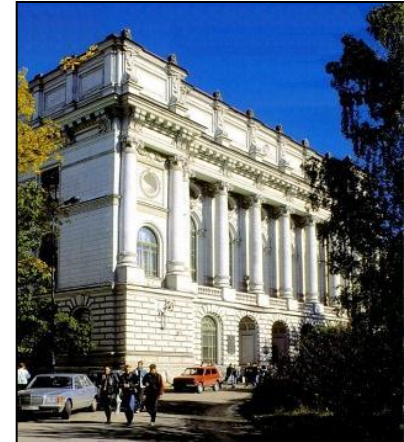




**Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
ИММиТ**



Варгасов Н.Р.

**Современные конструкционные
материалы**

Санкт-Петербург
2015 г

Лекция 1

Основные свойства и классификация
конструкционных материалов

Содержание

1. Свойства материалов и конструирование изделий.
2. Классификация материалов.
3. Заключение

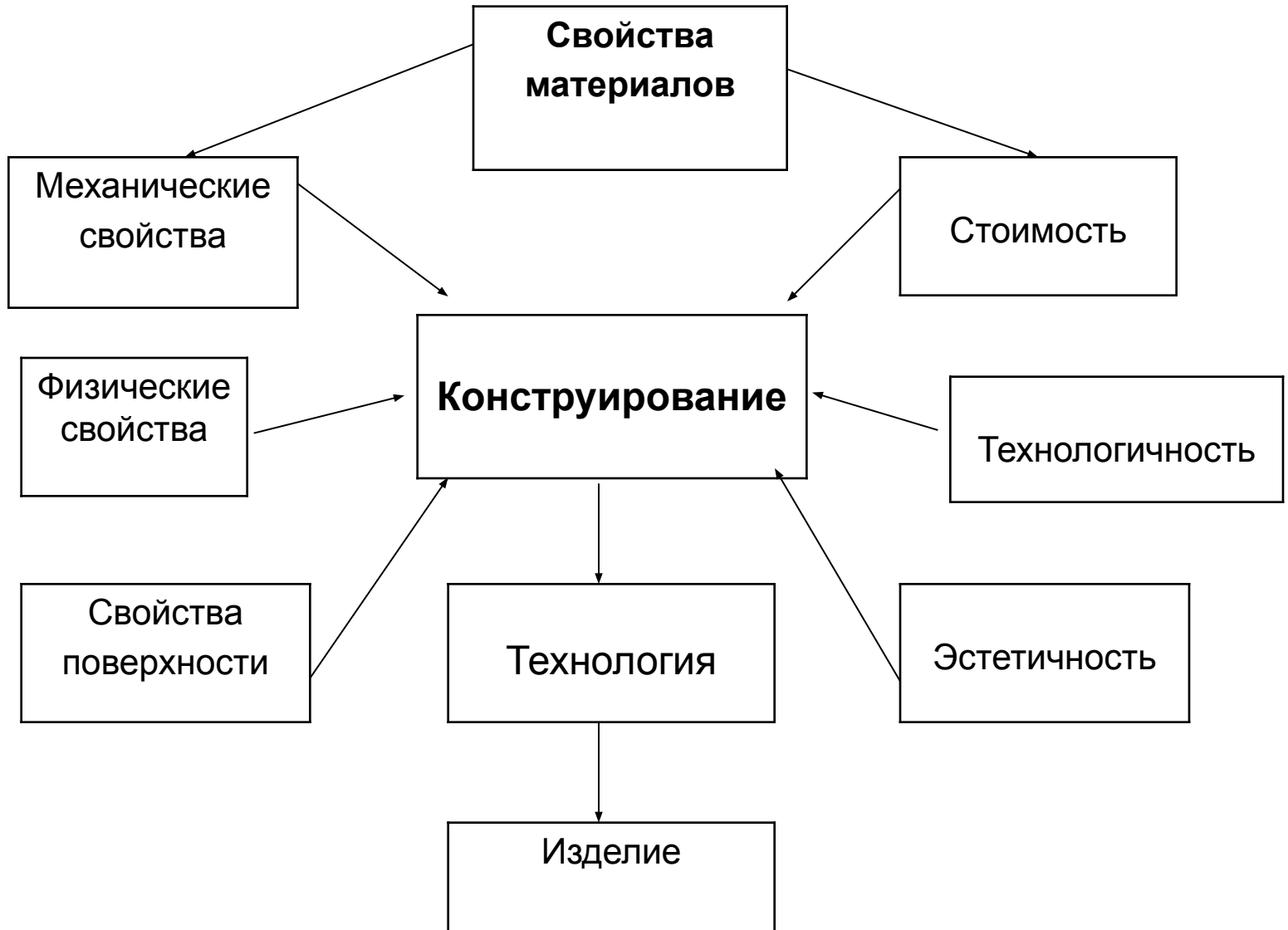
Введение

Процесс создания новых машин и оборудования сегодня происходит быстрее, чем когда-либо ранее в истории человечества. Причем разработка и предложение новых материалов рассматривается как фундамент, на котором основаны конструкторские и технологические инновации практически во всех отраслях техники.

Современный конструктор должен иметь представление о свойствах и традиционных, и новых материалов. Причем часто в новых конструкциях используют замену, например, металлической детали на деталь из неметаллического материала (полимера или керамики), что сопровождается изменением ее конструкции с целью предельно использовать преимущества нового материала. Таким образом, современный инженер должен уметь сравнивать и точно оценивать комплекс свойств конкурирующих материалов в зависимости от химического состава и структуры материала.

Свойства = состав + структура

Свойства материалов и конструирование



Механические свойства

- Основными механическими свойствами являются **прочность, упругость, пластичность, вязкость**. Зная механические свойства, конструктор обоснованно выбирает соответствующий материал, обеспечивающий надежность и долговечность конструкций.
- **Прочностью** называют свойство твердых тел сопротивляться разрушению, а также необратимыми изменениями формы. Основным показателем прочности является предел текучести, определяемый при испытании на растяжение образца.
- **Упругость** - свойство тел изменять форму и размеры под действием нагрузок и самопроизвольно восстанавливать исходную форму при прекращении внешнего воздействия.
- **Пластичностью** называют свойство металла под действием сил изменять свою форму и размеры без разрушения.
- Под **вязкостью** понимается способность материала рассеивать механическую энергию и сопротивляться разрушению. Мерой такого сопротивления является работа (или энергия) разрушения.

Физические свойства

К физическим свойствам материалов относятся плотность, температура плавления, электропроводность, теплопроводность, магнитные свойства, коэффициент температурного расширения и др.

Плотностью называется отношение массы однородного материала к единице его объема.

Температура плавления — это такая температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое.

Электропроводностью называется способность материала хорошо и без значительных потерь на выделение тепла проводить электрический ток.

Теплоёмкость - это отношение приращения количества теплоты, полученного телом, к приращению его температуры.

Теплопроводность — это способность материала переносить теплоту от более нагретых частей тел к менее нагретым.

Магнитные свойства вещества определяют по тому, как эти вещества реагируют на внешнее магнитное поле.

Свойства поверхности

- **Коррозионная стойкость** – это сопротивление разрушению материала под воздействием внешней среды. По механизму протекания различают химическую коррозию, возникающую под воздействием газов и электрохимическую, развивающуюся в случае контакта металла с электролитами (кислоты, щелочь, соли, влажная атмосфера, почва, морская вода).
- **Износостойкость** – это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определённых условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания. Износостойкость зависит от состава и структуры материала, исходной твёрдости и шероховатости.

Цена и доступность материалов

Материал	Цена, долл./тонна	Мировое производство, мил. тонн
Углеродистые стали	350 -500	1700
Легированные стали	1000-2000	
Алюминий и сплавы	2200-4000	30
Медь и сплавы	7500	20
Полимеры	2000-3000	300
Композиты	3000-7000	7
Древесина	80-200	100
Железобетон	50-80	3000

Технологичность материала

- **Технологические** свойства определяют поведение сплава в процессе производства изделий. К технологическим свойствам относятся литейные свойства, деформируемость, обрабатываемость резанием, свариваемость и т.д.
- **Технологические свойства** металлов имеют весьма важное значение при тех или иных видах обработки. Поведение металла при технологической обработке определяют по технологическим пробам.
- **Технологические пробы** применяют главным образом для определения пригодности материала к тому или иному способу обработки. Обычно о результатах технологических испытаний судят по состоянию поверхности после испытания (отсутствие трещин, надрывов, изломов).

