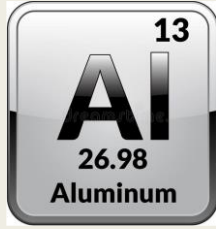
**Закаляване** - се използва за термично закалени сплави, за да се получи пренаситен твърд разтвор в структурата. Например, в сплавта Al - 4% Cu равновесната разтворимост на медта в алуминия при стайна температура е 0,2%, а след гасенето се пренасища повече от 20 пъти.

**Стареенето** - стареене на сплав, закалена до пренаситен твърд разтвор при някои (сравнително ниски) температури, при които започва разлагането на свръхнаситения твърд разтвор или настъпват структурни промени в твърдия разтвор, които са подготовка за разлагане. Целта на стареенето е допълнително увеличаване на здравината на сплавите.

# Основни термични обработки

С помощта на термична обработка можете да получите много видове структура на материала. Които отговарят на изискванията на съответните технологични норми. Топлинната обработка ви позволява да създадете структура, която няма аналог. А от там и подобри свойста на сплавта.





# Идентифициране

Сплави имат общи имена, но те могат да бъдат идентифицирани с помощта на четирицифрен номер. Първата цифра на броя идентифицира клас или серия от сплав.

1xxx- търговски чист алуминий и има четири цифри цифров идентификатор. Серия 1xxx сплави са изработени от 99% или по-висока чистота алуминий.

2XXX е мед. Най-често самолетни сплави са 2024. 2024-T351. Дуралуминиеви сплави.

3xxx е манган, обикновено с по-малко количество магнезий. 3003 се използва за направата на прибори за готвене. Сплав 3004 е еднa от сплавите, използвани за алуминиеви кутии за напитки.

4XXX е силиций.сплав 4043 се използва за тел за заваряване на автомобили и конструкции,

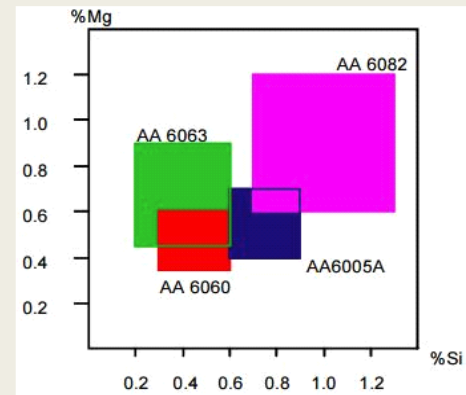
5xxx е магнезий. Съдове под налягане и резервоари за съхраняване както и различни морски приложения. Сплав 5182 се използва за направата на алуминий кутии за напитки..

6xxx - силициеви и магнезиеви. Те имат добра устойчивост на корозия и умерена здравина. Най-често срещана сплав в тази серия е 6061, която се използва за направата на рами на камиони и лодки.

7xxx - Цинкът е основната легиращ елемент. Получената сплавта и много здрава. Важни сплави са 7050 и 7075, като и двете се използват за изграждане на въздухоплавателни средства.

8xxx - Това са алуминиеви сплави, направени с други елементи. Примерите включват 8500, 8510, и 8520.

9xxx - Понастоящем, който започва с номер 9 е неизползван.



Alloying Element	Wrought
Non (99%+ Aluminum)	1XXX
Copper	2XXX
Manganese	3XXX
Silicon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium + Silicon	6XXX
Zinc	7XXX
Lithium	8XXX

