

Направление подготовки бакалавров  
«Химическая технология»

# Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,  
доцент



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# **Чугуны. Виды чугунов. Алюминий и его сплавы.**

## **1.1. Классификация чугунов.**

## **1.2. Классификация алюминия и его сплавов.**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Чугун и его свойства

- Чугун – сплав железа с углеродом, при концентрации углерода от 2,14 до 5%;
- Чугуны плавятся при температурах на 150 – 300° ниже, чем стали.
- Наименьшую температуру плавления имеет эвтектический чугун 1147° С (4,3% углерода)
- В структуре чугуна всегда присутствует эвтектика – ледебурит;
- Хорошие литейные свойства: низкая температура плавления, малая усадка, хорошая жидкотекучесть;



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Положительные свойства чугуна

- Хорошо работает **на сжатие**, как любой металл;
- Хорошо работает **на износ** (за счет повышенного содержания карбидов в составе);
- Хорошие **демпфирующие** свойства (поглощение шумов и вибрации за счет наличия в составе двух очень разных по свойствам фаз: железа и графита);
- Хорошо обрабатывается **резанием** ( смазочные свойства графита, ломкая стружка);
- Хорошие **антифрикционные** свойства;
- Более **дешев** в сравнении со сталью.
- **Лучшие коррозионные свойства**, чем у углеродистых сталей.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Отрицательные свойства чугуна

- **Значительно меньшая прочность, чем у стали.**
- **Низкая ударная вязкость.**
- **Неспособность к обработке деформацией.**
- **Очень плохая свариваемость.**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Классификация чугунов

Свойства чугуна во многом зависят от того в каком виде находится **углерод** в чугуне. В этом плане различают 3 основных вида чугуна:

### 1. **Белый (передельный) чугун**

Углерод в форме **цементита ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )**,  
Это химическое соединение - карбид железа).

Такой чугун очень хрупок и для изготовления изделий не используется, он весь идет на **переработку** в сталь.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Классификация чугунов

## 2. Графитизированный (машиностроительный)

Углерод в чугуне находится в форме **графита**. Прочностные его свойства лучше и именно этот чугун и является широко применяемым конструкционным материалом.

## 3. Половинчатый (отбелённый)

На поверхности углерод в форме **цементита**, а внутри – в форме **графита**. Используется редко, например, для изготовления валков прокатных станов.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Классификация графитизированных (машиностроительных) чугунов

- Свойства машиностроительных чугунов зависят от того в какой **форме** находится графит в чугуне (пластинки, хлопья, шары и т. д.)
- Форма графита определяет его поверхность, а она, в свою очередь. Определяет механические характеристики чугуна, прежде всего, его прочность.
- Первый и наиболее распространенный чугун - это **серый** чугун. В **сером** чугуне, графит находится в виде **пластинок**. (ГОСТ 1412 – 85.) На изломе за счет графита он приобретает серый цвет, откуда и возникло название.
- Серый чугун обозначается : **СЧ10, СЧ15, СЧ20... СЧ35**, где буквы СЧ – аббревиатура серого чугуна; цифры: 10, 15, 20...- предел прочности при растяжении в  $\text{кг/мм}^2$





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Обозначение чугунов

- Чугун с **вермикулярным** графитом (червеобразный), ГОСТ 18394-89. Площадь червеобразного чугуна меньше, чем пластинчатого. По этому и прочность его выше.

*Обозначение: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ 40, ЧВГ45.*

- **Ковкий** чугун, графит в виде **хлопьев** ГОСТ 1215-79  
*КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, ... КЧ 45-7 ... КЧ63-2...*

*где 30, .. 35... -предел прочности при растяжении в кг/мм<sup>2</sup>,  
6,8,10... - относительное удлинение в %.*

*Площадь хлопьевидного чугуна такая же или меньше  
вермикулярного, отсюда соответствующая прочность.*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Классификация машиностроительных чугунов

- Чугун с шаровидным графитом, **высокопрочный** чугун *ЧШГ55, ЧШГ80, .... ЧШГ100 (ВЧ55, ..., ВЧ100)*.

Графит в виде **шаровых глобул**. У шаровидного графита самая маленькая поверхность, поэтому это самый прочный чугун.

