



КУРС «Материаловедение»

Тема: Алюминий и его сплавы

Казачков Олег Владимирович, доцент, к.т.н.

Институт лесных, инженерных и строительных наук,
кафедра технологических и транспортных машин и оборудования
kaz @ psu.karelia.ru



План лекции

1. Историческая справка
2. Алюминий и его свойства
3. Стадии производства алюминия
4. Классификация алюминиевых сплавов
5. Деформируемые сплавы
6. Литейные сплавы
7. Порошковые сплавы
8. Основные выводы
- Список литературы



Историческая справка



Гемфри Дэви (1778-1829)

- Английский химик и физик
- Президент Лондонского Королевского общества(1820), почетный член Петербургской академии наук(1826)
- Получил 6 металлов: калий, натрий, барий, кальций, магний, стронций
- Доказал в 1808 г. существование алюминия и дал ему имя
- Основоположник современной алюминиевой промышленности

Историческая справка

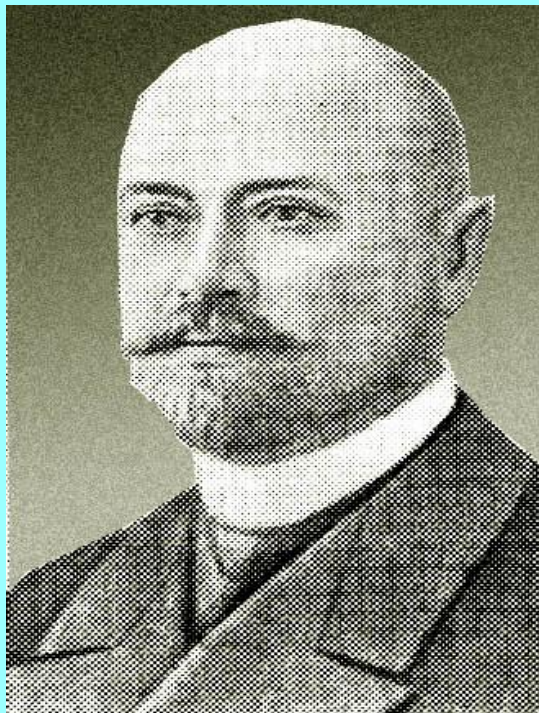


Ханс Христиан Эрстед
(1777-1851)

- Датский физик, почетный член Петербургской академии наук (1830)
- Основоположник электродинамики и электротехники
- Установил связь между магнитными и электрическими явлениями
- В 1825 г. впервые получил алюминий, загрязненный калием и ртутью - «комочки металла по цвету и блеску похожие на олово»



Историческая справка



Павел Павлович Федотьев
(1864-1934)

- **Выдающийся Российский электрохимик и металлург**
- **Основоположник электрометаллургических процессов в области производства алюминия**
- **Создатель отечественной алюмин. промышленности**
- **27.03.1929 под его руководством на заводе «Красный выборжец» получено 8 кг первого отечественного алюминия**



Историческая справка

- В 1903 г. нем. Материаловед Альфред Вильм получил сплав – дуралюмин
- В 1920г. в СССР Буталов В.А. разработал прототип этого сплава – кольчугоалюминий
- В 1920 г. Аладаром Пачем (США) был открыт силумин, названный в Америке альпаксом
- В 1920г. Джеффрис В. и Арчер Р. (США), Савватий Воронов (СССР) разработали авиали (сплав $Al-Mg-Si$)



Это интересно

- У русских химиков алюминий назывался «алумием» (Ф.Гизе, 1813), затем «алюмминием» (1820), «глинием» (1834), с 1862 «алюминием». Знак алюминия был неизменно **AL**.

С использованием алюминиевых сплавов

В 1896 году было построено здание (г. Монреаль)

В 1900 году был построен первый дирижабль (Ф. Цеппелин, Германия)

В 1913 году был построен первый автомобиль (Австрия)

В 1916 году был построен первый самолет (Луи Шарль Бреге, Франция))

1956 год первая пивная банка, первая винтовая пробка

1896 год первый зубной тубик



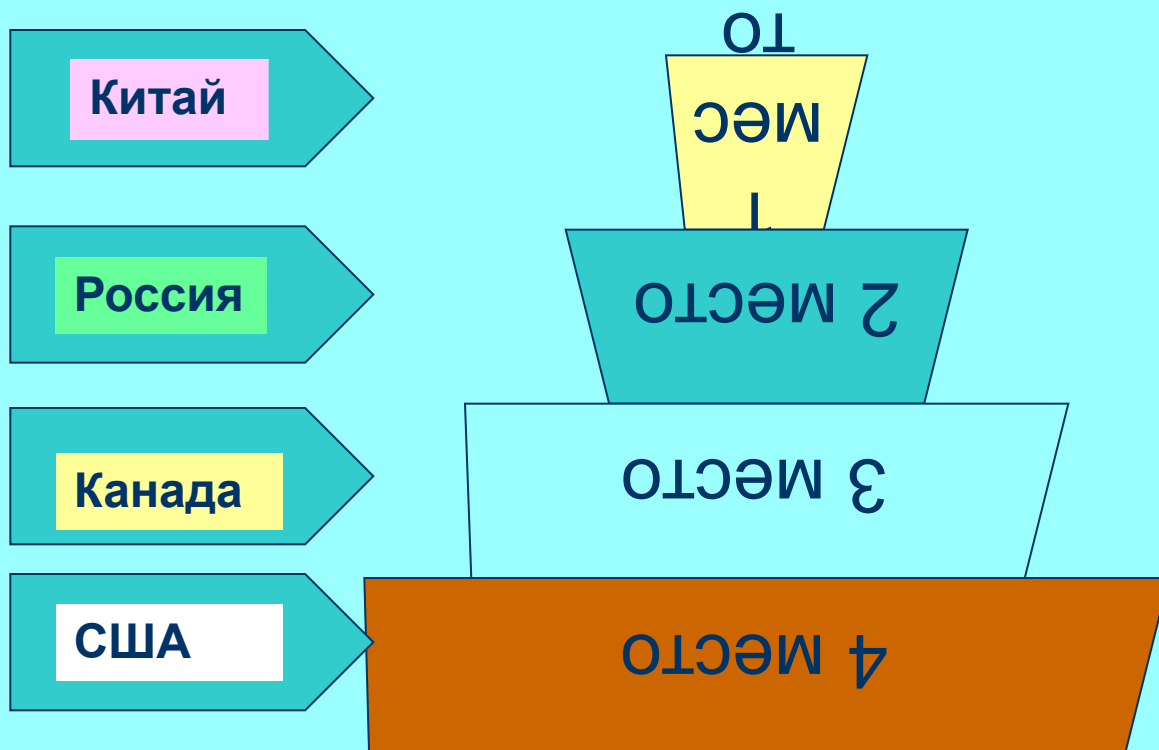
Алюминий и его свойства



- Плотность – $2,7 \text{ г/см}^3$
- Температура плавления – $660 \text{ }^\circ\text{C}$
- Решетка – ГЦК, $a = 0,404 \text{ нм}$
- Хорошая коррозионная стойкость, электропроводность
- Маркировка:
- А999, А995, А99, А85, А8, А7, А5, А0
- Технический ал. АД0, АД1

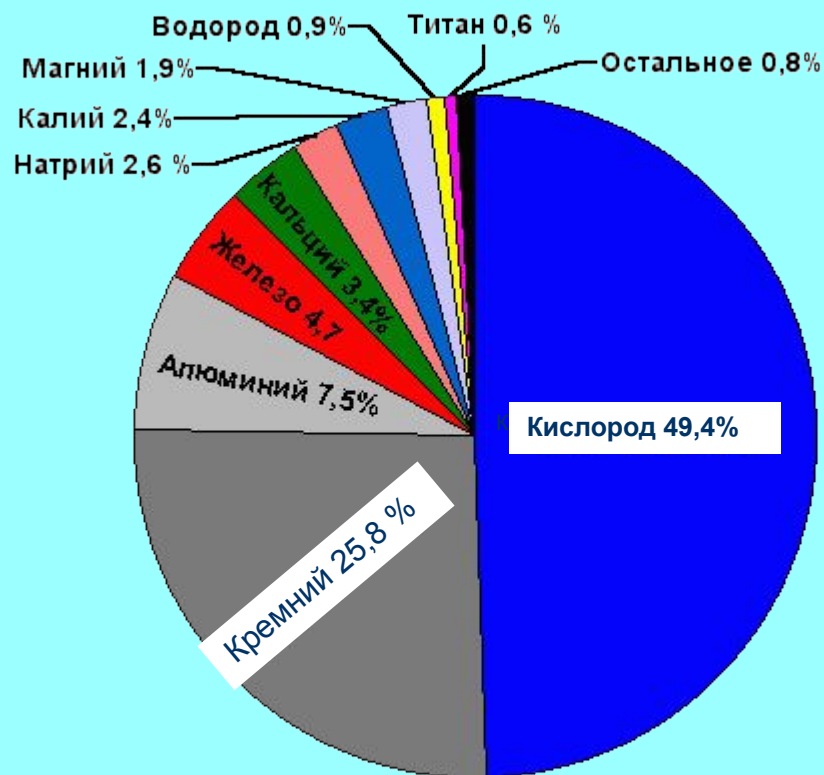


Производство алюминия в мире





Распространенность хим. элементов в земной коре





Структура потребления алюминия в России в 2006 году





Стадии производства алюминия

1. Добыча руды(бокситов)
2. Переработка руды в глинозем
3. Получение первичного алюминия

Для получения 1т алюминия необходимо:

- Глинозема 1930 кг
- Углерода для анода 600 кг
- Криолита 70кг
- Электроэнергии 17500 кВт ч

Классификация алюминиевых сплавов

Алюминиевые сплавы

- Деформируемые (термически упрочняемые, термически неупрочняемые)
- Литейные





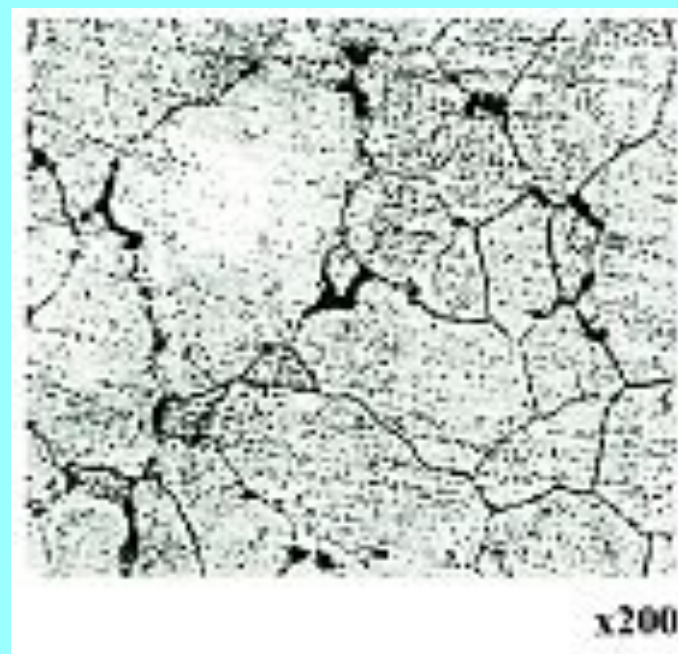
Деформируемые термически неупрочняемые сплавы

Хим. состав и мех. свойства сплавов

марка сплава	содержание, %		σ_B , МПа	δ , %
	Mg	Mn		
АМц	<0,2	1,0-1,6	130	23
АМг1	0,7-1,6	<0,2	110	28
АМг2	1,8-2,6	0,3-0,6	200	23
АМг3	3,2-3,8	0,3-0,6	220	23
АМг5	4,8-5,8	0,3-0,8	300	20
АМг6	5,8-6,8	0,5-0,8	340	18

Пластичные, коррозионностойкие, свариваемые

Микроструктура Мг1



Деформируемые термически упрочняемые сплавы



Дуралюмины (сплавы системы AL-Cu-Mg- Mn)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %			термическая обработка	$\sigma_{\text{н}}$, МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn			
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	Закалка от 500-505°C + естественное старение	400	20
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	Закалка от 495-505°C + естественное старение	440	18
				Закалка от 495-505°C + старение 190°C, 12ч	440	16

- Характеристика: высокая прочность при достаточной пластичности, хорошая свариваемость точечной сваркой, малая плотность, удовлетворительная обрабатываемость резанием, низкая коррозионностойкость



Деформируемые термически упрочняемые сплавы

Авиали (сплавы системы AL-Mg- Si)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %				термическая обработка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Si			
АД31	<0,1	0,4-0,9	<0,1	0,3-0,7	Закалка от 510-530°C + естественное старение	170	22
					Закалка от 510-530°C + старение 170°C, 12ч	240	12
АВ	0,1-0,5	0,4-0,9	0,15-0,35	0,5-1,2	Закалка от 510-530°C + старение 170°C, 12ч	330	14

- Характеристика: высокая пластичность при достаточной прочности, хорошая свариваемость, малая плотность, хорошая обрабатываемость резанием и коррозионностойкость



Деформируемые термически упрочняемые сплавы

Ковочные (сплавы системы AL-Cu-Mg- Si)

Химический состав и механические свойства сплавов							
марка сплава	содержание, %				термическая обработка	$\sigma_{\text{н}}$, МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Si			
AK6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2	Закалка от 505-525°C + старение 160°C, 10-15ч	400	12
AK8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-1,0	0,6-1,2	Закалка от 495-505°C + старение 160°C, 10-15ч	480	9

