

# **Материалы с малой плотностью**

---

Используются в авиации, ракетной и космической технике, автомобилестроении и др. отраслях техники

---

Основными конструкционными легкими материалами являются пластмассы, цветные металлы Al, Mg, Ti, Be и сплавы на их основе.

# **Алюминий и его сплавы**

---

Алюминий – металл серебристого-белого цвета. Не имеет полиморфных превращений и кристаллизуется в решетке ГЦК с периодом  $a=0,4041$  нм.

---

Обладает:

- Малой плотностью
- Высокой теплопроводностью
- Высокой электрической проводимостью
- Высокой пластичностью
- Высокой коррозионной стойкостью

Примеси алюминия – ***Fe, Si, Cu, Zn, Ti*** ухудшают свойства

## Алюминий подразделяют на три класса:

---

- Особой чистоты **A999** (примесей до 0,001%)
- Высокой чистоты **A995, A99, A97, A95** (примесей от 0,005 до 0,05%)
- Технической чистоты **A85, A8** (примесей от 0,15 до 1%)

Технический алюминий в виде деформируемого полуфабриката (листы профили, прутки) маркируют **АДО, АД1**

# **Механические свойства алюминия**

## Алюминиевые сплавы характеризуются:

---

- Высокой удельной прочностью
- Способностью сопротивляться инерционным и динамическим нагрузкам
- Хорошей технологичностью
- Временное сопротивление достигает 500-700МПа
- Большинство сплавов имеет хорошую коррозионную стойкость

## Основные легирующие элементы:

---

***Cu, Mg, Si, Mn, Zn;*** реже ***Li, Ni, Ti***

Многие легирующие элементы образуют твердые растворы ограниченной переменной растворимости и промежуточные фазы ***CuAl<sub>2</sub>*** , ***Mg<sub>2</sub>Si***

Это дает возможность подвергать сплавы упрочнению термической обработкой, состоящей из закалки на пересыщенный твердый раствор и естественного или искусственного старения

# Диаграмма состояния алюминий – легирующий элемент

**A**-деформируемые  
сплавы

**B**-литейные сплавы

**I**-сплавы,  
неупрочняемые  
термической  
обработкой

**II**-сплавы,  
упрочняемые  
термической  
обработкой

# **Влияние легирующих элементов на температуру рекристаллизации алюминия**



# Химический состав (ГОСТ 4784-74) и механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов

# Диаграммы состояния

# Химический состав (ГОСТ 2685-75) и механические свойства литейных алюминиевых сплавов



# Микроструктура сплава АЛ2, х340

а-до модифицирования

б-после модифицирования

# Диаграмма состояния *Al-Si*



# Гранулированные сплавы

---

Получают путем компактирования из частиц (гранул), отлитых со сверхвысокой скоростью кристаллизации.

Получают пересыщенные твердые растворы в 2-5 раз (**Cr, V, Mn, Ti, Zr**)

Горячее компактирование сплава при 400-450°C и выпадение интерметаллидных фаз (**Al<sub>6</sub>Mn, Al<sub>7</sub>Cr, Al<sub>3</sub>Zr** и др.) повышают температуру рекристаллизации

Готовые полуфабрикаты (изделия) имеют чрезвычайно мелкозернистую структуру

Гранулированные сплавы с элементами, практически нерастворимыми в равновесных условиях и сильно отличающиеся по плотности

---

Такие сплавы имеют гетерогенную структуру – алюминиевая матрица с равномерно распределенными дисперсными включениями второй фазы (интерметаллидами) **Fe, Ni, Co**. Они упрочняют сплав

В сплавах с легкоплавкими металлами **Sn, Pb** присутствуют чистые металлы, соответственно **олова и свинца**. Эти сплавы обладают хорошими антифрикционными свойствами.

## **Сплавы на основе магния**

---

Корпуса приборов, насосов, корпуса ракет, обтекатели, топливные и кислородные баки, стабилизаторы и др.

