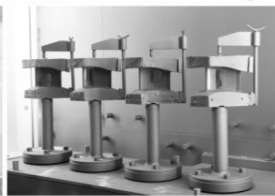
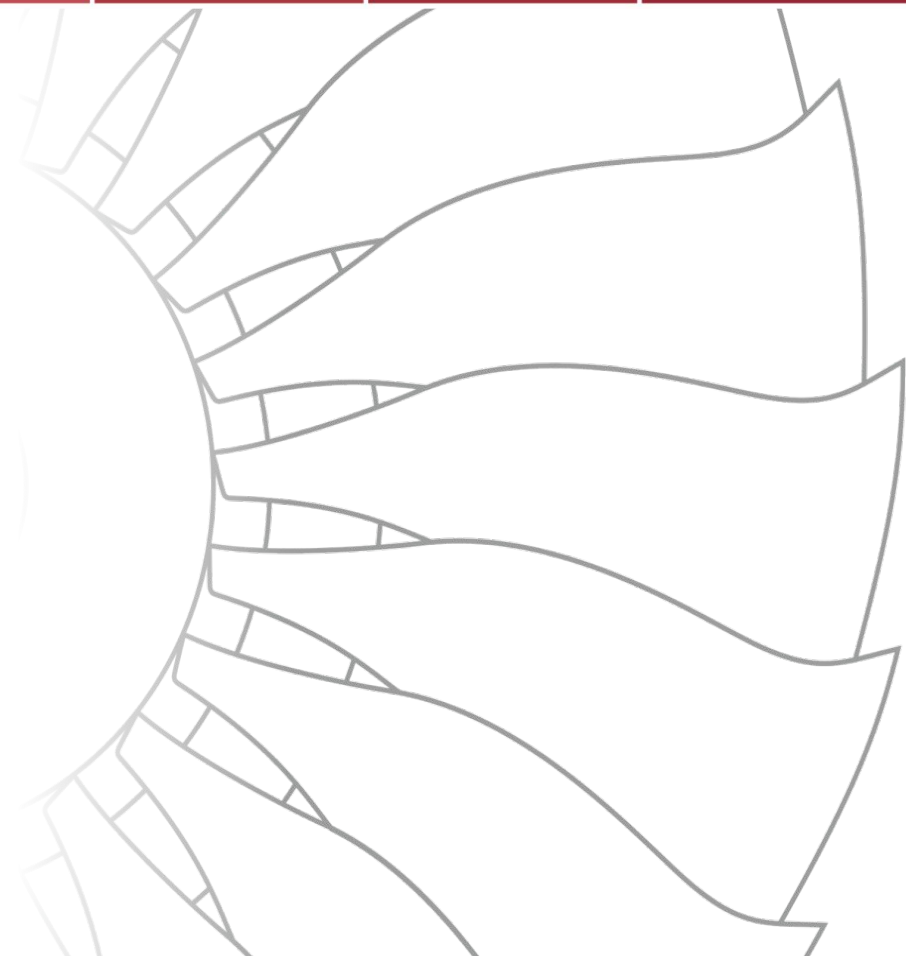


Кафедра «Газотурбинные технологии» 2018-2019 учебный год



Тема 3: Материалы, применяемые в машиностроении

Объём: лекция – 1 часа; СРС – 2 часа; реферат – 4 часа.

Литература:

С. Г. Ярушин. Технологические процессы в машинстроении. Москва, Юрайт, 2015

Гаркушин И.К. Конструкционные материалы: состав, свойства, применение: учеб. пособие Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 239 с.

Рогов В.А., Соловьев В.В., Копылов В.В. Новые материалы в машиностроении: Учеб. пособие. РУДН, 2008. – 324 с.

Б. С. Балакшин. Основы технологии машиностроения, учеб. для машиностроит. Вузов

Ткачев, А.Г. Проектирование технологического процесса изготовления деталей машин. Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2007. – 48 с.

Матренин С. В. Наноструктурные материалы в машиностроении. учеб. пособие, Томский политехнический университет. 2009 г.

Определение

Классификация конструкционных материалов

Классификация черных металлов

Характеристики конструкционных материалов

Строение металлических конструкционных материалов

Для изготовления деталей машин применяются различные материалы, называемые **конструкционными**.

От правильного выбора конструкционного материала зависят **качество, надежность, экономичность и долговечность деталей и машины в целом**.