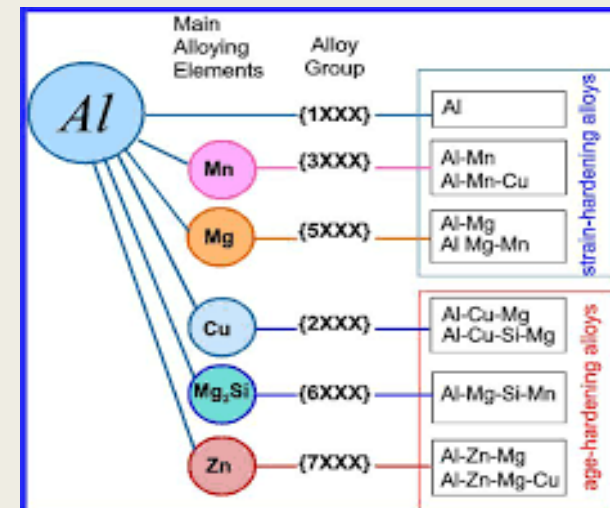
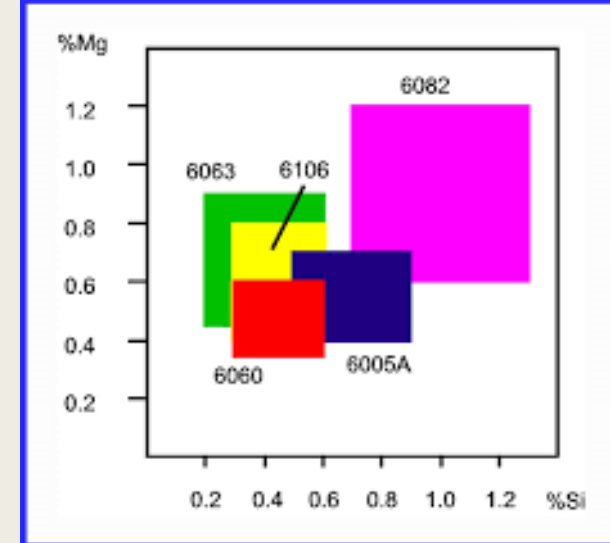


# Идентифициране

ALLOY CODE (UNI EN 573-2)	CHEMICAL COMPOSITION %									
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	IMPURITIES	
									Each	Total
EN AW-6060	0,30-0,6	0,10-0,3	0,10	0,10	0,35-0,6	0,05	0,15	0,10	0,05	0,15
EN AW-6063	0,2-0,6	0,1-0,3	0,1	0,1	0,35-0,6	0,05	0,15	0,1	0,05	0,15
EN AW-6463 BRILL	0,20-0,6	0,15	0,20	0,05	0,45-0,9	-	0,05	-	0,05	0,15
EN AW-6005	0,6-0,9	0,35	0,10	0,10	0,40-0,6	0,10	0,10	0,10	0,05	0,15

Product Code	Chemical Composition %					Diameter mm		physical properties		
	Si	Fe	Cu	Mg	AL			Tensile Mpa	Elongation % at 250 mm length	
6101	0.30 - 0.70	0.4 Max	0.05 Max	0.35-0.60	REST	9.5 ±0.5	T1	190	17	49.2
	0.30 - 0.70	0.4 Max	0.05 Max	0.35-0.60	REST	9.5 ±0.5	T4	150	23	49.2
6201	0.50-0.90	0.5 Max	0.05 Max	0.60-0.90	REST	9.5 ±0.5	T1	205	17	47.8
	0.50-0.90	0.5 Max	0.05 Max	0.60-0.90	REST	9.5 ±0.5	T4	160	21	47.8

Aluminium Alloy Number	Color of Band
1100	White
3003	Green
2014	Gray
2024	Red
5052	Purple
6053	Black
6061	Blue and Yellow
7075	Brown and Yellow





# Идентифициране ГОСТ

Химический состав и механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой (ГОСТ 4784-97)

Марка сплава	Химический состав, % (остальное Al)				d, г/см <sup>3</sup>	Упрочняющая термообработка	σ <sub>в</sub> , МПа	δ, %
	Cu	Mg	Mn	Другие элементы				
Д16	3,8...4,9	1,2...1,8	0,3...0,9	Fe 0,5; Si 0,5	2,8	Закалка 500 °С, старение 20 °С, 96 часов	470(220)	17(18)
Д18	2,2...3,0	0,2...0,5	0,2	Fe 0,5; Si 0,5	2,76	То же	300(160)	24(24)
01420	—	5,0...6,0	0,3	Li 1,9...2,3 Zr 0,09...0,15	2,5	Закалка 500 °С, старение 170 °С, 10...12 ч	450	4...5
В95	1,4...2,0	1,8...2,8	0,2...0,6	Zn 5,0...7,0 Cr 0,1...0,25	2,85	Закалка 470 °С, старение 130 °С, 16...24 ч	500...580	7...5
ВАД23	4,8...5,8	—	0,4...0,8	Li 0,9...1,4 Cd 0,1...0,25	2,72	Закалка 520 °С, старение 170 °С, 10...12 ч	550...580	4
АК8	3,9...4,8	0,4...0,8	0,4...1,0	Si 0,6...1,2	2,8	Закалка 500 °С, старение 160 °С, 6...15 ч	450...460	10
АК4-1	1,9...2,7	1,2...1,8	—	Fe 0,8...1,4 Ni 0,8...1,4; Si 0,35	2,8	Закалка 530 °С, старение 190 °С, 10 часов	430	13

Примечание. В скобках указаны значения σ<sub>в</sub> и δ дур алюминов в отожженном состоянии.

