

# Цветные сплавы

## Классификации –

**Легкие сплавы** (обладают малой плотностью): алюминиевые, берилиевые, магниевые и титановые сплавы.

**Тугоплавкие металлы** (обладают температурой плавления выше  $2200^{\circ}\text{C}$ ):

ниобий, молибден, тантал, вольфрам.

**Антифрикционные сплавы** (оптимальные свойства в паре трения): медные сплавы.

**Легкие сплавы** дают возможность снизить массу конструкций при повышении их прочности и жесткости.

Удельная прочность - отношение прочности к плотности ( $\sigma_{\text{в}}/\rho$ ).

Так, дуралюмин при одинаковой прочности со сталью 20 в три раза легче и его удельная прочность в три раза выше.

Легкие сплавы нашли широкое применение в авиационной, автомобильной, судостроительной промышленности

# Алюминий



Его плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>,  $T_{пл}$  658°С.  
Алюминий имеет кубическую  
гранцентрированную решетку без  
полиморфных превращений.

В отожженном состоянии алюминий обладает малой прочностью ( $\sigma_B = 80-120$  МПа) и твердостью (25 НВ), но большой пластичностью ( $\delta = 35-45\%$ ). Отличается высокой коррозионной стойкостью в пресной воде, атмосфере.

Высокая коррозионная стойкость обусловлена образованием на поверхности металла пленки оксида. Эта пленка обладает хорошим сцеплением с металлом благодаря близости их удельных объемов и предохраняет металл от дальнейшей коррозии.

# Алюминиевые сплавы

Различают литейные и деформируемые алюминиевые сплавы.

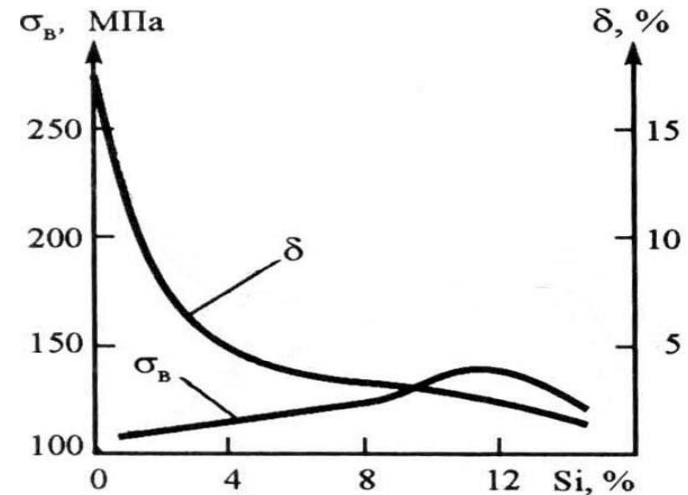
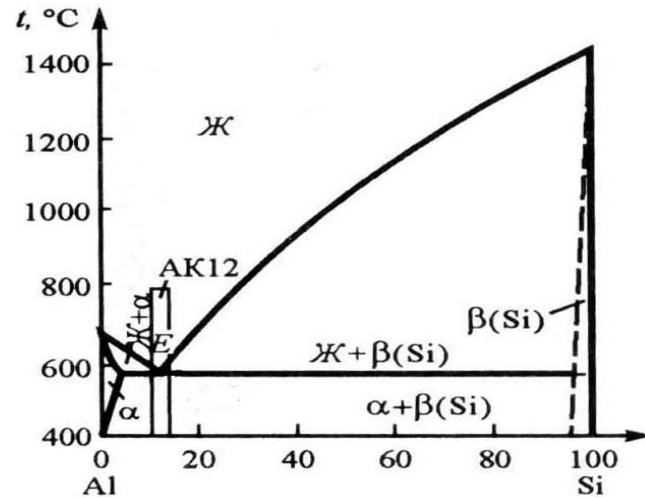
*Литейные сплавы алюминия* это эвтектические сплавы с узким температурным интервалом кристаллизации и низкой температурой плавления. Маркируются буквами АК и числом, показывающим условный номер сплава.

Наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием, образующие эвтектику при содержании 11,6 % кремния. Эти сплавы называются *силуминами*.