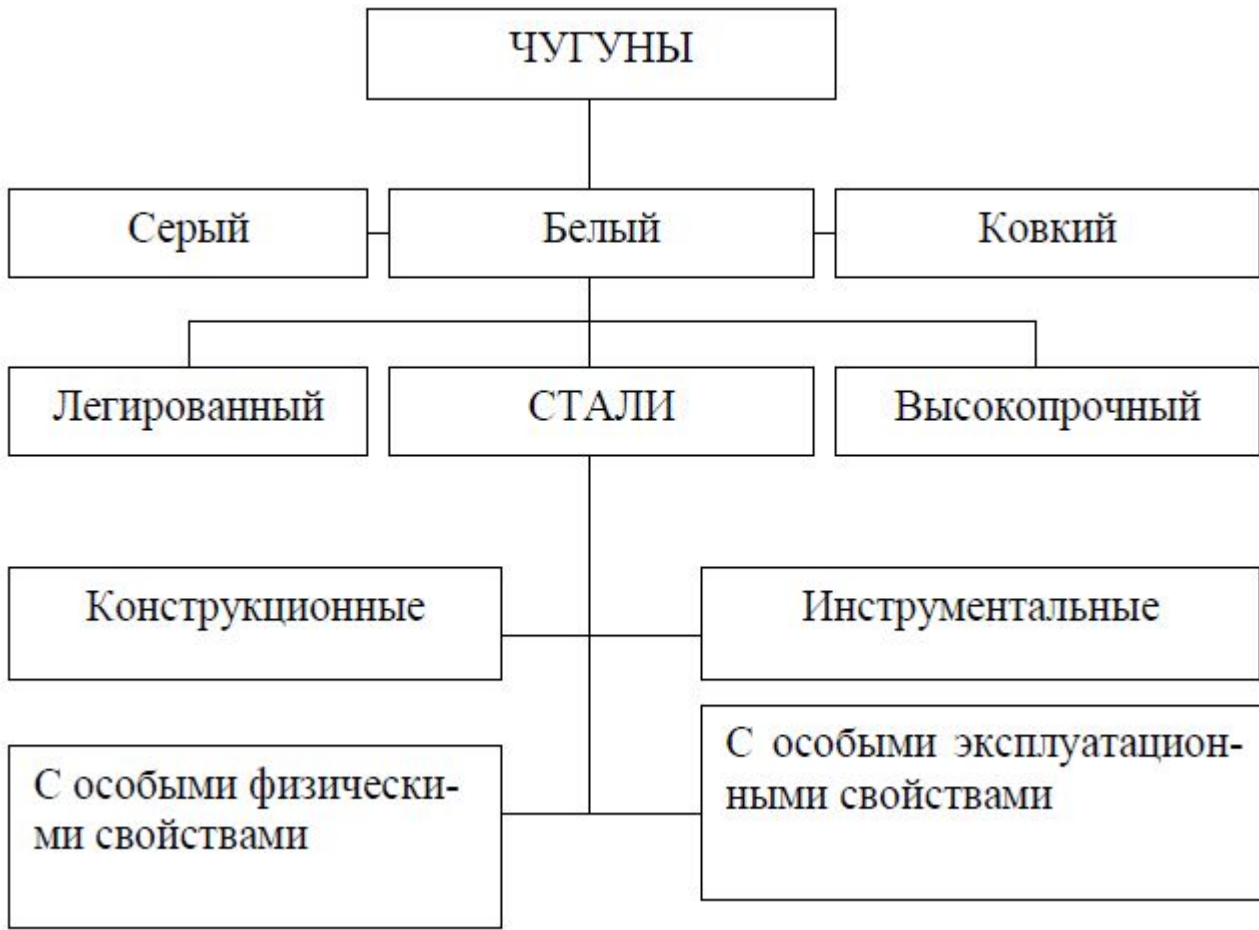
Все конструкционные материалы можно условно разделить на **однородные и композиционные, металлические и неметаллические**



Конструкционные материалы – материалы, удовлетворяющие по совокупности техническим, эксплуатационным, технологическим, экономическим, экологическим и иным требованиям и таким образом обеспечивающие выполнение служебного назначения продукта.



Классификация черных металлов



Характеристики конструкционных материалов

Металлы – химические элементы, образующие в свободном состоянии простые вещества с металлической связью между атомами.

Металлы – как химические элементы, так и их соединения (сплавы), которые характеризуются специфическими свойствами: металлическим блеском, высокими электропроводностью и теплопроводностью, непрозрачностью, способностью подвергаться обработке в холодном и горячем состояниях (резанию, ковке, прокатке, волочению и т.п.).

В основе структуры металлов лежит кристаллическая решетка из положительных ионов, погруженная в плотный «газ» из подвижных электронов.

Металлы активно образуют химические соединения с неметаллами (оксиды, сульфиды, бориды, нитриды и т.д.), а так же с другими металлами (интерметаллиды).

Сплавы — это твердые вещества, образованные сплавлением двух или более компонентов.

Сплав образуется в результате как чисто физических процессов (растворения, перемешивания), так и химического взаимодействия между элементами.

Сплавы на основе железа называются **черными**, на основе других металлов **цветными**.

Характеристики конструкционных материалов

Не металлические материалы – неорганические и органические полимерные материалы, пластмассы, композиционные материалы (на неметаллической основе), графит, стекло, керамика, клеи, герметики, лакокрасочные покрытия.

Полимеры – вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных элементарных звеньев (мономеров) одинаковой структуры.

Пластмассы – материалы, основу которых составляют при родные или синтетические высокомолекулярные соединения, содержащие или не содержащие дисперсные или коротковолокнистые наполнители, пигменты и иные сыпучие компоненты.

Композиционные материалы (КМ) – гетерофазные (состоящие из различных по физическим и химическим свойствам фаз) системы, полученные из двух и более компонентов с сохранением индивидуальности каждого из них.

Порошковые материалы – материалы, изготавливаемые путем прессования порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего их спекания.

Методами порошковой металлургии получают металлические, металлокерамические и минералокерамические материалы.

Керамика – материал, полученный путем спекания порошков исходных веществ или материалов на их основе при температурах существенно ниже температуры их плавления (размягчения, разложения или сублимации).

Характеристики конструкционных материалов

Наноструктурные материалы – частицы упорядоченного строения размером от 1 до 5 нм, содержащие до 1000 атомов.

Полимерные материалы – высокомолекулярные химические соединения, состоящие из многочисленных маломолекулярных звеньев (*мономеров*) одинакового строения, представляют собой длинные цепи из мономеров. Отдельные атомы в мономере соединены между собой довольно прочными ковалентными химическими связями.

Синтетические сверхтвердые материалы – композиты на основе плотных модификаций нитрида бора.

Наиболее широко в отечественной металлообработке нашли применение Композит 01 (эльбор-Р), композит 03 (исмит), композит 05, композит 09 (ПТНБ), однослойный и двухслойный композит 10 (гексанит-Р).