I – Сплав Al – Si – Mg

II – Сплав Al – Si – Cu

III – Сплав Al – Cu

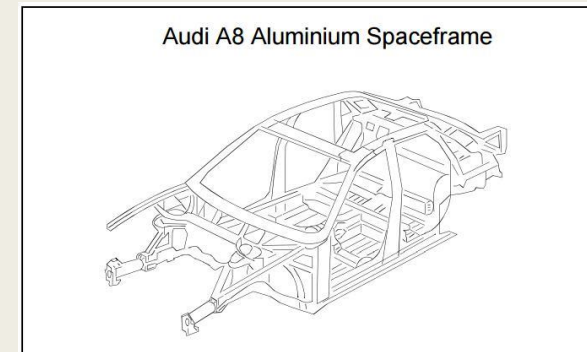
IV – Сплав Al – Mg

V – Други сплави алюминий

Группа сплава	Марка сплава	Старая марка сплава	Массовая доля элементов, %					
			Mg	Si	Mn	Cu	Ti	Прочие
I	АК12	АЛ2	—	10–13	—	—	—	—
	АК8л	АЛ34	0,4–0,6	6,5–8,5	—	—	0,1–0,3	Be 0,15–0,4
II	АК5М	АЛ5	0,4–0,6	4,5–5,5	—	1,0–1,5	—	—
	АК8М	АЛ32	0,3–0,5	7,5–9	0,3–0,5	1,0–1,5	0,1–0,3	—
III	АМ5	АЛ19	—	—	0,6–1,0	4,5–5,3	0,15–0,35	—
	АМ4,5Кл	ВАЛ10	—	—	0,35–0,8	4,5–5,1	0,15–0,35	Cd 0,07–0,25
IV	АМг5К	АЛ13	4,5–5,5	0,8–1,3	0,1–0,4	—	—	—
	АМг10	АЛ27	9,5–10,5	Zr 0,05–0,20	—	—	0,05–0,15	Be 0,05–0,15
V	АК7Ц9	АЛ11	0,1–0,3	6,0–8,0				Zn 7,0–12,0
	АЦ4Мг	АЛ24	1,5–2,0	—	0,2–0,5	—	0,1–0,2	Zn 3,5–4,5

ГОСТ 1583–89

# Приложение



Категория профиля	Тип профиля	Примеры
A	Простые прутки	
B	Профильные прутки	
C	Стандартные профили	
D	Простые сплошные профили	
E	Полузакнутые профили	
F	Профили с резкими изменениями толщины; широкие профили	
G	Профили со сложными или узкими полузакнутыми полостями	
H	Трубы	
J	Простые полые профили	
K	Сложные полые профили; полые профили с двумя или более полостями	
L	Трубы с наружными ребрами	
M	Трубы с внутренними ребрами или K+L	
N	Большие или широкие полые профили	

Категории сложности алюминиевых профилей  
(Lau and Stenger, Extrusion, American Society for Metals, 1981)

Възможно изцяло да бъде рециклирано без да губи  
качествата си

# Литература:

- Металловедение алюминия и его сплавов / Под ред. И.Н. Фридляндера. М.: Металлургия, 1971.
- Гуляев А.П. Металловедение. М.: Оборонгиз, 1956; Колобнев И.Ф. Термическая обработка алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1961.
- Бочвар Л.Л. Металловедение. 5-е изд. М.: Металлургиздат, 1956
- Гуляев, А., Металловедение, М., Металлургия, 1977.
- Бучков, Д. и М. Кънев, Материалознание, С., Техника, 1998.
- сайт на [Alumetal, Poland](#) - producer of aluminium casting alloys, steel deoxidation aluminium and master alloys.
- сайт на [Egyptalum, Egypt](#) - aluminium alloys slabs, billets, wire rod, T-bars and ingots.
- сайт на [Zimalco, South Africa](#) - secondary aluminium producer, master alloys, foundry alloys, deoxidants and powders.
- сайт на [aluminium-guide.com/](http://aluminium-guide.com/)



БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО