



МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Материаловедение и технология обработки материалов»



Курс: «Материаловедение 1»,
«Материаловедение и технология конструкционных материалов»

АВИАСТРОЕНИЕ. САМОЛЁТ – ЭТО?

доцент, к.т.н., доцент каф. «МиТОМ»
Гвоздева О.Н.

ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1 Первые полёты



2 Самолёт братьев Райт



3 И-1 (ИЛ-400)



3 Миг-15



4 Ан-124 (Руслан)

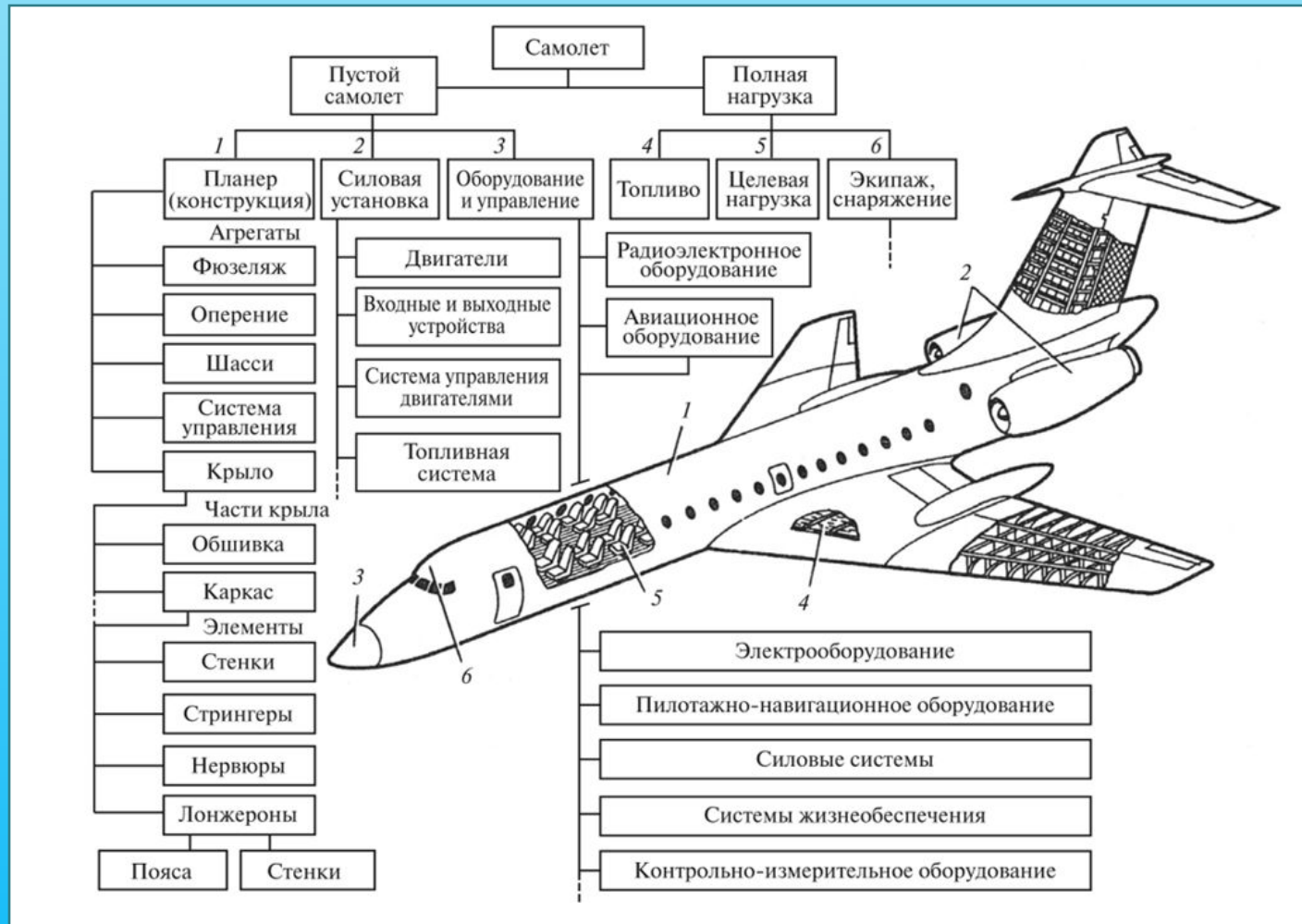


4 Миг-35



ОБОБЩЁННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА (САМОЛЁТА)

Воздушное судно - это летательный аппарат (самолёт, вертолёт) тяжелее воздуха с аэродинамическим принципом полета. По конструкции они представляют собой сложные технические устройства, состоящие из взаимосвязанных по назначению, месту и функционированию агрегатов, частей и элементов.



КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Гражданская авиация

Фермер-500



Ил-96



Ан-22



Военная авиация

Су-35



Ми-8



Ан-50



Снижение:

- Веса
- Стоимости

Повышение:

- Надёжности
- Ресурса

Улучшение:

- Экологической безопасности
- Эргономичности

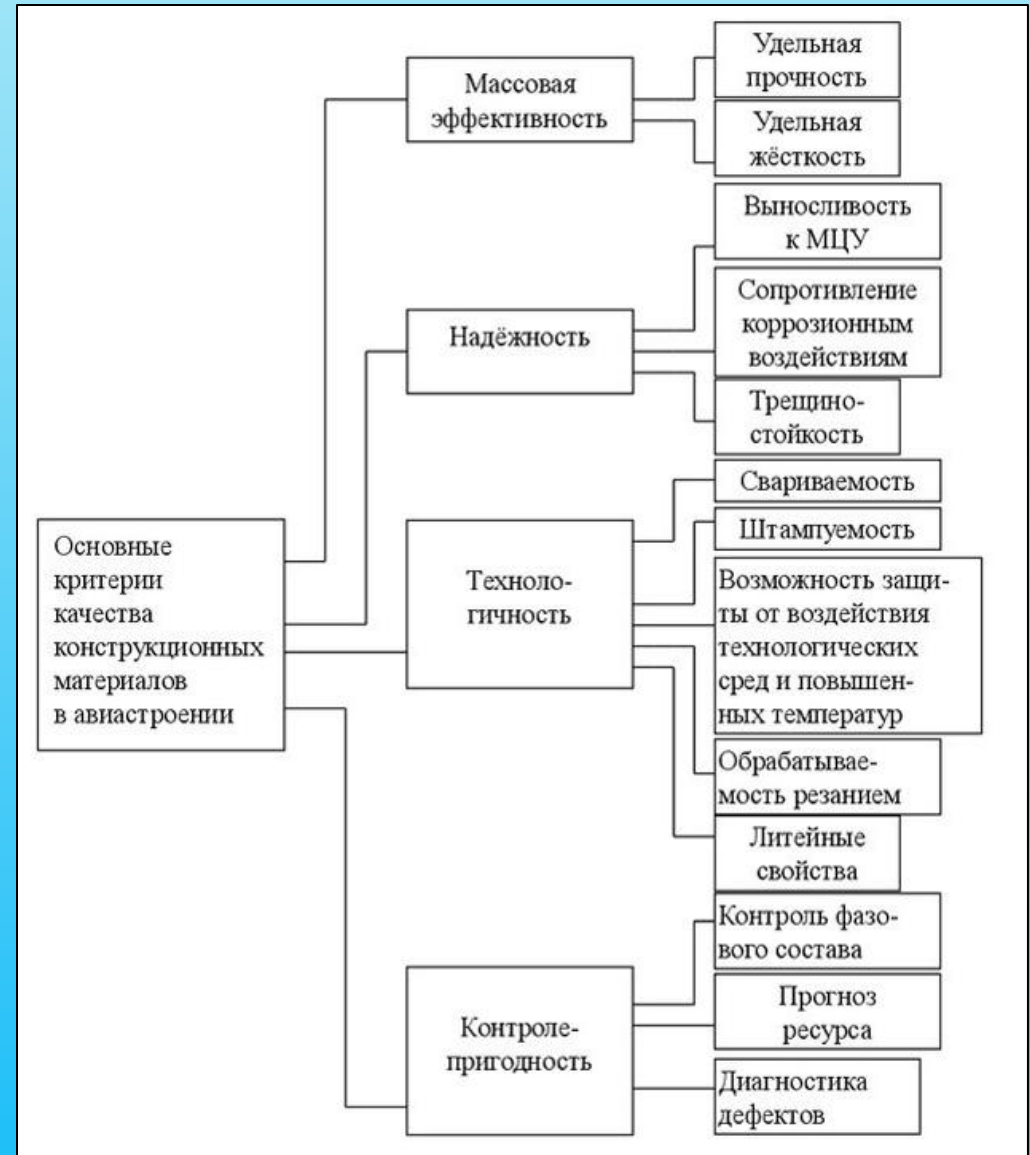
УРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ САМОЛЕТА (уравнение В.Ф. Болховитинова)

В уравнении основными параметрами являлась масса различных элементов конструкции воздушного судна (фюзеляжа, оперения, шасси и другие).

Таким образом, **самолет** - это прежде всего материал, соответствующим образом обработанный человеком для придания ему необходимых свойств в соответствии с типом и назначением.

суммарная масса m_0
Коэффициент пропорциональности

Поэтому уравнение существования самолёта взаимосвязывает не только массы агрегатов и частей самолета, но и через них все свойства самолета и научно-технический уровень, на котором он разрабатывается.



ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Требования	Характеристика материала
нагрузка	прочность
вибрация	усталость, фреттинг, истирание
температура	ползучесть, длительная прочность, окисление, коррозия, тепловое расширение, теплопроводность
окружающая среда	общая коррозия, коррозия под напряжением, давление пара
масса	плотность
жѐсткость	модуль упругости, пластичность
стабильность	все характеристики
безопасность	удлинение, вязкость, однородность свойств, надѐжность
экономичность	стоимость материалов, производства, технического обслуживания; срок эксплуатации

ВИДЕОСЮЖЕТЫ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ПРОСМОТРУ

по лекции-0 «АВИАСТРОЕНИЕ.САМОЛЁТ – ЭТО?»

<https://www.youtube.com/watch?v=rgvbz-z1GPA>

История создания самолёта

<https://www.youtube.com/watch?v=V5FNGvHGpkw>

Самые странные и необычные самолеты

<https://www.youtube.com/watch?v=Db4K5V01q5c>

Истребители пятого поколения. Введение в тему



МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Материаловедение и технология обработки материалов»



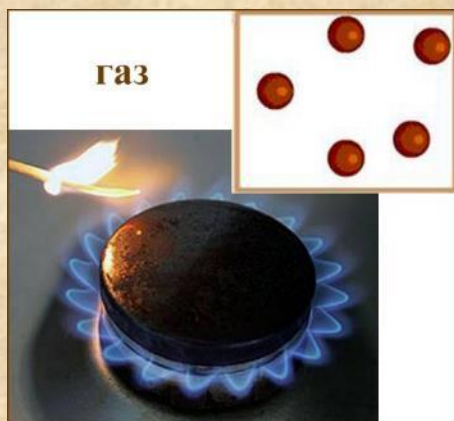
Курс: «Материаловедение 1»,
«Материаловедение и технология конструкционных материалов»

КЛАССИФИКАЦИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

доцент, к.т.н., доцент каф. «МиТОМ»
Гвоздева О.Н.

