АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

АЛЮМИНИЙ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА

- **Алюминий(лат. Aluminium, от alumen - квасцы) - химический элемент III гр. *Серебристо-белый металл, легкий, пластичный*, с высокой электропроводностью, $t_{пл}$ = 660 □С. Химически активен (на воздухе покрывается защитной оксидной пленкой). Алюминий имеет решётку гранецентрированного куба, устойчив при температурах от -269 □С до точки плавления (660 □С).**

Алюминий –по распространенности в природе занимает **4-е место среди элементов** и **1-е среди металлов** (8,8% от массы земной коры)- ***самый распространенный металл на Земле***.

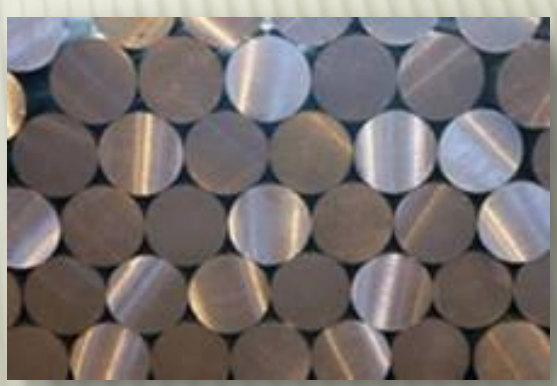
Однако алюминиевых рудников в природе не существует.

Благодаря своей химической активности алюминий практически не встречается в свободном виде — для промышленного производства подходят лишь немногие из содержащих его минералов и горных пород. Известно несколько сотен минералов Алюминия (***алюмосиликаты, бокситы, алуниты*** и др.). **Получают электролизом глинозема Al_2O_3 в расплаве криолита Na_3AlF_6 при 950 □С.**

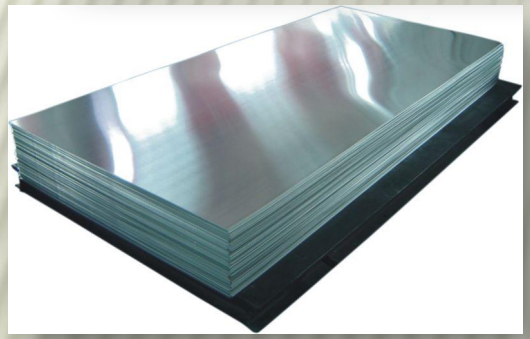
Большинство алюминиевых сплавов имеют высокую коррозионную стойкость в естественной атмосфере, морской воде, растворах многих солей и химикатов и в большинстве пищевых продуктов. Последнее свойство в сочетании с тем, что алюминий не разрушает витамины, позволяет широко использовать его в производстве посуды. Конструкции из алюминиевых сплавов часто используют в морской воде. ***Морские бакены, спасательные шлюпки, суда, баржи строятся из сплавов алюминия с 1930 г.*** В настоящее время длина корпусов кораблей из сплавов алюминия достигает 61 м. Существует опыт алюминиевых подземных трубопроводов, сплавы алюминия обладают высокой стойкостью к почвенной коррозии. В 1951 году на Аляске был построен трубопровод длиной 2,9 км. После 30 лет работы не было обнаружено ни одной течи или серьёзного повреждения из-за коррозии.