**На фото:** отливки из силумина – маслонасос автомобиля

# Силумин



Широко применяется силумин АК12, содержащий 10-12 % кремния и модифицированный добавками малого количества натрия (0,5-0,8 %).

Модифицированный силумин имеет очень хорошие литейные свойства, но малую прочность ( $\sigma_B = 180 \text{ МПа}$ ). Уменьшение содержания кремния и добавка небольшого количества магния и марганца (АК9) ухудшает литейные свойства силуминов, но улучшает механические. Эти сплавы являются дисперсионно твердеющими и упрочняются закалкой и старением.

*Деформируемые сплавы алюминия* - это сплавы на основе твердого раствора легирующих элементов в кристаллической решетке алюминия.

Эти сплавы делятся на неупрочняемые термообработкой и упрочняемые.

К неупрочняемым относят сплавы алюминия с марганцем и магнием.

К упрочняемым термообработкой относится дуралюмин. Он имеет наибольшую плотность ( $3 \text{ г/см}^3$ ) и высокую прочность ( $\sigma_{\text{в}}$  до 700 Па).

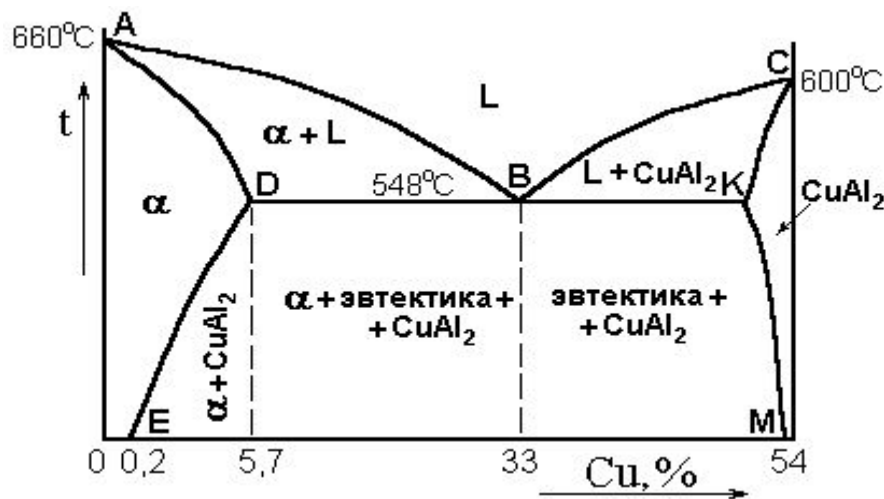
Деформируемые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, умеренной прочностью, высокой пластичностью, хорошо свариваются.



Они применяются для изготовления проволоки, фасонных профилей и различных деталей, получаемых прокаткой, ковкой, штамповкой или прессованием.

# Дуралюмин

Дуралюмин маркируют буквой Д и порядковым номером: Д1, Д16, Д18. Легирующими компонентами является медь (до 5 %), магний (до 1 %), марганец (до 2 %), титан и др.



Термообработка дуралюмина заключается в закалке и старении. В результате термической обработки прочность дуралюмина повышается в два раза, а пластичность практически не меняется. Дуралюмин обладает высокой удельной прочностью. Из сплава марки Д16 делают обшивку, лонжероны самолетов, кузова автомашин и т. д.

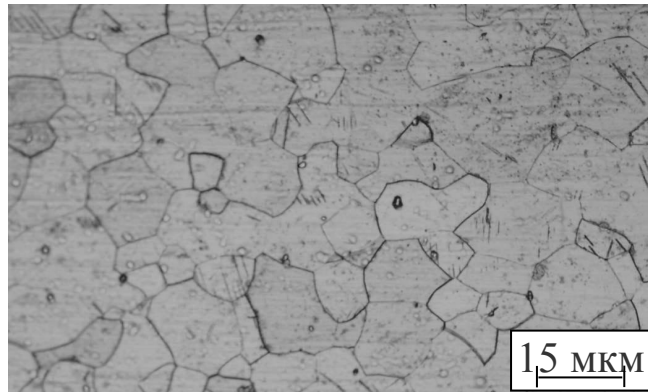
# Титан

Его плотность 4,5 г/см<sup>3</sup>,  $T_{пл}$  1670 °С. Ниже 882 °С существует  $\alpha$ -титан, имеющий ОЦК решетку.