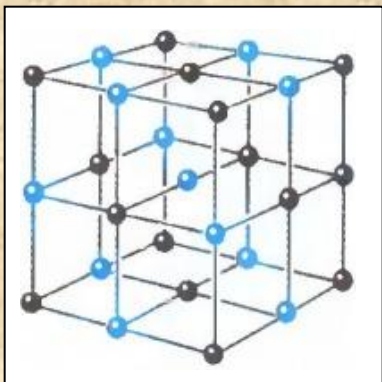
ЧТО ТАКОЕ МЕТАЛЛ ?

Металлы – тела кристаллические, то есть состоят из атомов, которые расположены закономерно с образованием пространственной кристаллической решетки, которую можно разбить на одинаковые элементарные ячейки с ребрами.

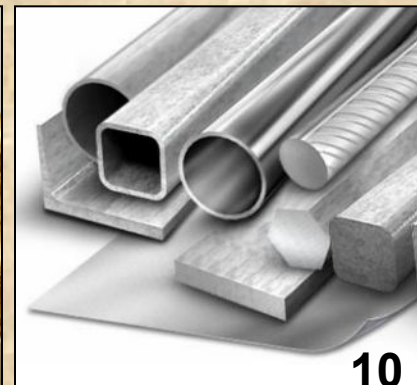
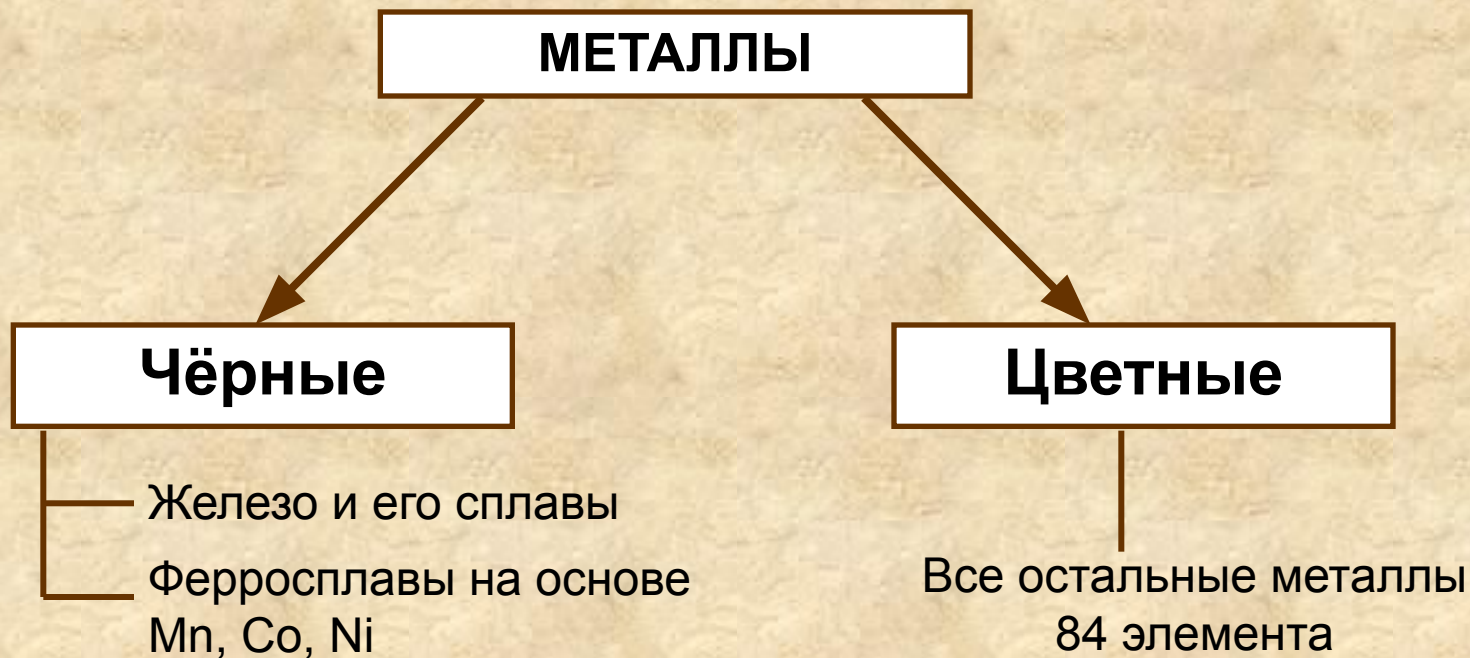


Металлы характеризуются определённым набором свойств:

- кристаллическая решётка;
- характерный металлический блеск;
- постоянная температура кристаллизации;
- способность к упругой и пластичной деформации;
- высокая теплопроводность и электропроводность;



ОБЩЕЕ ДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ



КЛАССИФИКАЦИИ МЕТАЛЛОВ

Химия – по их положению в Периодической системе Менделеева.

- **непереходные: 22 эл. главных подгрупп «а» с p- и s- уровнями (Li, Na, Al и др.)**
- **переходные: 37 эл. побочных подгрупп «б» с d-уровнем (Cu, Ag, Ti, W, Fe и др.)**
с f-уровнем – 15 лантаноидов (Ce, Pr, Nd, Pm, Sm и др.)
с f-уровнем – 15 актиноидов (Th, Pa, U, Pu и др.)

Геология – по распространению в природе.

Элемент	Содержание в земной коре, %
Al	8,8
Ti	0,6
W	0,0001

По числу компонентов:

- **простой металл: Ti, Al, Cu;**
- **сплавы: двухкомпонентные: АК12 – Al+12%Si, Ст.20 – Fe+0,2%C**
трёхкомпонентные: ВТ6 – Ti+6Al+4V,
многокомпонентные: Д16; 30ХГСА – 0,3%C+1% Cr, Mn, Si, высококачес.

По технологии изготовления полуфабрикатов и изделий:

- **литейные;**
- **деформируемые;**
- **порошковые (спеченные).**

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. Менделеева

Период	Символ — H 1 — Порядковый номер Название — Водород — Относительная атомная масса																		Период
	1	2											13	14	15	16	17	18	
1	H 1 1,008 Водород	2											B 5 10,81 Бор	C 6 12,01 Углерод	N 7 14,007 Азот	O 8 15,999 Кислород	F 9 18,998 Фтор	Ne 10 20,18 Неон	
2	Li 3 6,94 Литий	Be 4 9,01 Бериллий											Al 13 26,98 Алюминий	Si 14 28,086 Кремний	P 15 30,97 Фосфор	S 16 32,066 Сера	Cl 17 35,45 Хлор	Ar 18 39,95 Аргон	
3	Na 11 22,99 Натрий	Mg 12 24,31 Магний	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ga 31 69,72 Галлий	Ge 32 72,61 Германий	As 33 74,92 Мышьяк	Se 34 78,96 Селен	Br 35 79,90 Бром	Kr 36 83,80 Криптон	
4	K 19 39,10 Калий	Ca 20 40,08 Кальций	Sc 21 44,96 Скандий	Ti 22 47,88 Титан	V 23 50,94 Ванадий	Cr 24 51,996 Хром	Mn 25 54,94 Марганец	Fe 26 55,85 Железо	Co 27 58,93 Кобальт	Ni 28 58,69 Никель	Cu 29 63,55 Медь	Zn 30 65,39 Цинк	In 49 114,82 Индий	Sn 50 118,71 Олово	Sb 51 121,76 Сурьма	Te 52 127,60 Теллур	I 53 126,90 Иод	Xe 54 131,29 Ксенон	
5	Rb 37 85,47 Рубидий	Sr 38 87,62 Стронций	Y 39 88,91 Иттрий	Zr 40 91,22 Цирконий	Nb 41 92,91 Ниобий	Mo 42 95,94 Молибден	Tc 43 97,91 Технеций	Ru 44 101,07 Рутений	Rh 45 102,91 Родий	Pd 46 106,42 Палладий	Ag 47 107,87 Серебро	Cd 48 112,41 Кадмий	Hg 80 200,59 Ртуть	Tl 81 204,38 Таллий	Pb 82 207,2 Свинец	Bi 83 208,98 Висмут	Po 84 208,98 Полоний	At 85 209,99 Астат	Rn 86 222,02 Радон
6	Cs 55 132,91 Цезий	Ba 56 137,33 Барий	57—71 La—Lu *	Hf 72 178,49 Гафний	Ta 73 180,95 Тантал	W 74 183,84 Вольфрам	Re 75 186,21 Рений	Os 76 190,23 Осмий	Ir 77 192,22 Иридий	Pt 78 195,08 Платина	Au 79 196,97 Золото	Hg 80 200,59 Ртуть	Tl 81 204,38 Таллий	Pb 82 207,2 Свинец	Bi 83 208,98 Висмут	Po 84 208,98 Полоний	At 85 209,99 Астат	Rn 86 222,02 Радон	
7	Fr 87 223,02 Франций	Ra 88 226,03 Радий	89—103 Ac—Lr **	Rf 104 261,11 Резерфордий	Db 105 262,11 Дубний	Sg 106 266,12 Сиборгий	Bh 107 267,12 Борий	Hs 108 269,13 Хассий	Mt 109 268,14 Мейтнерий	110 [271]	111 [272]	112 [277]	113	114 [289]	115	116 [289]	117	118	

* Лантаноиды

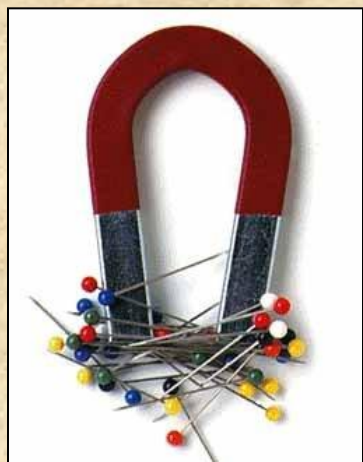
La 57 138,91 Лантан	Ce 58 140,12 Церий	Pr 59 140,91 Прометий	Nd 60 144,24 Неодим	Pm 61 144,91 Прометий	Sm 62 150,36 Самарий	Eu 63 151,97 Европий	Gd 64 157,25 Гадолиний	Tb 65 158,93 Тербий	Dy 66 162,50 Диспрозий	Ho 67 164,93 Гольмий	Er 68 167,26 Эрбий	Tm 70 168,93 Тулий	Yb 71 173,04 Иттербий	Lu 72 174,97 Лютеций
Ac 89 227,03 Актиний	Th 90 232,04 Торий	Pa 91 231,04 Протактиний	U 92 238,03 Уран	Np 93 237,05 Нептуний	Pu 94 244,06 Плутоний	Am 95 243,06 Америций	Cm 96 247,07 Кюрий	Bk 97 247,07 Берклий	Cf 98 251,08 Калифорний	Es 99 252,08 Эйнштейний	Fm 100 257,10 Фермий	Md 101 258,10 Менделеев	No 102 259,10 Нобелий	Lr 103 262,11 Лоуренсий

** Актиноиды

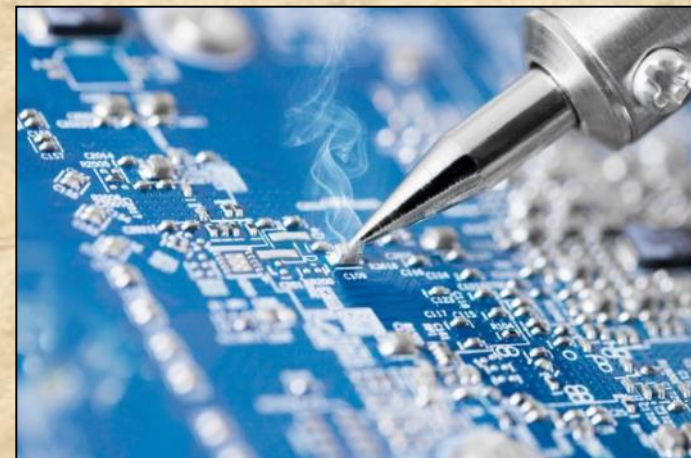
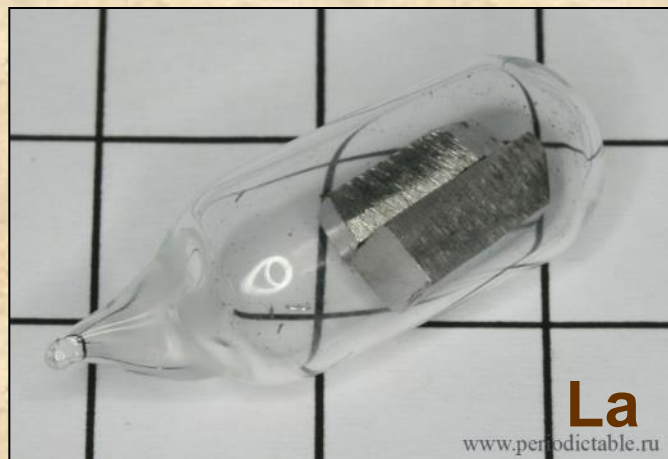
неметаллы
 металлы
 газы
 галогены

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Количество	К ним относятся	Применение
17	15 лантаноидов скандий иттрий	модифицирование стали электроника приборостроение химическая промышленность металлургия



Постоянные магниты



микросхемы

УРАНОВЫЕ МЕТАЛЛЫ

Количество	К ним относятся	Применение
22	15 актиноидов элементы с № 104 – 110 (резерфордий, дубний, сиборгий, борий, хассий, мейтнерий)	атомная энергетика ядерное оружие приборостроение



Атомная электростанция



Датчики дыма 14

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Количество	К ним относятся	Применение
8	золото, серебро и металлы платиновой группы (платина, осмий, палладий, рутений, родий, иридий)	ювелирные изделия медицина промышленность гидрометеорология



Гранулированный палладий



Автомобильный катализатор



КОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕТАЛЛЫ

По температуре плавления ($t_{\text{пл}}^{\text{Fe}}=1539^{\circ}\text{C}$)

Особо лёгкоплавкие $t_{\text{пл}} < 500^{\circ}\text{C}$	Лёгкоплавкие $t_{\text{пл}} = 500^{\circ}\text{C} - 1539^{\circ}\text{C}$	Тугоплавкие $t_{\text{пл}} > 1539^{\circ}\text{C}$
16 шт.	9 шт.	11 шт.
натрий, литий, калий, цезий, рубидий, франций; цинк, свинец, кадмий, таллий, висмут, полоний, олово, индий, галлий, ртуть	медь, германий, кальций, стронций, барий, радий, алюминий, магний, сурьма	вольфрам, рений тантал, технеций молибден, ниобий гафний, цирконий, ванадий, хром, титан

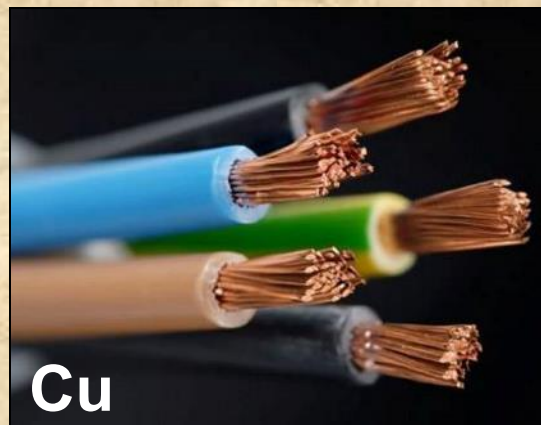
По плотности ($\rho^{\text{Fe}} = 8 \text{ гр/см}^3$)

Лёгкие $\rho < 8 \text{ гр/см}^3$	Тяжёлые $\rho > 8 \text{ гр/см}^3$
23 шт.	13 шт.
алюминий, титан, литий и др.	рений, ниобий, молибден и др.

ИЗДЕЛИЯ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ МЕТАЛЛОВ



Металл	Sn	Pb	Al	Cu	Ti	W
$t_{пл} \text{ } ^\circ\text{C}$	232	327	660	1085	1668	3422
$\rho, \text{ гр/см}^3$	7,4	11,3	2,4	8,9	4,5	19,3



ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ О МЕТАЛЛАХ



Ломоносов М.В.