- **Антифрикционный** чугун ГОСТ 1585-85, Обозначение АЧС1, АЧВ2, АЧК2. (АЧ- антифрикционный чугун; следующие буквы: С – серый; В – высокопрочный; К - ковкий).  
Используется в отливках, работающих на трение, например, в тормозных колодках.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Легированные чугуны

- В чугуны, также как в стали, часто вводятся легирующие элементы, что позволяет изменить как механические, так и коррозионные свойства чугунов и тогда получаются **легированные чугуны**.
- Легирующие компоненты в чугунах обозначаются **также как в сталях**;
- Наиболее часто для легирования чугунов используются кремний, алюминий, марганец, никель и хром.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Обозначение легированных чугунов

- **Кремнистые** (жаростойкие и коррозионностойкие материалы): ЧС5, ЧС5Ш, ЧС13, **ЧС15, ЧС17, ЧС15М4; ЧС17М3** ( коррозионная стойкость выше, чем у нержавеющей сталей)
- **Алюминиевые** чугуны (жаростойкие и износостойкие) ЧЮХШ, ЧЮ6С5, ЧЮ7Х2, ЧЮ22Ш, ЧЮ30;
- **Марганцевые** чугуны (немагнитные и износостойкие материалы) ЧГ6С3Ш, ЧГ7Х4, ЧГ8Д3;
- **Никелевые чугуны** ( коррозионностойкие. износостойкие, жаропрочные, маломагнитные) ЧН3ХМДШ, ЧН4Х2, ЧН11Г7Ш,  
ЧН15Д7 – нирезист, жаростойкий и жаропрочный материал.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Алюминий как конструкционный материал

Алюминий – металл серебристо белого цвета с решёткой ГЦК, плотность  $2,7 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $658 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Высокая электропроводность (65% от Cu).

Высокая коррозионная стойкость при атмосферной коррозии и в чистой воде.

Чистый алюминий мягкий пластичный, не прочный материал:  $\sigma_B = 50 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{0,2} = 15 \text{ МПа}$ ;  $\delta = 50\%$

Поэтому чистый и технический алюминий используется только в электротехнике.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Сплавы алюминия

В практике при изготовлении конструкций используются сплавы алюминия т.к. они значительно более прочны.

Алюминий образует с другими компонентами растворы с **ограниченной** растворимостью.

Легирующие компоненты:

Растворимость **Cu** в алюминии при 20°C 0.2 %, вводится в сплавы до 5%;

**Si** до 1,2%, твердый раствор, вводится до 13%;

**Mg** до 1,4% твердый раствор, вводится до 11%,

**Mn** до 1,6% твердый раствор.

При концентрациях легирующих элементов больше предела растворимости образуются **эвтектики** и **интерметаллиды** (соединения металл-металл)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Маркировка (обозначение) алюминиевых сплавов

В ГОСТах на сплавы алюминия используется **два вида** маркировки алюминиевых сплавов:

**Буквенно-цифровая;** (в маркировке используются буквы и цифры)

**Цифровая** ( в маркировке используются только цифры).

При цифровой маркировке сплав маркируется четырьмя цифрами, например: 1116,

где, **первая** цифра 1 – означает алюминиевый сплав, **вторая** цифра группа легирующих компонентов; 1 – Cu, 2- Cu, Mg, 3 – Cu, Mg, Mn, Si, 4 – Mn, 5 – Mg.

последние две цифры № сплава, зависящий от концентрации компонентов в сплаве.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Обозначение сплавов алюминия.

- Цифровое обозначение сплавов алюминия не очень удобно в запоминании и им обычно не пользуются. Оно создавалось для компьютерной обработки и складирования сплавов алюминия.
- Буквенно-цифровое обозначение для человека более удобно и пользуются, в основном, именно им.
- К сожалению, буквенно-цифровое обозначение сплавов алюминия не так четко унифицировано, как обозначение сталей.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Буквенно-цифровая маркировка сплавов Al

**Первичный алюминий высокой чистоты и технический.**

Поставляется в виде: **отливок** (чушек) и в виде **проката** (лист, стержень, уголок) т.е. в виде **деформированного** алюминия:

- Обозначение алюминия, поставляемого в виде чушек: **A995, A98, A95 (чистый алюминий)**; A8, A7, A5, A35, A0 (99% Al) технический алюминий. (ГОСТ 11069-2001)
- Обозначение деформированного алюминия, **AD000, AD00, AD<sub>оч</sub>, AD<sub>ч</sub>, AD0, AD1** (ГОСТ 4784-97)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Деформируемые сплавы алюминия