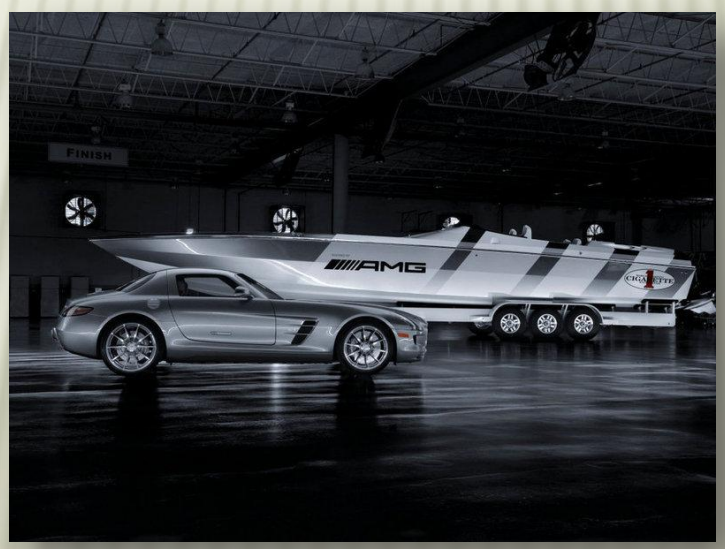
- **Алюминий в большом объёме используется в строительстве в виде облицовочных панелей, дверей, оконных рам, электрических кабелей**. Алюминиевые сплавы не подвержены сильной коррозии в течение длительного времени при контакте с бетоном, строительным раствором, штукатуркой, особенно если конструкции не подвергаются частому намоканию. При частом намокании, если поверхность алюминиевых изделий не была дополнительно обработана, он может темнеть, вплоть до почернения в промышленных городах с большим

ИЗДЕЛИЯ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ



ИЗДЕЛИЯ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ





Классификация сплавов

- По химическому составу
- По технологии переработки в изделия
- По способности к термической обработке
- По механическим свойствам

По химическому составу

Силумин (сплав алюминия с кремнием)

Дюралюминий (сплав с медью, марганцем и магнием)

Сплав алюминия с магнием

ДУРАЛЮМИНЫ

- **Дуралюмины** (dur (франц) – твердый) - это сплавы *алюминия с медью (2,2 –4,8% Cu), магнием (0,4 – 2,4% Mg) и марганцем (0,4 – 0,8% Mn).* Эти сплавы широко распространены и обозначаются буквой **Д** и цифрами, которые являются условными номерами сплавов, например **Д1, Д6, Д16** и т.д. Дуралюмины повышенного качества обозначают буквой **А**, например **Д16А**. Сплавы типа дуралюминий имеют невысокую коррозионную стойкость, поэтому их защищают от коррозии плакированием – нанесением на поверхность защитный слой из чистого алюминия. Из дуралюминия изготавливают элементы самолетов, кузова автомобилей и т.д.

СИЛУМИНЫ

- **Силумины** - сплавы на основе алюминия с большим содержанием кремния (**Si**)
- **Силумины** маркируются буквами **АЛ** и порядковой цифрой, не характеризующей ни состав, ни свойства сплава: **АЛ2, АЛ3** и т.д. Содержание кремния в сплаве в зависимости от марки составляет **5 –14%** и большинство сплавов являются доэвтектическими, эвтектика содержит **11,6% Si**. Чем больше в сплаве эвтектики, тем лучше литейные свойства.
- Свойства силуминов зависят от химического состава, технологии изготовления и термообработки. Так, добавление **Mg, Cu, Mn, Ti** - **повышают твердость и прочность**, модифицированные смесью NaCl и NaF (1/3NaCl + 2/3NaF, 2 – 3% от массы отливки) обеспечивает мелкозернистую структуру и повышение на 30 –50% прочности и в 3 – 10 раз пластичности.
- Из силуминов изготавливают литые детали приборов, фасонное литье, корпуса и т.д.

По технологическим свойствам

- Спеченные
- Деформируемые
- Литейные

СПЕЧЕННЫЕ СПЛАВЫ

Упрочняемые термической обработкой

- Жаропрочные(АК4п)
- Высокопрочные(В95п)
- Нормальной прочности(Д16п)

Неупрочняемые термической обработкой

- С низким коэффициентом линейного расширения и высоким модулем упругости (САС-1,САС-2)
- Жаропрочные(Сап-1,Сап-2)