Вознаграждение за оду
весило 3,2 тонны



Елизавета
Петровна



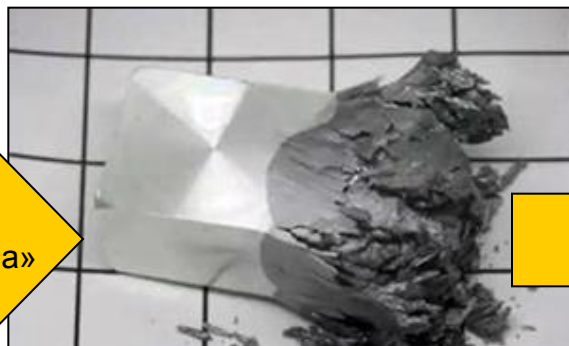
Наполеон III



Столовые приборы
для торжественных обедов



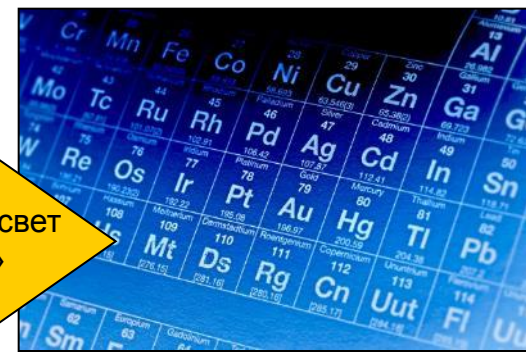
Явление
«Оловянная чума»



Экспедиция
Роберта Скотта

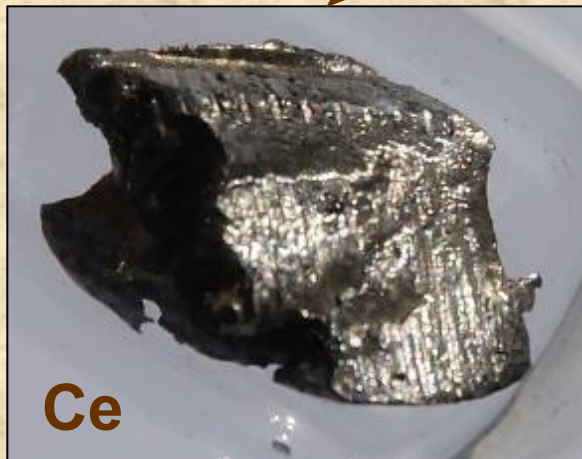


«Семь металлов создали свет
по числу семи планет»



ПРИМЕРЫ МЕТАЛЛОВ ПО РАЗНЫМ КРИТЕРИЯМ

Металл	Церий (Ce)	Осмий (Os)	Плутоний (Pu)
Группа	РЗМ	благородных	урановых
$t_{\text{пл}} \text{ } ^\circ\text{C}$	795	3027	639
$\rho, \text{ гр/см}^3$	6,4	22,6	19,8



ВИДЕОСЮЖЕТЫ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ПРОСМОТРУ

по лекции-10 «Классификация цветных металлов»

<https://www.youtube.com/watch?v=wESzd6Won3I>

редкоземельные металлы

https://www.youtube.com/watch?v=RjilzLzz9_k

так делаю золотые цепочки

<https://www.youtube.com/watch?v=Pi5qVVF13qo>

краткая характеристика элементов



МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Материаловедение и технология обработки материалов»



Курс: «Материаловедение 1»,
«Материаловедение и технология конструкционных материалов»

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

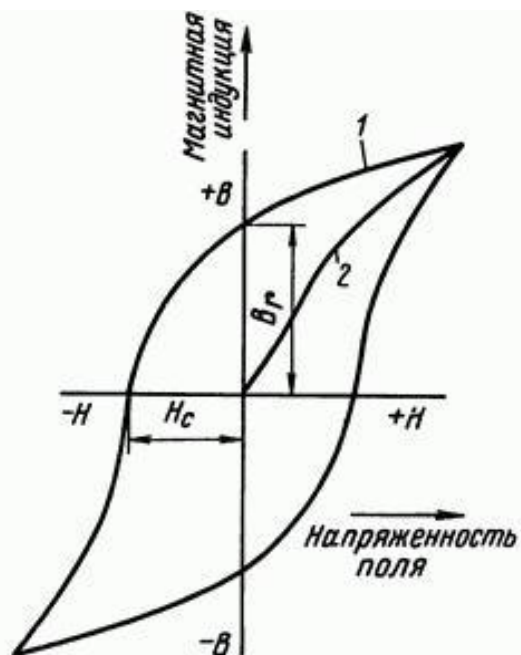
доцент, к.т.н., доцент каф. «МиТОМ»
Гвоздева О.Н.

11.1. МАГНИТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Магнетизм – это особое проявление движения электрических зарядов внутри атомов и молекул, которое проявляется в том, что некоторые металлы способны притягивать к себе и удерживать частицы железа, никеля и других металлов.

Основными характеристиками магнитных металлов и их сплавов являются:

- Остаточная индукция (B_r)
- Коэрцитивная сила (H_c)
- Относительная магнитная проницаемость (μ)



$$\mu = \frac{B}{H}$$

B – магнитная индукция, т.е. число магнитных силовых линий, проходящих через 1см^2 сечения образца;

H – напряжение магнитного поля, т.е. сила, с которой магнитное поле действует на изолированный магнитный полюс, равный единице

Рис. 1 Кривые намагничивания: 1) гистерезисная, 2) первичная

Магнитная проницаемость металлов

Тип магнитного металла	Металл	Относительная магнитная проницаемость (μ)
Диамагнетики ($\mu \leq 1$)	медь	0,99
	свинец	0,99
	серебро	0,99
Парамагнетики ($\mu \geq 1$)	алюминий	1,0
	олово	1,0
	марганец	1,0
Ферромагнитными ($\mu \gg 1$)	никель	1120
	кобальт	174
	сталь	700

Магнитные сплавы в зависимости от коэрцитивной силы и магнитной проницаемости делят на:

- **Магнитотвердые материалы**

К ним относятся легированные стали, специальные сплавы на основе Fe, Al, Ni, Co и др.