Эстетичность материала

- Эстетические свойства материалов и изделий делятся на две группы свойств:
- первая характеризует эстетическую взаимосочетаемость рассматриваемых материалов между собой, а также с окружающей средой;
- вторая, характеризующая эстетичность материала и изделия определяется их формой, цветом, фактурой, текстурой.
- Определяющими в восприятии эстетических качеств материалов и изделий являются интегральные сочетания формы и рельефа, контраста и нюанса, цвета и фактуры, фактуры и текстуры.

		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА						VII	VIII		
		I	II	III	IV	V	VI	(H)	2		
1	1	H ¹ 1,01 ВОДОРОД							4,00 He ГЕЛИЙ	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>атомный номер</p> <p>12,01</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>обозначение элемента</p> <p>6 C</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> <p>относительная атомная масса</p> <p>УГЛЕРОД</p> </div>	
2	2	Li ³ 6,94 ЛИТИЙ	Be ⁴ 9,01 БЕРРИЛЛИЙ	B ⁵ 10,81 БОР	C ⁶ 12,01 УГЛЕРОД	N ⁷ 14,01 АЗОТ	O ⁸ 16,00 КИСЛОРОД	F ⁹ 19,00 ФТОР	Ne ¹⁰ 20,18 НЕОН		
3	3	Na ¹¹ 22,99 НАТРИЙ	Mg ¹² 24,31 МАГНИЙ	Al ¹³ 26,98 АЛЮМИНИЙ	Si ¹⁴ 28,09 КРЕМНИЙ	P ¹⁵ 30,97 ФОСФОР	S ¹⁶ 32,06 СЕРА	Cl ¹⁷ 35,45 ХЛОР	Ar ¹⁸ 39,95 АРГОН		
4	4	K ¹⁹ 39,10 КАЛИЙ	Ca ²⁰ 40,08 КАЛЬЦИЙ	Sc ²¹ 44,96 СКАНДИЙ	Ti ²² 47,90 ТИТАН	V ²³ 50,94 ВАНАДИЙ	Cr ²⁴ 52,00 ХРОМ	Mn ²⁵ 54,94 МАРГАНЕЦ	Fe ²⁶ 55,85 ЖЕЛЕЗО	Co ²⁷ 58,93 КОБАЛЬТ	Ni ²⁸ 58,70 НИКЕЛЬ
	5	Cu ²⁹ 63,55 МЕДЬ	Zn ³⁰ 65,38 ЦИНК	Ga ³¹ 69,72 ГАЛЛИЙ	Ge ³² 72,59 ГЕРМАНИЙ	As ³³ 74,92 МЫШЬЯК	Se ³⁴ 78,96 СЕЛЕН	Br ³⁵ 79,90 БРОМ	Kr ³⁶ 83,80 КРИПТОН		
5	6	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 98,91 ТЕХНЕЦИЙ	Ru ⁴⁴ 101,07 РУТЕНИЙ	Rh ⁴⁵ 102,91 РОДИЙ	Pd ⁴⁶ 106,42 ПАЛЛАДИЙ
	7	Ag ⁴⁷ 107,87 СЕРЕБРО	Cd ⁴⁸ 112,41 КАДМИЙ	In ⁴⁹ 114,82 ИНДИЙ	Sn ⁵⁰ 118,69 ОЛОВО	Sb ⁵¹ 121,75 СУРЬМА	Te ⁵² 127,60 ТЕЛЛУР	I ⁵³ 126,90 ИОД	Xe ⁵⁴ 131,30 КСЕНОН		
6	8	Cs ⁵⁵ 132,91 ЦЕЗИЙ	Ba ⁵⁶ 137,33 БАРИЙ	La ^{*57} 138,91 ЛАНТАН	Hf ⁷² 178,49 ГАФНИЙ	Ta ⁷³ 180,95 ТАНТАЛ	W ⁷⁴ 183,85 ВОЛЬФРАМ	Re ⁷⁵ 186,21 РЕНИЙ	Os ⁷⁶ 190,20 ОСМИЙ	Ir ⁷⁷ 192,22 ИРИДИЙ	Pt ⁷⁸ 195,09 ПЛАТИНА
	9	Au ⁷⁹ 196,97 ЗОЛОТО	Hg ⁸⁰ 200,59 РУТУТЬ	Tl ⁸¹ 204,37 ТАЛЛИЙ	Pb ⁸² 207,20 СВИНЕЦ	Bi ⁸³ 208,98 ВИСМУТ	Po ⁸⁴ [209] ПОЛОНИЙ	At ⁸⁵ [210] АСТАТ	Rn ⁸⁶ [222] РАДОН		
7	10	Fr ⁸⁷ [223] ФРАНЦИЙ	Ra ⁸⁸ 226,03 РАДИЙ	Ac ^{**89} [227] АКТИНИЙ	Ku ¹⁰⁴ [261] КУРЧАТОВИЙ	Ns ¹⁰⁵ [261] НИЛЬСБОРИЙ	Sg ¹⁰⁶ [263] СИБОРГИЙ	Bh ¹⁰⁷ [262] БОРИЙ	Hs ¹⁰⁸ [265] ХАССИЙ	Hs ¹⁰⁹ [266] МЕЙТНЕРИЙ	

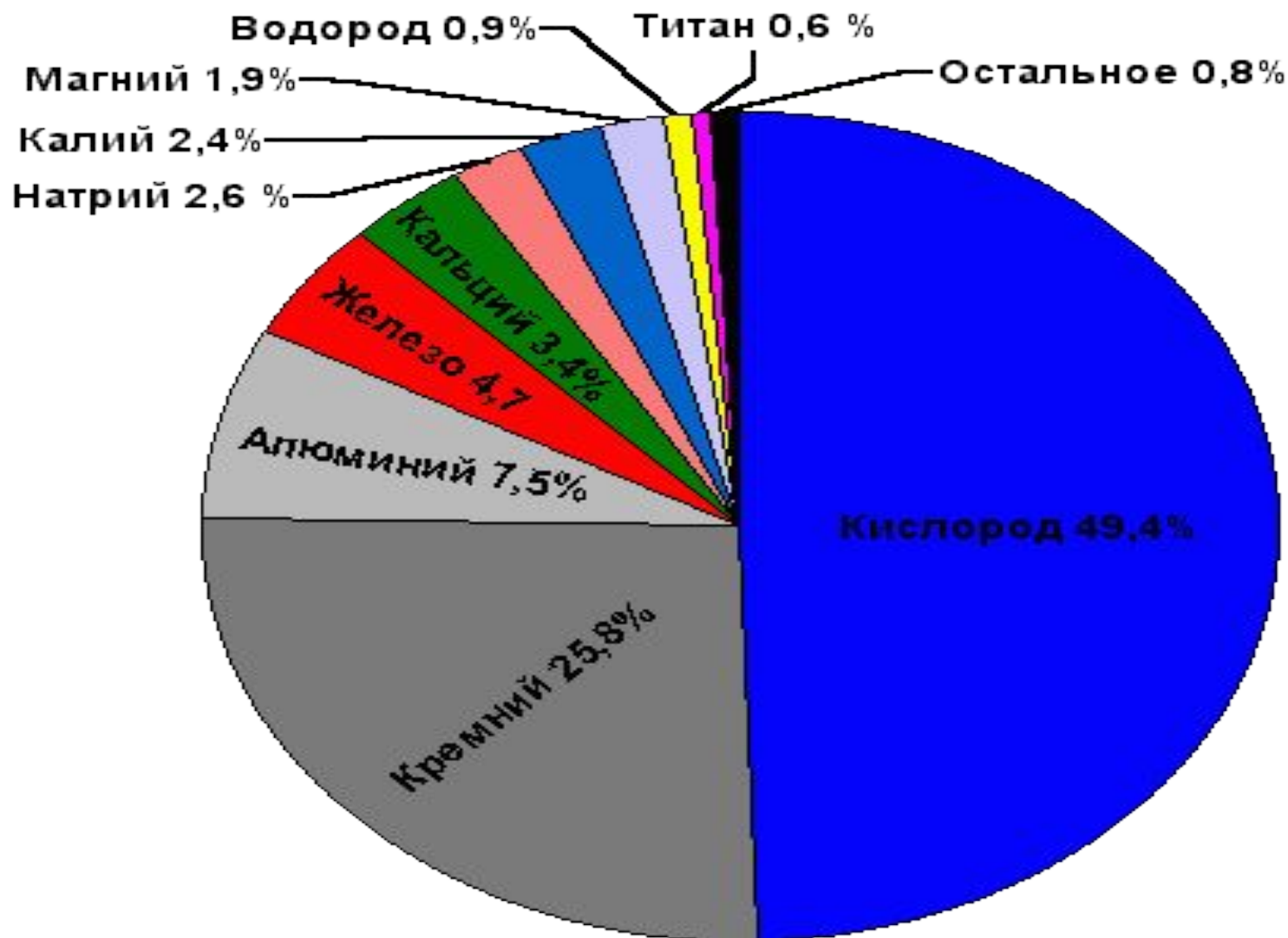
* ЛАНТАНОИДЫ

58 Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,91 ПРАЗЕОДИМ	60 Nd 144,24 НЕОДИМ	61 Pm [145] ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150,40 САМАРИЙ	63 Eu 151,96 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ	65 Tb 158,93 ТЕРБИЙ	66 Dy 162,50 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164,93 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167,26 ЭРБИЙ	69 Tm 168,93 ТУЛИЙ	70 Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174,97 ЛЮТЕЦИЙ
------------------------------------	--	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--	--------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