Сверхтвердые материалы отличает высокая твердость, тепловая устойчивость и химическая инертность к черным металлам.

Строение металлических конструкционных материалов

В природе существует две разновидности твердых тел, различающиеся по своим свойствам – **кристаллические** и **аморфные**.

Кристаллические тела характеризуются упорядоченным расположением в пространстве элементарных частиц, из которых они составлены (ионов, атомов, молекул);

Аморфные тела характеризуются хаотичным расположением частиц.

Металлы и сплавы – основные машиностроительные материалы, которые обладают свойствами, обусловленными их внутренним строением.

Металлы и их сплавы в твердом состоянии представляют собой кристаллические тела, в которых атомы располагаются относительно друг друга в определенном, геометрически правильном порядке, образуя кристаллическую структуру.

Такое закономерное, упорядоченное пространственное размещение атомов называется **кристаллической решеткой**.

Наиболее распространенными среди металлов являются следующие типы решеток (Рисунок 3.2):

объемно-центрированная кубическая (ОЦК) – атомы расположены в вершинах и в центре куба; такую решетку имеют Na, V, Nb, Fe α , K, Cr, W и другие металлы;

гранецентрированная кубическая (ГЦК) – атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой грани; решетку такого типа имеют Pb, Al, Ni, Ag, Au, Cu, Co, Fe γ и другие металлы;

гексагональная плотно упакованная (ГПУ) – четырнадцать атомов расположены в вершинах и центре шестиугольных оснований призмы, а три – в средней плоскости призмы; такую решетку имеют Mg, Ti, Re, Zn, Hf, Be, Ca и другие металлы.

Схемы кристаллических решеток

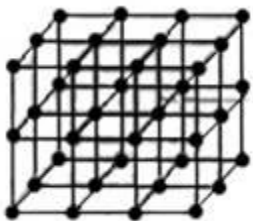
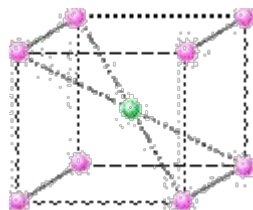
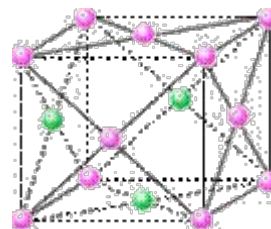


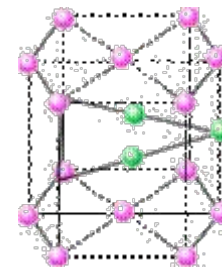
схема кристаллической решетки



ячейка объемно-центрированная кубическая (ОЦК)



ячейка гранецентрированная (ГЦК)



ячейка гексагональная плотноупакованная (ГПУ)

Свойства конструкционных материалов

Физико-механические свойства

конструкционные; технологические; эксплуатационные.

Конструкционные свойства.

прочность; упругость; пластичность; твердость; ударная вязкость.

Свойства конструкционных материалов

Прочность – это способность материала сопротивляться деформации и разрушению.

Деформацией называется изменение размеров и формы тела под действием внешних сил. Деформации подразделяются на упругие и пластические. Упругие деформации исчезают после окончания действия сил, а пластические остаются.

Пластичность – способность материала деформироваться. Пластичность обеспечивает конструктивную прочность деталей под нагрузкой и нейтрализует влияние концентраторов напряжений – отверстий, вырезов и т. п. При пластическом деформировании металла одновременно с изменением формы изменяется ряд свойств, в частности при холодном деформировании повышается прочность, но снижается пластичность.

Свойства конструкционных материалов

Твердость – это сопротивление материала проникновению в его поверхность стандартного тела (индентора).

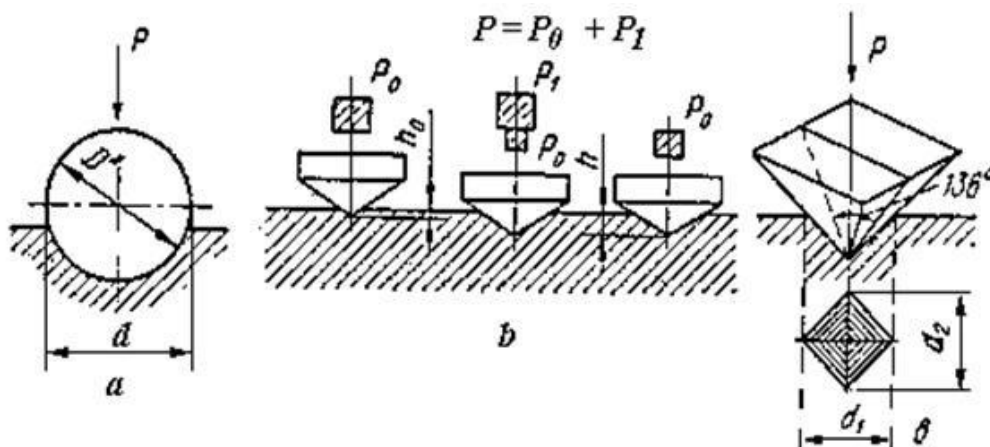
О твердости судят либо по глубине проникновения индентора, либо по величине отпечатка от вдавливания. Во всех случаях происходит пластическая деформация материала. Чем больше сопротивление материала пластической деформации, тем выше твердость.

Наибольшее распространение получили методы определения твердости **Бринелля**, **Роквелла**, **Виккерса** и микротвердости.

Способ микротвердости – используется для определения твердости отдельных структурных составляющих и фаз сплава, очень тонких поверхностных слоев (сотые доли миллиметра). Метод аналогичен способу Виккерса.