При 882 °С и выше существует  $\beta$ -титан, имеющий ГПУ решетку.

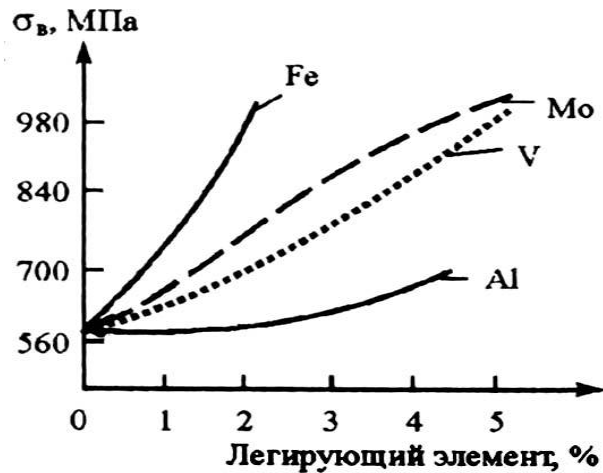
Технически чистый титан маркируется ВТ1-00, ВТ1-0.

Главное преимущество титана и его сплавов состоит в сочетании высоких механических свойств с коррозионной стойкостью в агрессивных средах и относительно низкой плотностью. Прочность титана  $\sigma_B$  - 300-500 МПа,  $\delta = 20-30 \%$ .



Главные недостатки титана – высокая стоимость, низкая износостойкость, склонность к взаимодействию с газами при температурах выше 500-600 °С.

# Титановые сплавы



Главная цель легирования титана – повышение механических свойств.

Al, Fe, Mn, Cr, Sn, V -повышают прочность титана, несколько снижая при этом пластичность и вязкость.

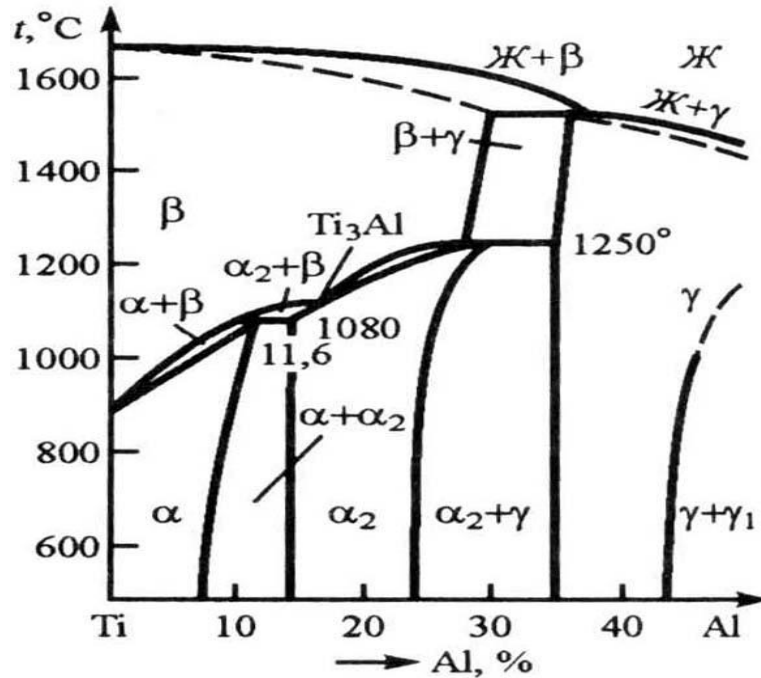
Al, Zr, Mo, Sn - увеличивают жаропрочность. Mo, Zr, Nb, Ta - повышают коррозионную стойкость. По влиянию на температуру полиморфного превращения все легирующие элементы в титановых сплавах делятся на  $\alpha$ -стабилизаторы (Al),  $\beta$ -стабилизаторы (Mo, V, Mn, Fe, Cr и др.) и нейтральные (Sn, Zr) .

По структуре после отжига титановые сплавы делятся  $\alpha$ -сплавы, псевдо -  $\alpha$ -сплавы (до 5 %  $\beta$ -фазы), ( $\alpha+\beta$ )-сплавы, псевдо -  $\beta$ -сплавы (очень небольшое количество  $\alpha$ -фазы) и  $\beta$ -сплавы.



## Деформируемые сплавы.

Это  $\alpha$ -сплавы марок ВТ5 (5 % Al) и ВТ5-1 (5% Al и 2,5 % Sn); псевдо- $\alpha$ -сплавы ОТ4 (3,5 % Al, 1,5 % Mn), ВТ4 (5 % Al, 1,5 % Mn); ( $\alpha+\beta$ )-сплавы ВТ6 (6 % Al, 4,5 % V), ВТ16 (2,5 % Al, 5 % Mo, 5 % V); псевдо- $\beta$ -сплавы ВТ 15 (3 % Al, 7 % Mo, 11 % Cr).



Эти сплавы упрочняются закалкой и старением за счет выделения мелкодисперсных частиц  $\alpha$ -фазы при распаде мартенсита неустойчивой  $\beta$ -фазы. В зависимости от химического состава закалка производится от 700-900 °С, а старение при 420-600 °С.



Микроструктура титанового сплава ВТ6 после закалки ( $\times 400$ )

*Литейные сплавы* титана по составу аналогичные деформируемым. В конце марки они имеют букву Л. По структуре они относятся к  $\alpha$ -сплавам (BT1Л, BT5Л) или ( $\alpha+\beta$ )-сплавам с небольшим количеством  $\beta$ -фазы (BT3-1 Л, BT14Л). Литейные титановые сплавы имеют меньшую прочность и пластичность, чем деформируемые. Упрочняющая термическая обработка для них не применяется, так как при этом резко снижается пластичность.



Область применения титановых сплавов очень велика: в авиации (обшивка самолетов, лопадки компрессоров); в ракетной технике (корпуса двигателей); в химическом машиностроении (детали, работающие в азотной кислоте, хлоре):

в судостроении (обшивка морских судов); в энергомашиностроении (диски, лопадки стационарных турбин); в криогенной технике.

# Медь

Плотность - 8,93 г/см<sup>3</sup>, T<sub>пл</sub> = 1083 °С.

$\sigma_{\text{в}} = 250$  МПа,  $\delta = 45-60$  %, твердость 60 НВ.

Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет.

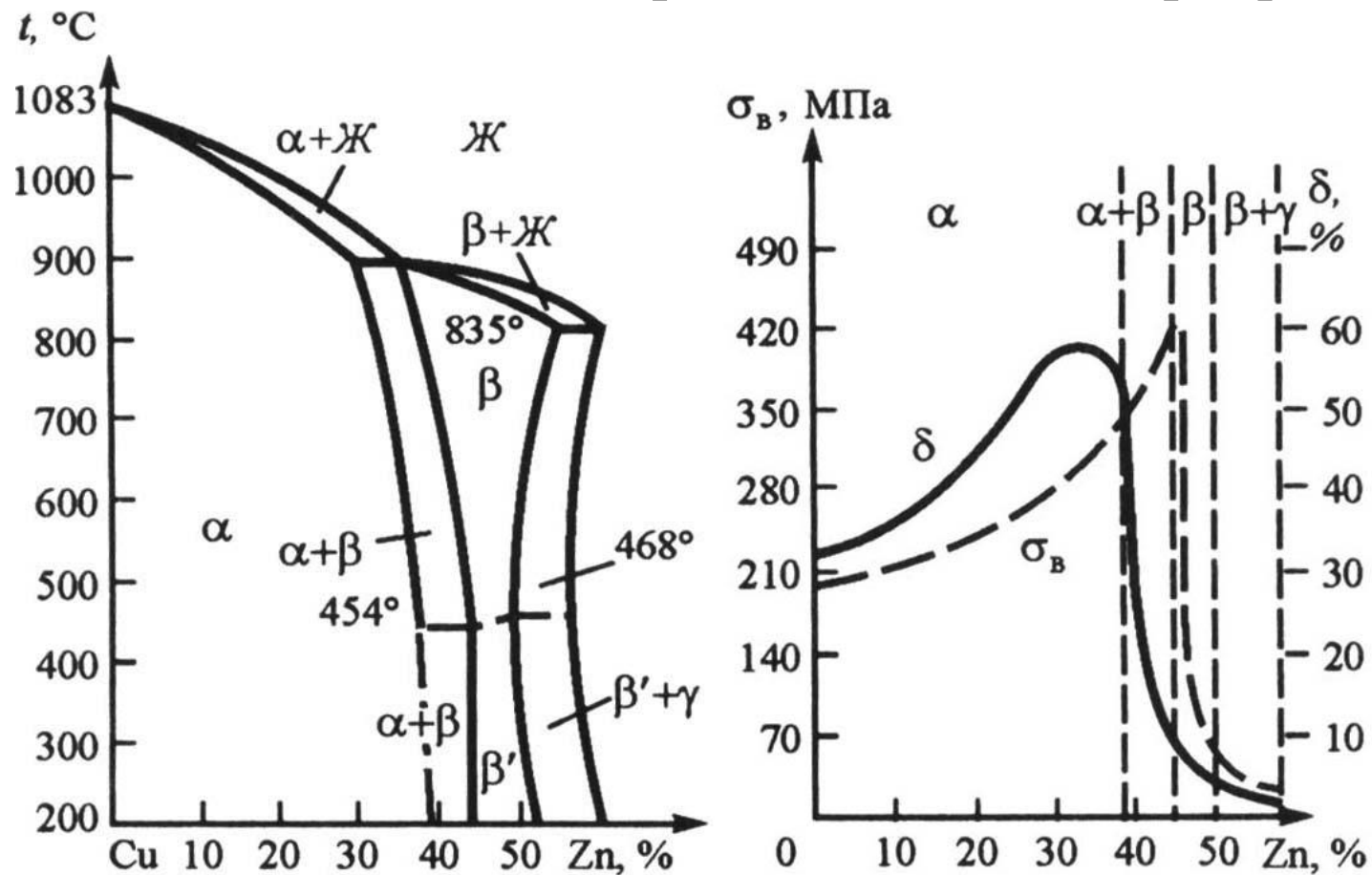
Маркируется буквой М и цифрами, зависящими от содержания примесей.