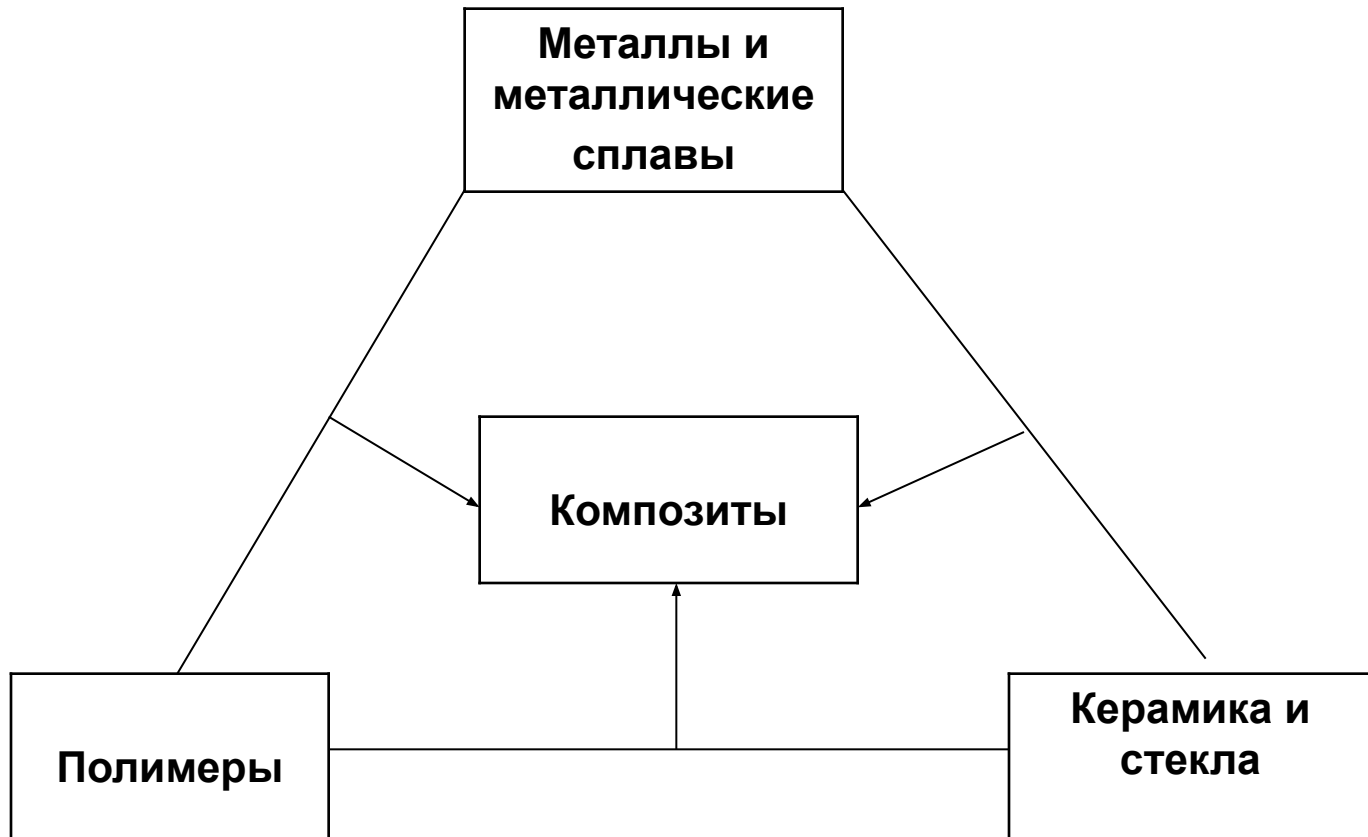
** АКТИНОИДЫ

90 Th 232,04 ТОРИЙ	91 Pa 231,04 ПРОТАКТИНИЙ	92 U 238,03 УРАН	93 Np 237,05 НЕПТУНИЙ	94 Pu [244] ПЛУТОНИЙ	95 Am [243] АМЕРИЦИЙ	96 Cm [247] КЮРИЙ	97 Bk [247] БЕРКЛИЙ	98 Cf [251] КАЛИФОРНИЙ	99 Es [254] ЭЙНШТЕЙНИЙ	100 Fm [257] ФЕРМИЙ	101 Md [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	102 (No) [255] НОБЕЛИЙ	103 (Lr) [256] ЛОУРЕНСИЙ
------------------------------------	--	----------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--	--	-------------------------------------	---	--	--

Распространенность элементов в земной коре



Классы конструкционных материалов



Металлы и металлические сплавы

Металлы - кристаллические вещества, характерными свойствами которых являются высокая прочность, пластичность, тепло- и электропроводность, особый блеск, называемый металлическим. Свойства металлов обусловлены наличием в их кристаллической решетке и большого числа свободных электронов. Металлы составляют около 75 % элементов периодической системы Д. И. Менделеева.

Металлические сплавы - это вещества, образовавшиеся в результате кристаллизации жидких расплавов, состоящих из двух или нескольких компонентов. К компонентам, образующим сплав, относятся химические элементы или их соединения. Металлические сплавы состоят либо только из

Полимеры

Полимерами называют материалы, состоящие из «мономерных звеньев», соединённых в длинные макромолекулы химическими связями. Количество мономерных звеньев в полимере (степень полимеризации) должно быть достаточно велико. Как правило, полимеры — вещества с очень большой молекулярной массой.

Если связь между макромолекулами осуществляется с помощью слабых сил Ван-Дер-Ваальса, полимеры называются термопласты, если с помощью химических связей — реактопласты. Полимеры имеют различную структуру: линейную, разветвлённую, есть полимеры со сложными пространственными трёхмерными структурами.