Индентор – пирамида меньших размеров, нагрузки при вдавливании составляют 5...500 н.

Схема определения твердости материала



по Бринеллю (а),
по Роквеллу (б),
по Виккерсу (в).

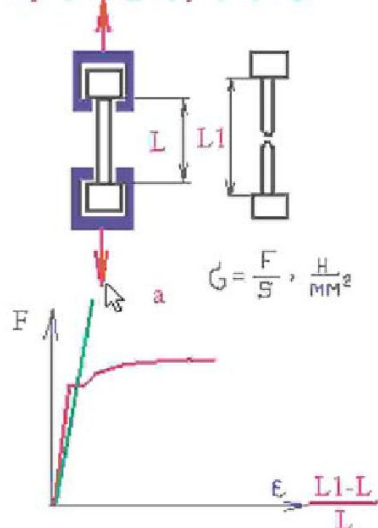
Свойства конструкционных материалов

Ударная вязкость характеризует надежность материала, его способность сопротивляться хрупкому разрушению.

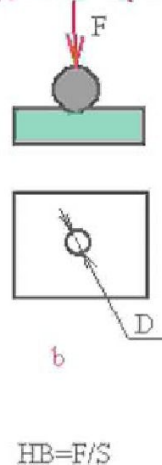
Испытания на ударную вязкость производят на маятниковых копрах. Испытуемые образцы имеют надрезы определенной формы и размеров. Образец устанавливают на опорах копра надрезом в сторону, противоположную удару ножа маятника, который поднимают на определенную высоту.

НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

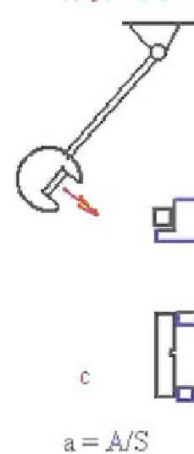
Прочность на растяжение



Твердость по Бринеллю



Ударная вязкость



Технологические свойства конструкционных материалов

Технологическим свойствам металлов и сплавов:

деформируемость;

свариваемость;

обрабатываемость режущим инструментом.

Технологические и эксплуатационные свойства конструкционных материалов

Литейные свойства характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок.

Литейные свойства определяются способностью расплавленного металла или сплава к заполнению литейной формы (жидкотекучесть), степенью химической неоднородности по сечению полученной отливки (ликвация), а также величиной усадки – сокращением линейных размеров при кристаллизации и дальнейшем охлаждении.

Способность материала к обработке давлением – это способность материала изменять размеры и форму под влиянием внешних нагрузок не разрушаясь (обработка без снятия стружки).

Она контролируется в результате технологических испытаний, проводимых в условиях, максимально приближенных к производственным.

Листовой материал испытывают на перегиб и вытяжку сферической лунки.

Проволоку испытывают на перегиб, скручивание, на навивание.

Трубы испытывают на раздачу, сплющивание до определенной высоты и изгиб.

Критерием годности материала является отсутствие дефектов после испытания.

Технологические и эксплуатационные свойства конструкционных материалов

Свариваемость – это способность материала образовывать неразъемные соединения требуемого качества при сварке. Свойство оценивается по качеству сварного шва.

Обработываемость резанием – характеризует способность материала поддаваться обработке режущим инструментом.

Оценивается по стойкости инструмента и по качеству обработанной поверхности.

Технологические и эксплуатационные свойства конструкционных материалов

Технологические свойства определяют выбор материала для конструкции.

Разрабатываемые материалы могут быть внедрены в производство только в том случае, если их технологические свойства удовлетворяют необходимым требованиям.

Современное автоматизированное производство, предъявляет к технологическим свойствам материала особые требования: проведение сварки на больших скоростях, ускоренное охлаждение отливок, обработка резанием на повышенных режимах и т. п. при обеспечении необходимого условия – высокого качества получаемой продукции.

Эксплуатационные свойства конструкционных материалов

Эксплуатационные свойства – способность материала работать в конкретных условиях:

износостойкость – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения;

коррозионная стойкость – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных и щелочных сред;

жаростойкость – способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре;

жаропрочность – это способность материала сохранять прочность и твердость при высоких температурах;

хладостойкость – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах;

антифрикционность – способность материала прирабатываться к другому материалу.

Эти свойства определяются специальными испытаниями в зависимости от условий работы изделий. При выборе материала для создания конструкции необходимо учитывать конструкционные, технологические и эксплуатационные свойства.

Черные металлы и сплавы

К черным металлам относятся **железо** и **сплавы на его основе** (сталь и чугун).

Железо в чистом виде в машиностроении не применяется.

Сталь многокомпонентный сплав с содержанием углерода до 2,14 %.

Чугун – сплав железа с углеродом при содержании углерода более 2,14 %.

Черные металлы и сплавы

Сталь.

В зависимости от химического состава различают стали **углеродистые** (ГОСТ 380-94, ГОСТ 1050-88) и **легированные** (ГОСТ 4543-71, ГОСТ 5632-72, ГОСТ 14959-79).

В свою очередь **углеродистые** стали могут быть:

малоуглеродистыми, содержащими углерода менее 0,25%;

среднеуглеродистыми, содержание углерода составляет 0,25...0,60%

высокоуглеродистыми, в которых концентрация углерода превышает 0,60%

Легированные стали подразделяют на:

низколегированные содержание легирующих элементов до 2,5%

среднелегированные, в их состав входят от 2,5 до 10% легирующих элементов;

высоколегированные, которые содержат свыше 10% легирующих элементов.

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного, штампового и прочего инструмента. Эти стали содержат более 0,65% углерода.