- Деформируемые сплавы ГОСТ 4784-97
- **а) упрочняемые термической обработкой** (т.е. эти сплавы для получения окончательной прочности могут подвергаться закалке и старению, это многокомпонентные сплавы:
  - **дюралюминий** Д1, Д16, Д18, Д19;
  - **ковочный алюминий** АК4, АК4-1, ... АК8;

Главный упрочняющий элемент в этих сплавах - медь

- **высокопрочный алюминий** В95, В130, ВАД23

Главный упрочняющий элемент в этих сплавах - цинк

- **авиаль** АВ; (*в сплаве магний? кремний и немного меди*)

Обозначение этих сплавов **не унифицированное**, по нему нельзя ничего сказать о составе сплава. Обозначение нужно запоминать.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Деформируемые сплавы алюминия

## б) не упрочняемые термической обработкой:

Сплавы не закаляются, их прочность меньше и определяется составом и деформационным наклепом.

- сплав Al – Mg *AMz2, AMz6, AMz8.*
- сплав Al – Mn *AMц (1-1,6% Mn )*
- сплав Al – Mg- Mn *MM (Mn около 1% и Mg 0,5% )*

В этих сплавах обозначение унифицированное и позволяет узнать основные элементы состава сплава



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Обозначение легирующих элементов в сплавах алюминия

- Легирующие элементы в сплавах **алюминия и меди** обозначаются прежде всего первой буквой русского названия:

**М – Cu; А – Al; С – Pb; К – Si; Н – Ni; Ц – Zn; О – Sn.**

(Обозначение элементов в этих сплавах часто не совпадает с обозначением элементов в сталях).

- Если буква уже использована, тогда элемент обозначается двумя буквами русского названия.

**Мг – Mg; Мц – Mn; Мш – As; Су- Sb; Кд – Cd и т.д.**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Классификация сплавов алюминия

## 3. Литейные сплавы алюминия. ГОСТ 1583-93

Сплавы использующиеся для литья. Концентрация легирующих элементов в этих сплавах выше, чем в деформированных для создания эвтектик. Обозначение сплавов унифицированное.

### а) Al – Si *AK9, AK12*

До АК8 – сплавы деформируемые, начина с АК9 –литейные, легирующий элемент кремний. В обозначении среднее его содержание.

### б) Al – Si – Cu *AK5M, AK5M2, AK8M*

Литейные сплавы на основе других компонентов

### в) Al – Mg *AMг5K, AMг11*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Старое обозначение литейных сплавов алюминия.

- До 1993 года использовалось старое неунифицированное обозначение алюминиевых сплавов:
- АЛ2, АЛ9, АЛ31, где АЛ –алюминий литейный, цифры означают № сплава.
- С таким обозначением можно столкнуться в старых книгах и на старых чертежах.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Классификация сплавов алюминия

4. Антифрикционные сплавы      ГОСТ 14113-78

а) сплав Al – Sn      *АО3-7, АО6-1, АО20-2*

а) сплав Al – Ni      *АН2,5*

5. СПЕЧЕННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Композиционные материалы, получаемые спеканием порошков, которые в своем составе имеют оксиды.

а) САС – спечённые алюминиевые сплавы; САС-1, САС-2 и т.д.

Получаются спеканием порошков металлов.

б) САП – спечённый алюминиевый порошок; САП-1, САП-2 и т.д.

Получаются спеканием окисленного с поверхности порошка алюминия..



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Классификация сплавов алюминия

**Примеры** классификации сплавов алюминия:

- **АМг11** – литейный сплав алюминия, содержит 11 % магния, остальное алюминий.
- **АК5** – деформируемый упрочняемый термической обработкой сплав алюминия №5. (Алюминий ковочный)
- **АО20-1**– антифрикционный сплав алюминия, содержит 20% олова, 1% меди.
- **АД00** – чистый деформированный алюминий (поставляется в виде проката).
- **Д16** – Дуралюминий, деформируемый упрочняемый термической обработкой сплав алюминия №16.
- **АМг2** – деформируемый не упрочняемый термической обработкой сплав алюминия. Содержит 2% магния.