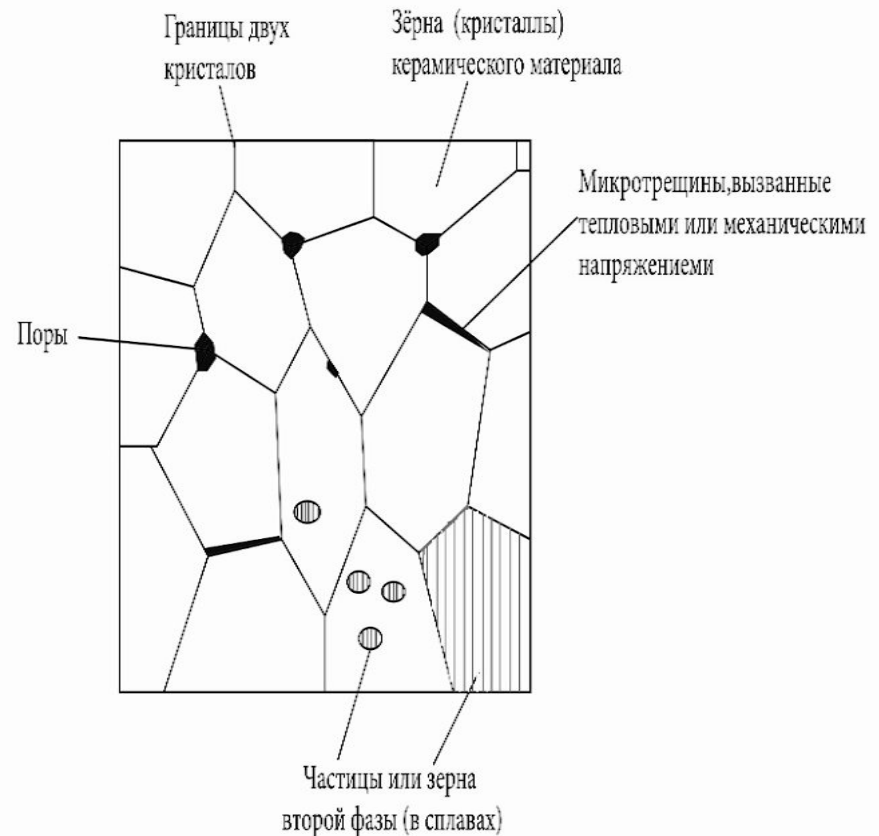
Керамические материалы

Керамические материалы

это порошковые кристаллические вещества на основе оксидов, карбидов и нитридов металлов:

Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 , SiC ,
 Si_3N_4 , Si_2AlON_3 .

Для всех без исключения керамических материалов характерны твердость и хрупкость.



Композиционные материалы

Композиционные материалы – это конструкционные материалы, представляющие собой гетерогенные неравновесные системы, состоящие из двух или более компонентов, отличающихся по химическому составу, физико-механическим свойствам и разделённых в материале чётко выраженной границей. Каждый из компонентов вводится в состав композиционного материала, чтобы придать ему требуемые свойства, которыми не обладает каждый из компонентов в отдельности. Комбинируя объёмное соотношение компонентов, можно получать материалы с требуемыми характеристиками: прочностными, диэлектрическими, магнитными и др.

Композиционные материалы

Классификация
КОМПОЗИТОВ

Матрица

Металлическая
Полимерная
Керамическая

Структура
композиита

Каркасная
Матричная
Слоистая

Наполнитель

Порошковый
Волокнистый
Слоистый

Свойства различных материалов

Материал	Достоинства	Недостатки
Металлы и металлические сплавы	Высокий E (~ 100 ГПа) и K_C (> 50 МПа \cdot м $^{1/2}$) Пластичность ($\delta > 15$ %). Технологичность.	Низкий σ_T чистых металлов. Коррозия. Высокая цена цветных металлов и сплавов.
Керамические материалы	Высокий мод. упругости ($E \sim 200$ ГПа). Высокая темп-ра плавл. (> 2000 °С). Жаропрочность Умеренная плотность ($3 - 5$ г/см 3).	Хрупкость ($K_C \sim 2$ МПа \cdot м $^{1/2}$) Низкая технологичность.
Полимеры	Коррозионная стойкость. Низкая плотность ($1 - 2$ г/см 3). Технологичность.	Мод. упр. ($E \sim 2$ МПа). Низкий пр.тек. ($\sigma_T < 100$ МПа). Ползучесть.
Композиты	Высокие E , σ_T , K_C ($E > 50$ ГПа, $\sigma_T \sim 200$ МПа, $K_C > 20$ МПа \cdot м $^{1/2}$). Коррозионная стойкость. Низкая плотность.	Низкая технологичность. Высокая стоимость.

Заключение

Непрерывный рост цен и уменьшение ресурсной базы конструкционных материалов ставит перед конструкторами задачу преодоления нехватки конструкционных материалов в будущем. Можно предложить, по крайней мере, три реалистичных решения этой проблемы.

1. **Рациональное и экономичное конструирование** основанное на применении доступных материалов и применении новых технологий обработки.

2. **Замещение** дефицитных, дорогостоящих материалов новыми. Например, замена меди и легированной стали полимерами, замена металлических сплавов композитами.

3. **Вторичное использование материала.** Конструирование и выбор материала должно учитывать «жизненный цикл» изделия. Конструкция должна предусматривать возможность повторного использования материала.