- **Спеченные алюминиевые сплавы** подразделяют на САП – спеченные алюминиевые порошки и САС – спеченные алюминиевые сплавы.
- **САП** - сплавы, состоящие из **Al** и 20-22% **Al_2O_3**
- **Технология получения деформируемых жаропрочных материалов САП заключается в следующем**. Технически чистый алюминий превращается в пудру, частицы которой имеют толщину около 1 мкм и двухфазную структуру: на поверхности пленка Al_2O_3, а внутри Al. Чем мельче частицы, тем больше их поверхность и тем выше содержание.
- Полученные порошки брикетируют и спекают при 590 – 620°С. В настоящее время получают четыре марки сплавов: САП – 1, САП – 2, САП – 3, САП – 4, где цифра – номер сплава, рост которой показывает пропорциональное увеличение доли Al_2O_3 от 6 – 9% (САП – 1) до 18 – 22% (САП – 4). Из спеченных заготовок с помощью горячей или холодной деформации получают лопатки компрессоров, трубы и т. д.
- Физические свойства САП близки к свойствам чистого алюминия, но они имеют повышенную жаропрочность и могут длительное время работать при температурах 350 –500°С, а кратковременно и при более высоких температурах. С увеличением содержания Al_2O_3 жаропрочность САП увеличивается.
- Эти сплавы находят применение в самолето- и судостроении, в атомных реакторах и в химической промышленности и т. д. Из них делают детали реактивных двигателей.

- **Сплавы САС получают так же, как и сплавы САП**. Отличие в составе порошков. Для сплавов САС используют смесь порошка алюминия или алюминиевого сплава с порошками легирующих элементов (Fe, Cr, Ni и др.). При изготовлении САС стремятся получить минимальное количество Al_2O_3. Изделия из САС получают теми же методами, что и из сплавов САП.
- Сплавы САС характеризуются высокой твердостью 120НВ и прочностью $\sigma_в$ = 2600 кг/см^2 (260 МПа) при комнатной температуре, но с повышением температуры прочность падает. Их используют до 350 – 400°С.
- САС можно получить с особыми физическими свойствами, подбирая соответствующий комплекс легирующих элементов. Они могут заменять даже сталь.

ДЕФОРМИРУЕМЫЕ СПЛАВЫ

Упрочняемые термической обработкой

- Коррозионно-стойкие(АД31,АД33)
- Повышенной пластичности:
- при комнатной температуре(Д18)
- при повышенной температуре (АК6,АК8)
- Жаропрочные(АК4,Д20,Д21)
- Высокопрочные(В95,В96,ВАД23-3)
- Нормальной прочности(Д1,Д16-2)

Неупрочняемые термической обработкой

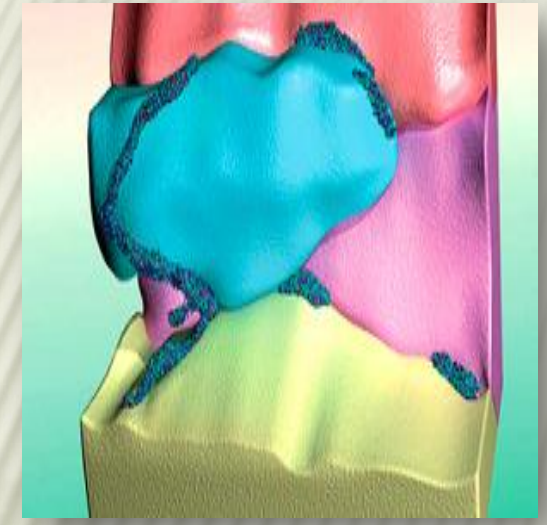
- Повышенной пластичности (АМц1,АМц2)

ДЕФОРМИРУЕМЫЕ СПЛАВЫ

- Деформируемые сплавы - это сплавы, которые подвергают горячей и холодной обработке давлением - прокатке, прессованию, ковке или штамповке, волочению, В результате пластической деформации из них получают различные круглые, плоские, полые полуфабрикаты: листы, ленты, прутки, плиты, профили, поковки, трубы, штамповки, проволоку, К деформируемым сплавам относятся также сплавы для сварки,
-
- Деформируемые сплавы, полученные на основе первичного алюминия, поставляются в виде заготовок и полуфабрикатов, приготовленные на основе вторичного алюминия - в виде чушек, Последние могут быть использованы для подшихтовки при производстве полуфабрикатов из алюминиевых сплавов,
- Деформируемые сплавы составляют основной объем производства алюминиевых сплавов (до 80%),

- Деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой содержат марганец или магний. Сплав алюминия с марганцем обозначают **АМц** (до 1,6% Mn) , а сплавы алюминия с магнием **АМг (**до 0,8% Mn и 5,8% Mg) при этом среднее содержание магния в процентах дополнительно обозначают цифрами **АМг3, АМг6**.
- Магний эффективно действует как упрочнитель: прочность **АМг6** в **3 раза больше чем алюминия**. Марганец не только упрочняет сплав, но и повышает коррозионную стойкость сплава.
- Прочность сплавов АМг и АМц можно повысить только пластической деформацией в холодном состоянии. Чем больше степень деформации, тем значительно возрастает прочность и понижается пластичность. **Степень нагартованности** отмечают буквами П – полунагартованные, Н – нагартованные и М – отожженные (мягкие), например **АМг3П, АМг3Н, АМг3М**.
- Из этих сплавов изготавливают сварные и клепаные конструкции для работы в агрессивных средах – топливо, азотная кислота, трубопроводы, перегородки и палубные надстройки, мачты судов и т.д.

СПЛАВ ПРОЧНЕЕ СТАЛИ



- Группа исследователей из нескольких университетов Австралии, России и США сумела создать алюминиевый сплав, который, сохраняя присущую алюминию лёгкость, выдерживает нагрузку как высокопрочная сталь.
- За основу авторы опыта взяли «авиакосмический» алюминиевый сплав марки 7075, содержащий магний, цинк и ряд других добавок. Тонкий диск из такого материала физики подвергли скручиванию при давлении около 60 тысяч атмосфер (high-pressure torsion).
- Далее учёные оставили образец на месяц при комнатной температуре, для естественного старения. Измерив предел текучести, исследователи получили значение около одного **гигапаскаля**, что близко к показателям высокопрочных сталей и даже превышает соответствующий параметр для **лучшей стали марки**.

Зёрна алюминия в нем хорошо подогнаны друг к другу, при этом добавки в сплав играют роль цемента в кирпичной кладке. Физики считают, что такой сплав пригодится там, где необходимо сочетание низкого веса с очень высокой прочностью: в пластинах для бронежилетов, небольших, но ответственных деталях машин или в медицинских имплантатах.

МАРКИРОВКА

- В конце 60-х годов была введена четырехзначная цифровая маркировка, основанная на системе легирования.
- Первая цифра в этой маркировке обозначает основу сплава.
- Алюминий и сплав на его основе маркируют цифрой 1,
- Вторая цифра обозначает основной легирующий компонент или основные легирующие компоненты,
- Вторая цифра О обозначает различные марки алюминия, спеченные алюминиевые сплавы (САС), различные сорта пеноалюминия.
- Цифрой 1 обозначают сплавы системы Al-Cu-Mg,
- цифрой 2 - сплавы системы Al-Cu,
- цифрой 3 - сплавы системы Ali-Mg-Si,
- цифрой 4 - сплавы системы Al-Li, а также сплавы, легированные малорастворимыми компонентами, например, переходными металлами (марганцем, хромом, цирконием);
- сплавы, замаркированные цифрой 5, базируются на системе Al-Mg и называются магналиями;
- сплавы систем Al-Zn-Mg илиAl-Zn-Mg-Cu обозначаются цифрой 9,
- Цифры 6,7 и 8 - резервные,
- Последние две цифры в цифровом обозначении алюминиевого сплава - это его порядковый номер, Последняя цифра несет дополнительную информацию: **сплавы, оканчивающиеся на нечетную цифру - деформируемые; на четную - литейные,**
- Если сплав опытный и не используется в серийном производстве, то перед маркой ставится цифра О (01570; 01970) и маркировка становится пятизначной,