Магний – серебристо-белого цвета, не имеет полиморфных превращений, решетка ГП с периодом  $a=0,3202$  нм,  $c=0,5199$  нм

---

Обладает:

- Низкой плотностью
- Хорошей обрабатываемостью резанием
- Способностью воспринимать ударные и гасить вибрационные нагрузки
- Низкая пластичность
- Низкая коррозионная стойкость
- Порошок, тонкая лента самовозгораются

## Примеси снижают пластичность и коррозионную стойкость магния

---

Установлены следующие марки магния:

Мг96 (99,96%**Mg**)

Мг95 (99,95%**Mg**)

Мг90 (99,90%**Mg**)

Литой магний имеет крупнокристаллическую структуру

Временное сопротивление 110-120 МПа

Относительное удлинение 6-8%

Твердость 30НВ

Модифицирование Zr и ХПД повышают временное сопротивление до 260 МПа и удлинение до 9%

## Основные легирующие элементы ***Al, Zn, Mn, Ne***

---

**Zr, Ce** используют для модифицирования магния

Переменная растворимость легирующих элементов дает возможность упрочнять сплавы закалкой и искусственным старением.

Применяют ВТМО и НТМО

Необходимо защищать сплавы от коррозии оксидированием, лакокрасочными покрытиями, эпоксидными пленками, силиконовыми эмалями

# Растворимость легирующих элементов в магнии

---

# **Влияние легирующих элементов на механические свойства магния при 20 С° (прессованные прутки)**



# **Влияние легирующих элементов на твердость магния при 250 С°**



## Магниевого сплавы подразделяют на:

---

- Литейные (МЛ)
- Деформируемые (МА)
- Сплавы невысокой прочности
- Средней прочности
- Высокой прочности
- Жаропрочные
- Упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой

## Деформируемые магниевые сплавы

---

- Литейные (МЛ)
- Деформируемые (МА)
- Сплавы невысокой прочности
- Средней прочности
- Высокой прочности
- Жаропрочные
- Упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой

# **Химический состав и механические свойства литейных магниевых сплавов**



# Неметаллические материалы

---

Пластмассы

***Пластическими массами, или пластмассами,*** называют материалы, изготовленные на основе полимеров

---

1. Простые пластмассы – полимеры без добавок
2. Сложные пластмассы – смеси полимеров с различными добавками:
  - наполнители
  - стабилизаторы
  - пластификаторы
  - специальные добавки
  - отвердители

## Наполнители

---

- древесная мука
- сажа
- слюда
- **$SiO_2$**
- тальк
- **$TiO_2$**
- графит

# Стабилизаторы

---

Органические вещества для сохранения структуры молекул и стабилизации свойств.  
Замедляют старение.

## Пластификаторы

---

Уменьшают межмолекулярное взаимодействие и хорошо совмещаются с полимерами.

***Эфиры, полимеры*** с гибкими молекулами

## Специальные добавки

---

- Смазочные материалы
- Красители
- Добавки для уменьшения статических зарядов
- Добавки для уменьшения горючести
- Для защиты от плесени
- Ускорители и замедлители отверждения

## Отвердители

---

Для создания поперечных связей между макромолекулами: используют органические перекиси, серу (в резинах)

# Классификация пластмасс

---

- Фенолформальдегидные (фенопласты)
- Эпоксидные
- Полиамидные
- Полиуретановые
- Стирольные

## Термопластичные пластмассы (термопласты)

---

Под нагрузкой полимеры ведут себя как вязко-упругие вещества. Их деформация складывается из трех составляющих:

- Упругой
- Высокоэластичной
- Вязкого течения

Механические свойства чувствительны к скорости деформирования, времени действия нагрузки, температуре, структуре

# Диаграмма растяжения пластмасс

а-вязкие аморфные и кристаллические термопласты  
б-хрупкие термопласты; термопласты с молекулами  
ориентированными вдоль направления растяжения,  
и реактопласты

# Зависимость прочности пластмасс от температуры

- 1-полиэтилен
- 2-поливинилхлорид
- 3-фторопласт-4
- 4-полиимид
- 5-полиамид

# Свойства термопластичных пластмасс



## Термореактивные пластмассы (реактопласты)

---

Получают на основе полимеров:

- Эпоксидных
- Полиэфирных
- Полиуретановых
- Фенолформальдегидных
- Кремнийорганических

Пластмасы применяют в отвержденном виде, они имеют сетчатую структуру и поэтому:

- при нагреве не плавятся
- устойчивы против старения
- не взаимодействуют со смазочными материалами
- водостойки
- набухают в отдельных растворителях

# **Свойства термореактивных пластмасс**