Применяют для изготовления постоянных магнитов.

- **Магнитомягкие материалы**

К ним относятся электролитическое железо, Армко-Fe, железо-никелевые сплавы

Применяют для датчиков магнитного поля, считывающих головок, сердечников трансформаторов.

11.2. ПРОВОДНИКОВЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Электропроводность – способность металла проводить электрический ток, свойство металла, определяющее возникновение в нём электрического тока под воздействием электрического поля.

$$\rho = \frac{r \cdot l}{s}$$

r - сопротивление (ом), l - длина (м), s - сечение (мм²)

Металлические проводниковые материалы разделяют на:

- **Металлы высокой проводимости**

К ним относятся – чистые металлы (Ag, Cu, Al), сплавы (латунь, фосфористая бронза)
Используются для проводов, кабелей, обмоток трансформаторов, электрических машин.

- **Металлы высокого сопротивления –**

К ним относятся – манганины (сплавы на основе Cu, Ni, Co, Mn), Cu-Ni- сплавы, Ni-Cr- сплавы
Применяются в электронагревательных приборах, лампах накаливания, реостатах, термопар.

Свойства проводниковых металлов

Металл	r , мкОм м	λ , Вт/м К	σ_B , МПа	δ , %	Плотность (гр/см ³)
Металлы высокой проводимости					
Ag	0,015	400	150	65	10,5
Cu	0,014	397	2000	50	8,9
Al	0,027	221	70	50	2,7
Mg	0,045	167	180	20	1,7
Fe	0,097	70	300	50	7,8
Сплавы высокого сопротивления					
Манганин (Cu-Mg)	0,45	22	600	15	–
Константан (Cu-Ni)	0,50	21	500	15	–
Нихром (Ni-Cr)	1,10	17	700	13	–

12.3. АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (БАББИТЫ)

Баббиты – это сплавы на основе олова и свинца, относящиеся к антифрикционным материалам, из которых изготавливают вкладыши подшипников, эксплуатирующиеся в условиях трения и скольжения.

Физико-механические свойства олова и свинца

Металл	Температура плавления, °С	Плотность (гр/см ³)	Полиморфное превращение	Кристаллическая решётка	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
Свинец (Pb)	327	11,3	---	ГЦК	12	60
Олово (Sn)*	232	7,3	при $t=232^{\circ}$ - 13° β - фаза (белое олово)	тетрагональная кубическая типа алмаза	20	80
		5,9	при t =ниже 13° α - фаза (серое олово)		-	-

Химический состав и механические свойства баббитов

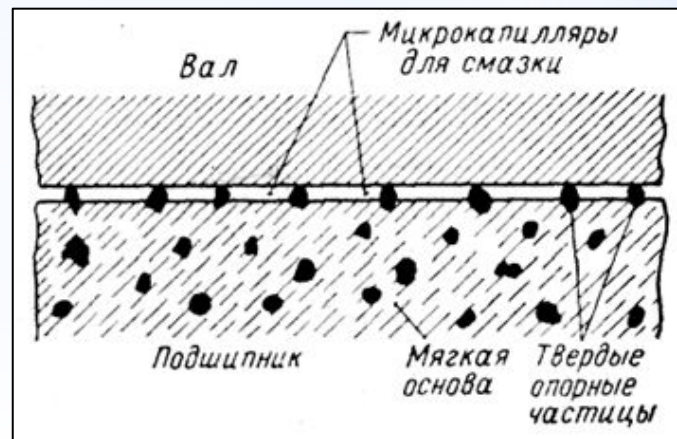
Марка баббита	Содержание элементов, %						Примеси	Свойства			
	Sn	Sb	Cu	Cd	Pb	Прочие		$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	НВ	Коэффициент трения
Б83	ост	10-12	5,5-6,5	-	-	-	0,60	90	6	29	0,005/0,3
БН	9-11	13-15	1,5-2,0	0,5-0,9	-	As (0,5-0,9) Ni (0,1-0,5)	0,27	70	1	30	0,006/0,3
БКА	-	-	-	0,9-1,2	ост.	Ca (0,95-1,15) Na (0,7-0,9)	0,30	100		32	0,004/-

* в числителе – значения показателей при трении сплава в паре со стальным контртелом и смазкой
в знаменателе – без смазочного материала

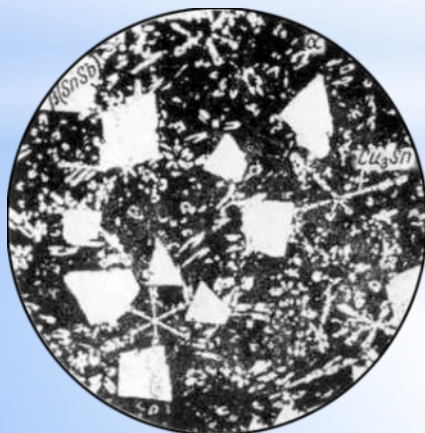
Антифрикционные материалы характеризующиеся (табл.4):

- Высокой износостойкостью
- Низким коэффициентом трения со стальной поверхностью;
- Способностью выдерживать достаточные удельные давления;
- Достаточной пластичностью для лучшей прирабатываемости к поверхности вала;
- Микрокапиллярностью, т.е. способностью удерживать смазку.