Например: медь М00 (0,01 % примесей), М0 (0,05 %), М1 (0,1 %)

Широкое использование в промышленности имеют сплавы меди с другими элементами – **латуни и бронзы.**

# Латуни

Сплав меди с цинком называется латунью. Механические свойства латуни – прочность и пластичность – выше, чем меди, она хорошо обрабатывается резанием, давлением, характеризуется высокими коррозионной стойкостью, теплопроводностью, электропроводностью.





Микроструктура двухфазной латуни ЛМцСКА

При содержании цинка до 39% латунь является однофазной -  $\alpha$ -твёрдый раствор цинка в меди ( $\alpha$ -латунь). При большем содержании цинка латунь двухфазная: в её структуре появляется хрупкая  $\beta$ -фаза - твёрдый раствор на базе соединения Cu и Zn ( $\alpha+\beta$  латунь). При содержании цинка более 45% структура латуни состоит только из  $\beta$ -фазы.

### Латуни маркируются буквой Л.

В *деформируемых латунях* указывается содержание меди и легирующих элементов: О – олово, А – алюминий, К – Si, Н – Ni, Мц – Mn.

Содержание элементов дается в процентах после буквенных обозначений. Например, латунь ЛАЖ 60-1-1 содержит 60% Cu, 1% Al, 1% Fe и 38 % Zn.

В марках *литейных латуней* указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв, их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40 % цинка, 3 % марганца, менее 1 % алюминия и 36 % меди.

# Бронзы

Сплав меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, называют бронзой.

По основному легирующему элементу бронзы делятся на *оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые* и др.

Бронзы обладают хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием. Большинство бронз отличаются высокой коррозионной стойкостью и широко используются как антифрикционные сплавы.

По технологическому признаку бронзы делят на *деформируемые* и *литейные*.

**Маркируются** бронзы буквами **Бр**, за которыми показывается содержание легирующих элементов в %. Обозначения легирующих элементов и отличия в марках деформируемых и литейных сплавов у бронз такие же, как у латуней. Например, деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5 % олова и 0,4 % фосфора, а литейная бронза БрОЗЦ7С5Н – 3 % олова, 7 % цинка, 5 % свинца, менее 1 % никеля.