Черные металлы и сплавы

Сталь.

Качество стали зависит от содержания вредных примесей: серы и фосфора.

Стали **обыкновенного качества**, содержат до 0,06% серы и до 0,07% фосфора;

качественные – до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно;

высококачественные – до 0,025% серы и фосфора;

особо высококачественные – до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Черные металлы и сплавы

Сталь.

Конструкционные стали.

Нелегированные конструкционные стали обыкновенного качества обозначают по ГОСТ 380-94 буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств.

Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер.

Нелегированные конструкционные качественные стали.

Эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: **05; 08; 10; 25; 40** и т.д.

Качественные стали с повышенными свойствами,

используемые для производства котлов и сосудов высокого давления, обозначают по ГОСТ 5520-79 добавлением буквы **К** в конце наименования стали: **15К, 18К, 22К.**

Конструкционные легированные стали.

В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв. Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь.

Обозначение легирующих элементов в написании марок стали

Элемент	Обозначение	
Ниобий	Nb	Б
Вольфрам	W	В
Марганец	Mn	Г
Медь	Cu	Д
Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М
Никель	Ni	Н
Бор	B	Р
Кремний	Si	С
Титан	Ti	Т
Ванадий	V	Ф
Хром	Cr	Х
Цирконий	Zr	Ц
Алюминий	Al	Ю

Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа, при содержании легирующего элемента до 1,5% цифра за соответствующей буквой не указывается. Например, сталь состава: углерода С 0,09...0,15%, хрома Cr 0,4...0,7%, никеля Ni 0,5...0,8% обозначается **12ХН**, а обыкновенного качества с повышенным содержанием легирующих элементов: сталь содержащая углерода С 0,27...0,34%, хрома Cr 2,3...2,7%, молибдена Мо 0,2...0,3%, ванадия V 0,06...0,12% обозначается **30ХЗМФ**. Для того, чтобы показать, что в стали ограничено содержание серы и фосфора ($S < 0,03\%$, $P < 0,03\%$) и сталь относится к группе высококачественных в конце ее обозначения ставят букву **А**.

Черные металлы и сплавы

Сталь.

Особовысококачественные стали, подвергнутые электрошлаковому переплаву, обеспечивающему эффективную очистку от сульфидов и оксидов, обозначают добавлением через тире в конце наименования стали буквы **Ш**.
Например: **12Х2Н4А, 15Х2МА, 18ХГ-Ш, 20ХГНТР-Ш** и др.

Литейные конструкционные стали. В соответствии с ГОСТ 977-88 обозначаются по тем же правилам, что и качественные и легированные стали. Отличие заключается лишь в том, что в конце наименований литейных сталей приводится буква **Л**.

Например, **15Л, 20Г1ФЛ, 35ХГЛ** и др.

Шарикоподшипниковые стали по ГОСТ 801-78 маркируют буквами "**ШХ**", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента. Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква **Ш** добавляется также и в конце их наименований через тире.

Например: **ШХ15, ШХ20СГ, ШХ4-Ш**.

Автоматные стали ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы **А** (автоматная). Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв **АС**. Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей.

Например: **А20, А40Г, АС14, АС38ХГМ**.

Черные металлы и сплавы

Сталь.

Инструментальные стали в соответствии с ГОСТ 1435-90 делятся на качественные и высококачественные.

Качественные стали обозначаются буквой **У** (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали в десятых долях процента.

Например, сталь **У7** содержит 0,65...0,74% углерода, сталь У10...0,95...1,04%, а сталь **У13** – 1,2%.

В обозначения высококачественных сталей добавляется буква А (У8А, У12А и т.д.).

Кроме того, в обозначениях как качественных, так и высококачественных углеродистых инструментальных сталей может присутствовать буква Г, указывающая на повышенное содержание в стали марганца. Например: **У8Г, У8ГА**.

Инструментальные легированные стали. Правила обозначения инструментальных легированных сталей по ГОСТ 5950-73 в основном те же, что и для конструкционных легированных. Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали. Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, в десятых долях процента, а не в сотых, как для конструкционных легированных сталей.

Черные металлы и сплавы

Сталь.

Нержавеющие стали. Обозначения стандартных нержавеющих сталей согласно ГОСТ 5632-72 состоят из букв и цифр и строятся по тем же принципам, что и обозначения конструкционных легированных сталей. В обозначения литейных нержавеющих сталей добавляется буква **Л**.

В том случае, если стали получены методом электрошлакового переплава, к их наименованиям (также как и для легированных сталей) добавляется через тире буква **Ш** (**06X16H15M3B-Ш**). к наименованиям указанных сталей через тире могут добавляться буквы, означающие следующее:

ВД – вакуумно-дуговой переплав (**09X16H4B-ВД**),

ВИ – вакуумно-индукционная выплавка (**03X18H10-ВИ**),

ЭЛ – электронно-лучевой переплав (**03H18K9M5T-ЭЛ**),

ГР – газокислородное рафинирование (**04X15CT-ГР**),

ИД – вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (**ЭП14-ИД**),

ПД – плазменная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом (**ХН45НВТЮБР-ПД**),

ИЛ – вакуумно-индукционная выплавка с последующим электронно-лучевым переплавом (**ЭП989-ИЛ**) и т.д.

Черные металлы и сплавы

Чугун.

Чугуном называют сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащими углерода более 2,14 %.

Классификация чугунов. Характерной особенностью чугунов является то, что углерод в сплаве может находиться не только в растворенном и связанном состоянии (в виде химического соединения – цементита), но также в свободном состоянии – в виде графита. При этом форма выделений графита и структура металлической основы (матрицы) определяют основные типы чугунов и их свойства.