- Характеристика: высокая стойкость к образованию горячих трещин при достаточной пластичности, хорошая свариваемость, малая плотность



Деформируемые термически упрочняемые сплавы

Высокопрочные (сплавы системы AL-Cu-Mg- Zn)

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	содержание, %				термическая обработка	$\sigma_{в*}$ МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Zn			
В95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	5,0-7,0	Закалка от 460-470°C + старение 120-140°C, 15-25ч	600	8
В96	2,3	2,7		8,5	Закалка от 460-470°C + старение 120-140°C, 15-25ч	670	7

- Характеристика: по сравнению с дуралюминами обладают большей прочностью, но меньшей пластичностью, вязкостью разрушения и большей чувствительностью к концентрациям напряжений и пониженной коррозионной стойкостью



Термическая обработка сплавов



- Сплавы с составом правее F подвергаются закалке и старению искусственному при повышенных температурах или естественному при комнатной температуре

Термическая обработка



- Основана на изменении растворимости соединений Cu, Mg, Si, Zn в Al-растворе
- Состоит из 2-ух процессов:
 1. **Закалки**- нагрев (500°C), выдержка, охлаждение в воде.
 - Полное растворение соединений и получение перенасыщенного α - тв. раствора
 2. **Старение**
 - 2а. естественного (20°C)
 - Распад перенасыщенного α - тв. раствора с образованием зон Гинье –Престона - пластинчатых образований
 - 2б. искусственного ($150...200^{\circ}\text{C}$)
 - Распад перенасыщенного α - тв. раствора с образованием зон Вассермана – кристаллов новой фазы, связанной с кристаллической решеткой α - тв. раствора



Алюминиевые литейные сплавы

Химический состав и механические свойства сплавов

марка сплава	Содержание, %					Термообработка	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
	Si	Mg	Cu	Mn	другие			
<u><i>Система Al-Si (силумины)</i></u>								
АЛ2	10-13	-	-	-	-	-	160	1,0
АЛ4	8-10,5	0,2-0,4	-	0,2-0,4	-	T0	230	3,0
<u><i>Система Al-Cu</i></u>								
АЛ7	-	-	4,0-5,0	-	-	T0	250	5,0
АЛ19	-	-	4,5-5,3	0,6-1,0	Ti 0,15-0,35	T0	370	5,0
<u><i>Система Al-Mg</i></u>								
АЛ23	-	6-7,0	-	-	Ti 0,05-0,15 Zr 0,05-0,2 Be 0,02-0,1	-	200	4,0
АЛ27	-	9,5-10,5	-	-	Ti 0,05-0,15 Zr 0,05-0,2 Be 0,05-0,1	T0	360	18,0

Микроструктура силумина



а)

а) до -, б) после-модифицирования



б)



Модифицирование сплавов

- **Модификатор** – вещество , малые дозы которого существенно изменяют структуру и свойства обработанного ими сплава.
- Эффект от такой обработки наз. **модифицированием**.
- Силумин до модифицирования-
Заэвтектический сплав (стр-ра-эвт + кремний)
- Силумин после модифицирования-
Доэвтектический сплав(стр-ра-эвт + алюминий)
 $\sigma_{\text{в}} = 140 \rightarrow 180 \text{ МПа}, \delta = 3 \rightarrow 8\%$



Порошковые (спеченные) алюминиевые сплавы

Спеченные сплавы

Спеченный
алюминиевый порошок (САП)

Спеченный
алюминиевый сплав (САС)

- САП –получают холодным, затем горячим брикетированием пудры при 500°C с последующей деформацией.
Состав :САП-1 (Al_2O_3 -6...9%) до САП -4 (Al_2O_3 -18...22%)
Свойства: хорошая свариваемость, повышенная жаропрочность, высокая теплопроводность и электропроводность, низкая плотность
- САС - получают горячим брикетированием порошков окисленных алюминиевых сплавов при 500°C с последующей деформацией.
Состав: САС-1 (30 % -Si, 7%- Ni, остальное Al)
Свойства: обладают низким коэф. линейного расширения, удовл. прочностью, жаропрочны, малопластичны, высоким модулем упругости

Основные выводы



- Алюминий -цветной легкий металл, обладающий высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью
- В качестве конструкционных материалов широко используются алюминиевые сплавы: деформируемые, литейные, порошковые, например, дуралюмины, магналии, силумины, высокопрочные и жаропрочные сплавы, спеченные сплавы
- Для улучшения свойств литейных сплавов проводят модифицирование – присадку в жидкий расплав фтористого и хлористого натрия
- Для улучшения свойств деформируемых сплавов проводят термическую обработку – закалку, а затем искусственное или естественное старение.