МАРКИРОВКА

- В конце 60-х годов была введена четырехзначная цифровая маркировка, основанная на системе легирования.
- Первая цифра в этой маркировке обозначает основу сплава.
- Алюминий и сплав на его основе маркируют цифрой 1,
- Вторая цифра обозначает основной легирующий компонент или основные легирующие компоненты,
- Вторая цифра О обозначает различные марки алюминия, спеченные алюминиевые сплавы (САС), различные сорта пеноалюминия.
- Цифрой 1 обозначают сплавы системы Al-Cu-Mg,
- цифрой 2 - сплавы системы Al-Cu,
- цифрой 3 - сплавы системы Ali-Mg-Si,
- цифрой 4 - сплавы системы Al-Li, а также сплавы, легированные малорастворимыми компонентами, например, переходными металлами (марганцем, хромом, цирконием);
- сплавы, замаркированные цифрой 5, базируются на системе Al-Mg и называются магналиями;
- сплавы систем Al-Zn-Mg илиAl-Zn-Mg-Cu обозначаются цифрой 9,
- Цифры 6,7 и 8 - резервные,
- Последние две цифры в цифровом обозначении алюминиевого сплава - это его порядковый номер, Последняя цифра несет дополнительную информацию: **сплавы, оканчивающиеся на нечетную цифру - деформируемые; на четную - литейные,**
- Если сплав опытный и не используется в серийном производстве, то перед маркой ставится цифра О (01570; 01970) и маркировка становится пятизначной,

МАРКИРОВКА

- В начале указывается тип сплава:
- **Д** – сплавы типа дюралюминов
- **А** – технический алюминий;
- **АК** – ковкие алюминиевые сплавы; В – высокопрочные сплавы;
- **АЛ** – литейные сплавы.
- Далее указывается условный номер сплава. За условным номером следует обозначение, **характеризующее состояние сплава: М – мягкий (отожженный); Т** – термически обработанный (закалка плюс старение); **Н** – нагартованный; **П** – полунагартованный

МАРКИРОВКА

- В конце 60-х годов была введена четырехзначная цифровая маркировка, основанная на системе легирования.
- Первая цифра в этой маркировке обозначает основу сплава.
- Алюминий и сплав на его основе маркируют цифрой 1,
- Вторая цифра обозначает основной легирующий компонент или основные легирующие компоненты,
- Вторая цифра О обозначает различные марки алюминия, спеченные алюминиевые сплавы (САС), различные сорта пеноалюминия.
- Цифрой 1 обозначают сплавы системы Al-Cu-Mg,
- цифрой 2 - сплавы системы Al-Cu,
- цифрой 3 - сплавы системы Ali-Mg-Si,
- цифрой 4 - сплавы системы Al-Li, а также сплавы, легированные малорастворимыми компонентами, например, переходными металлами (марганцем, хромом, цирконием);
- сплавы, замаркированные цифрой 5, базируются на системе Al-Mg и называются магналиями;
- сплавы систем Al-Zn-Mg илиAl-Zn-Mg-Cu обозначаются цифрой 9,
- Цифры 6,7 и 8 - резервные,
- Последние две цифры в цифровом обозначении алюминиевого сплава - это его порядковый номер, Последняя цифра несет дополнительную информацию: **сплавы, оканчивающиеся на нечетную цифру - деформируемые; на четную - литейные,**
- Если сплав опытный и не используется в серийном производстве, то перед маркой ставится цифра О (01570; 01970) и маркировка становится пятизначной,

СВОДНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ МАРОК АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ ПО ГОСТУ, ОСТАМ

- **Алюминий:**
- АДоч, АДч, АД000, АД00 (1010), АДС, АД (1015)
- **Сплав системы Al-Cu-Mg:**
- Д1 (1100), В65 (1165), Д16 (1160), Д18 (1180), АК4 (1140), АК4-1 (1141), АК6 (1360), АК8 (1380)
- **Сплавы системы Al-Mn:**
- ММ (1403), АМцС (1401), АМц (1400), Д12
- **Сплавы системы Al-Mg:**
- АМг1 (1510), АМг3 (1530), АМг3С, АМг5 (1540), АМг4,5, АМг5 (1550), АМг6 (1560), АД33 (1330), АД35 (1340)
- **Сплавы системы Al-Zn:**
- В95 (1950), 1915, 1925, 1925С

ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

Упрочняемые термической обработкой

- Жаропрочные(АЛ19)
- Высокопрочные(АЛ27,АЛ32)
- Нормальной прочности(АЛ3,АЛ4,АЛ9)

Неупрочняемые термической обработкой

- Антифрикционные(АСМ, АО20-1, АО9_2)
- Низкой прочности(АЛ2)