- **белый чугун**, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита;
- **половинчатый чугун**, в котором основное количество углерода (более 0,8 %) находится в виде цементита;
- **серый чугун**, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита;
- **отбеленный чугун**, в котором основная масса металла имеет структуру серого чугуна, а поверхностный слой – белого;
- **высокопрочный чугун**, в котором графит имеет шаровидную форму;
- **ковкий чугун**, получающийся из белого путем отжига, при котором углерод переходит в свободное состояние в виде хлопьевидного графита.

Черные металлы и сплавы

Чугун.

Легированные чугуны.

В зависимости от назначения различают износостойкие, антифрикционные, жаростойкие и коррозионно-стойкие легированные чугуны.

Износостойкие чугуны, легированные никелем (до 5 %) и хромом (0,8 %), применяют для изготовления деталей, работающих в абразивных средах. Чугуны (до 0,6 % Cr и 2,5 % Ni) с добавлением титана, меди, ванадия, молибдена обладают повышенной износостойкостью в условиях трения без смазочного материала. Их используют для изготовления тормозных барабанов автомобилей, дисков сцепления, гильз цилиндров и др.

Жаростойкие легированные чугуны ЧХ2, ЧХ3 применяют для изготовления деталей контактных аппаратов химического оборудования, турбокомпрессоров, эксплуатируемых при температуре 600°С

Жаропрочные легированные чугуны ЧНМШ, ЧНИГ7Х2Ш с шаровидным графитом работоспособны при температурах 500...600°С и применяются для изготовления деталей дизелей, компрессоров и др.

Антифрикционные чугуны используются в качестве подшипниковых сплавов, способных работать в условиях трения как подшипники скольжения.

Цветные металлы и сплавы

Цветные металлы и сплавы. Многие цветные металлы (**Cu, Al, Mg, Pb, Sn, Zn, Ti**) и их сплавы обладают рядом ценных свойств: хорошей пластичностью, вязкостью, высокой электро- и теплопроводностью, прочностью, низкой плотностью, коррозионной стойкостью и другими достоинствами.

Благодаря этим качествам цветные металлы и их сплавы занимают важное место среди конструкционных материалов.

Из цветных металлов в автомобилестроении в чистом виде и в виде сплавов широко используются алюминий, медь, свинец, олово, магний, цинк, титан.

Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы.

Алюминий – металл серебристо-белого цвета, характеризуется низкой плотностью, высокой электропроводностью, температура плавления 660°C .

Механические свойства алюминия невысокие, поэтому в чистом виде как конструкционный материал применяется ограниченно.

Сплавы на основе алюминия классифицируются по следующим признакам:

- по технологии изготовления;

- по степени упрочнения после термической обработки;

- по эксплуатационным свойствам.

Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы.

Деформируемые сплавы.

К **неупрочняемым** термической обработкой относятся сплавы:

алюминия с марганцем марки **АМц**;

алюминия с магнием марок **АМг**; **АМг3**, **АМг5В**, **АМг5П**, **АМг6**.

Эти сплавы обладают высокой пластичностью, коррозионной стойкостью, хорошо штампуются и свариваются, но имеют невысокую прочность.

Из них изготавливают бензиновые баки, проволоку, заклепки, а также сварные резервуары для жидкостей и газов, детали вагонов.

К **упрочняемым** термической обработкой относятся сплавы:

нормальной прочности;

высокопрочные сплавы;

жаропрочные сплавы;

сплавы дляковки и штамповки

Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы.

Сплавы нормальной прочности. К ним относятся сплавы системы **Алюминий + Медь + Магний** (дуралюмины).

Дуралюмины (**Д1, Д16, Д18**) характеризуются высокой прочностью, достаточной твердостью и вязкостью. Для упрочнения сплавов применяют закалку с последующим охлаждением в воде. Закаленные дуралюмины подвергаются старению, что способствует увеличению их коррозионной стойкости.

Дуралюмины широко используются в авиастроении: из сплава **Д1** изготавливают лопасти винтов, из **Д16** – несущие элементы фюзеляжей самолетов, сплав **Д18** – один из основных заклепочных материалов.

Высокопрочные сплавы алюминия (В93, В95, В96) относятся к системе **Алюминий+Цинк+Магний+Медь**.

В качестве легирующих добавок используют марганец и хром, которые увеличивают коррозионную стойкость и эффект старения сплава. Для достижения требуемых прочностных свойств, сплавы закаливают с последующим старением. Высокопрочные сплавы по своим прочностным показателям превосходят дуралюмины, однако менее пластичны и более чувствительны к концентраторам напряжений (надрезам). Из этих сплавов изготавливают высоконагруженные наружные конструкции в авиастроении – детали каркасов, шасси и обшивки.

Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы.

Жаропрочные сплавы алюминия (АК4-1, Д20) имеют сложный химический состав, легированы железом, никелем, медью и другими элементами. Жаропрочность сплавам придает легирование, замедляющее диффузионные процессы.

Детали из жаропрочных сплавов используются после закалки и искусственного старения и могут эксплуатироваться при температуре до 300°С.

Сплавы дляковки и штамповки (АК2, АК4, АК6, АК8) относятся к системе **Алюминий+Медь+Магний** с добавками кремния. Сплавы применяют после закалки и старения для изготовления средненагруженных деталей сложной формы (АК6) и высоконагруженных штампованных деталей – поршни, лопасти винтов, крыльчатки насосов и др.

Литейные сплавы. Для изготовления деталей методом литья применяют алюминиевые сплавы систем **Al-Si, Al-Cu, Al-Mg**. Для улучшения механических свойств сплавы легируют титаном, бором, ванадием. Главным достоинством литейных сплавов является высокая жидкотекучесть, небольшая усадка, хорошие механические свойства.