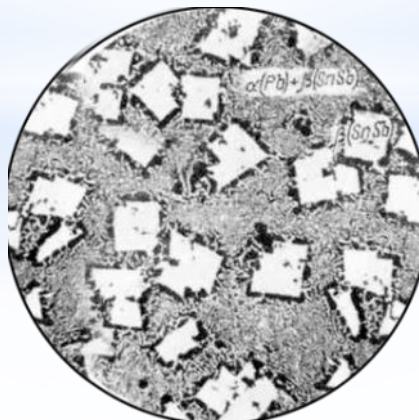
Внешний вид и схема подшипник скольжения



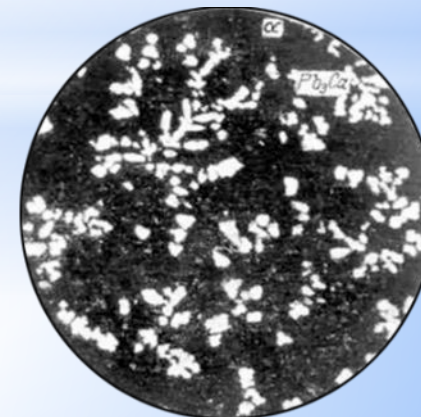
Б83



Б16



БК



11.4. ЖАРОПРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Жаропрочность – способность сплавов выдерживать механические нагрузки при высоких температурах в течение определенного времени.

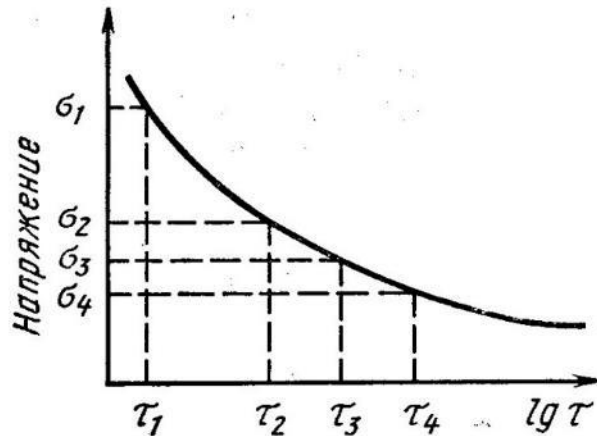
Жаростойкость характеризует сопротивление металлов и сплавов газовой коррозии при высоких температурах.

Основными количественными характеристиками жаропрочных материалов являются:

- **Длительная прочность** – сопротивление металла разрушению при длительном воздействии температуры.
- **Сопротивление ползучести** – явление непрерывной деформации металла под действием постоянного напряжения

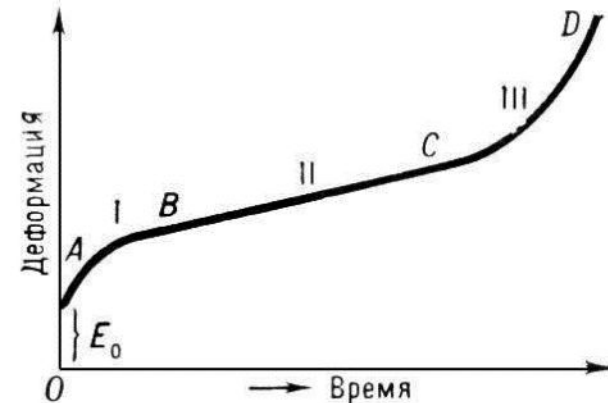
Кривая длительной прочности

$$\sigma_{200}^{700} = 300 \text{ МПа}$$



Кривая ползучести

$$\sigma_{1/1000}^{400} = 350 \text{ МПа}$$



AB – затухающая ползучесть (стадия I),
BC – установившаяся ползучесть (стадия II),
CD – ускоренная ползучесть (стадия III),
 E_0 – деформация при приложении нагрузки (стадия IV)
точка D – момент разрушения

Физико-механические свойства жаропрочных сплавов

В зависимость от условий работы жаропрочные сплавы разделяются на:

- Сплавы, подвергающиеся значительным, но кратковременным нагрузкам при высоких температурах;
- Сплавы, находящиеся под нагрузкой при высоких температурах некоторое время;
- Сплавы, предназначенные для длительной работы в условиях высоких нагрузок и температур

Сплав	Рабочие температуры, °С	Показатели при максимальной рабочей температуре в течении 100 часов			
		Ресурс работы, часы	Кратковременная прочность, МПа	Длительная прочность, МПа	Сопротивление ползучести, МПа
Mg - сплавы	100° – 250°	500	250 – 300	125	100
Al - сплавы	300° – 350°	700	300 – 420	200	120
Ti - сплавы	450° – 600°	500	1000 – 1200	350	250
Ni - сплавы	800° – 1100°	700	700 – 1000	300	150
Сплавы на основе интерметаллидов (Ni ₃ Al, Ti ₃ Al)	800° – 1250°	800	550 – 800	130 – 500	150 – 350
Сплавы на основе тугоплавких металлов (W, Mo, Nb)	700° – 2200°	800	60 – 100	70 – 230	5 – 80



Общий вид ГТД



лопатка ГТД



диск ГТД

ВИДЕОСЮЖЕТЫ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ПРОСМОТРУ

по лекции-11 «Цветные металлы и сплавы со специальными свойствами»

<https://www.youtube.com/watch?v=UcfteD17xik>

магнитные материалы

<https://www.youtube.com/watch?v=boEO-vEQMG0>

электричество без проводов

<https://www.youtube.com/watch?v=WG3co8z2jml>

жаропрочные металлы и сплавы