Медь и ее сплавы

Главными достоинствами меди как машиностроительного материала являются высокие тепло- и электропроводность, пластичность, коррозионная стойкость в сочетании с достаточно высокими механическими свойствами.

К недостаткам меди относят низкие литейные свойства и плохую обрабатываемость резанием.

Медные сплавы классифицируют по следующим признакам:

по химическому составу на:

латуни;

бронзы;

медноникелевые сплавы;

по технологическому назначению на:

деформируемые;

литейные;

по изменению прочности после термической обработки на:

упрочняемые;

неупрочняемые

Медь и ее сплавы

Латуни – сплавы меди, а которых главным легирующим элементом является **цинк**.

В зависимости от содержания легирующих компонентов различают:

простые (двойные) латуни;

многокомпонентные (легированные) латуни.

Медь и ее сплавы

Бронзы – это сплавы меди с **оловом** и другими элементами (алюминий, марганец, кремний, свинец, бериллий).

В зависимости от содержания основных компонентов, бронзы делятся на:

- оловянные, главным легирующим элементом которых является олово;
- безоловянные (специальные), не содержащие олова.

В зависимости от технологии переработки оловянные и специальные бронзы подразделяют на:

деформируемые; литейные; специальные.

Деформируемые оловянные бронзы содержат до 8 % олова.

Эти бронзы используют для изготовления пружин, мембран и других деформируемых деталей.

Литейные бронзы содержат свыше 6 % олова, обладают высокими антифрикционными свойствами и достаточной прочностью; их используют для изготовления ответственных узлов трения (вкладыши подшипников скольжения).

Специальные бронзы включают в свой состав алюминий, никель, кремний, железо, бериллий, хром, свинец и другие элементы. В большинстве случаев название бронзы определяется основным легирующим компонентом.

Титан и его сплавы

Титановые сплавы классифицируют по:

технологическому назначению на литейные и деформируемые;

механическим свойствам – низкой (до 700 МПа), средней (700...1000 МПа) и высокой (более 1000 МПа) прочности;

эксплуатационным характеристикам – жаропрочные, химически стойкие и др.;

отношению к термической обработке – упрочняемые и неупрочняемые;

структуре (α -, $\alpha+\beta$ - и β -сплавы).

Деформируемые титановые сплавы по механической прочности выпускаются под марками:

низкой прочности – ВТ1;

средней прочности – ВТ3, ВТ4, ВТ5;

высокой прочности ВТ6, ВТ14, ВТ15 (после закалки и старения).

Для **литья** применяются сплавы, аналогичные по составу деформируемым сплавам (ВТ5Л, ВТ14Л), а также специальные литейные сплавы.

Магний и его сплавы

Главным достоинством магния как машиностроительного материала являются низкая плотность, технологичность. Однако его коррозионная стойкость во влажных средах, кислотах, растворах солей крайне низка.

Чистый магний практически не используют в качестве конструкционного материала из-за его недостаточной коррозионной стойкости. Он применяется в качестве легирующей добавки к сталям и чугунам и в ракетной технике при создании твердых топлив.

Эксплуатационные свойства магния улучшают легированием марганцем, алюминием, цинком и другими элементами. Легирование способствует повышению коррозионной стойкости (Zr, Mn), прочности (Al, Zn, Mn, Zr), жаропрочности (Th) магниевых сплавов, снижению окисляемости их при плавке, литье и термообработке.

Магний и его сплавы

Сплавы на основе магния классифицируют по:

механическим свойствам – невысокой, средней прочности; высокопрочные, жаропрочные;

технологии переработки – литейные и деформируемые;

отношению к термической обработке – упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой

Деформируемые магниевые сплавы МА1, МА2, МА3, МА8 применяют для изготовления полуфабрикатов – прутков, труб, полос и листов, а также для штамповок и поковок.

Литейные магниевые сплавы МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6 нашли широкое применение для производства фасонных отливок. Некоторые сплавы **МЛ** применяют для изготовления высоконагруженных деталей в авиационной и автомобильной промышленности: картеры, корпуса приборов, колесные диски, фермы шасси самолетов.

Неметаллические конструкционные материалы

Понятие неметаллические материалы включает большой ассортимент материалов таких, как *пластические массы, композиционные материалы, резиновые материалы, клеи, лакокрасочные покрытия, древесина, а также силикатные стекла, керамика и др.*

Неметаллические материалы обладают высокой механической прочностью, низкой плотностью, термической и химической стойкостью, высокими электроизоляционными характеристиками, оптической прозрачностью и т. п. Особо следует отметить *технологичность неметаллических материалов.*

Применение неметаллических материалов обеспечивает значительную экономическую эффективность.

Неметаллические конструкционные материалы

Полимерами называют вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных элементарных звеньев (мономеров) одинаковой структуры.

Природные полимеры – натуральный каучук, целлюлоза, слюда, асбест.

Однако ведущей группой являются синтетические полимеры, получаемые в процессе химического синтеза из низкомолекулярных соединений.

Все полимеры по отношению к нагреву подразделяют на *термопластичные* и *терморезистивные*.

Термопластичные полимеры при нагревании размягчаются, даже плавятся, при охлаждении затвердевают. Этот процесс обратим, т. е. никаких дальнейших химических превращений материал не претерпевает.

Представителями термопластов являются полиэтилен, полистирол, полиамиды и др.

Терморезистивные полимеры при нагревании размягчаются, затем вследствие протекания химических реакций затвердевают и в дальнейшем остаются твердыми.

Отвержденное состояние полимера называется термостабильным.

Пластмассами называют искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связующих веществ. В состав пластмасс входят связующее, наполнители, красители и пластификаторы. В зависимости от природы связующего переход отформованной массы в твердое состояние совершается или при дальнейшем ее нагревании, или при последующем охлаждении.

Резина

Резиной называется продукт специальной обработки (вулканизации) смеси каучука и серы с различными добавками.

Резина как технический материал отличается от других материалов высокими эластическими свойствами, которые присущи каучуку – главному исходному компоненту резины. Она способна к очень большим деформациям (относительное удлинение достигает 1000%), которые почти полностью обратимы.

При комнатной температуре резина находится в высокоэластическом состоянии и ее эластические свойства сохраняются в широком диапазоне температур.

Резиновые материалы применяют для амортизации и демпфирования, уплотнения и герметизации в условиях воздушных и жидкостных сред, химической защиты деталей машин, в производстве тары для хранения масел и горючего, различных трубопроводов (шлангов), для покрышек и камер колес самолетов, автотранспорта и т. д.

Неорганические конструкционные материалы

Неорганическим конструкционным материалам присущи **негорючесть, высокая стойкость к нагреву, химическая стойкость, неподверженность старению, большая твердость, хорошая сопротивляемость сжимающим нагрузкам.**

Однако они обладают повышенной хрупкостью, плохо переносят резкую смену температур, слабо сопротивляются растягивающим и изгибающим усилиям и имеют большую плотность по сравнению с органическими полимерными материалами.

Неорганические материалы подразделяют на неорганическое стекло, стеклокристаллические материалы – **ситаллы и керамику.**

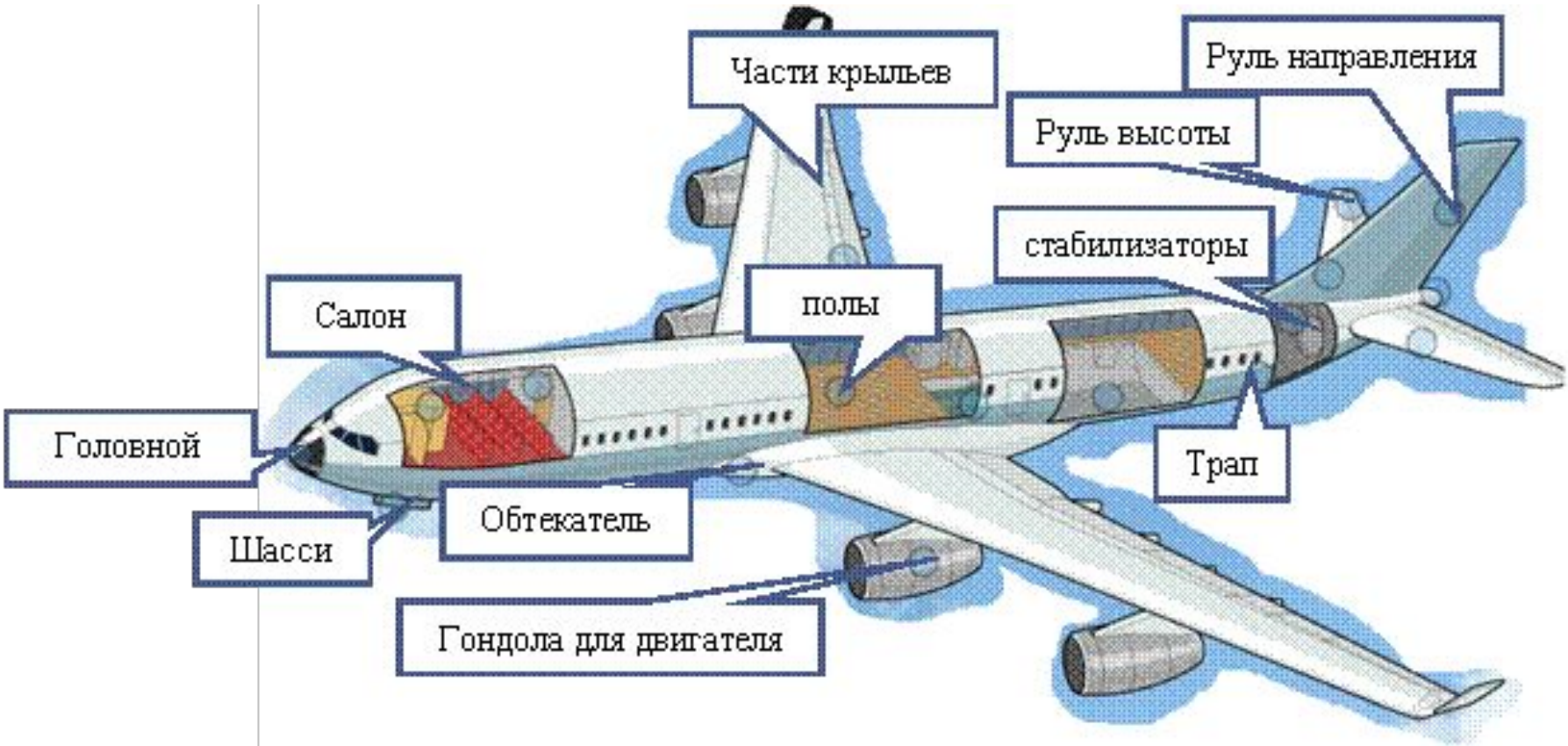
Композиционные конструкционные материалы

Композиционные материалы представляют собой объемное сочетание двух или нескольких химически разнородных материалов с четкой границей раздела между этими компонентами (фазами) и характеризуются свойствами, которых не имеют составляющие его компоненты в отдельности.

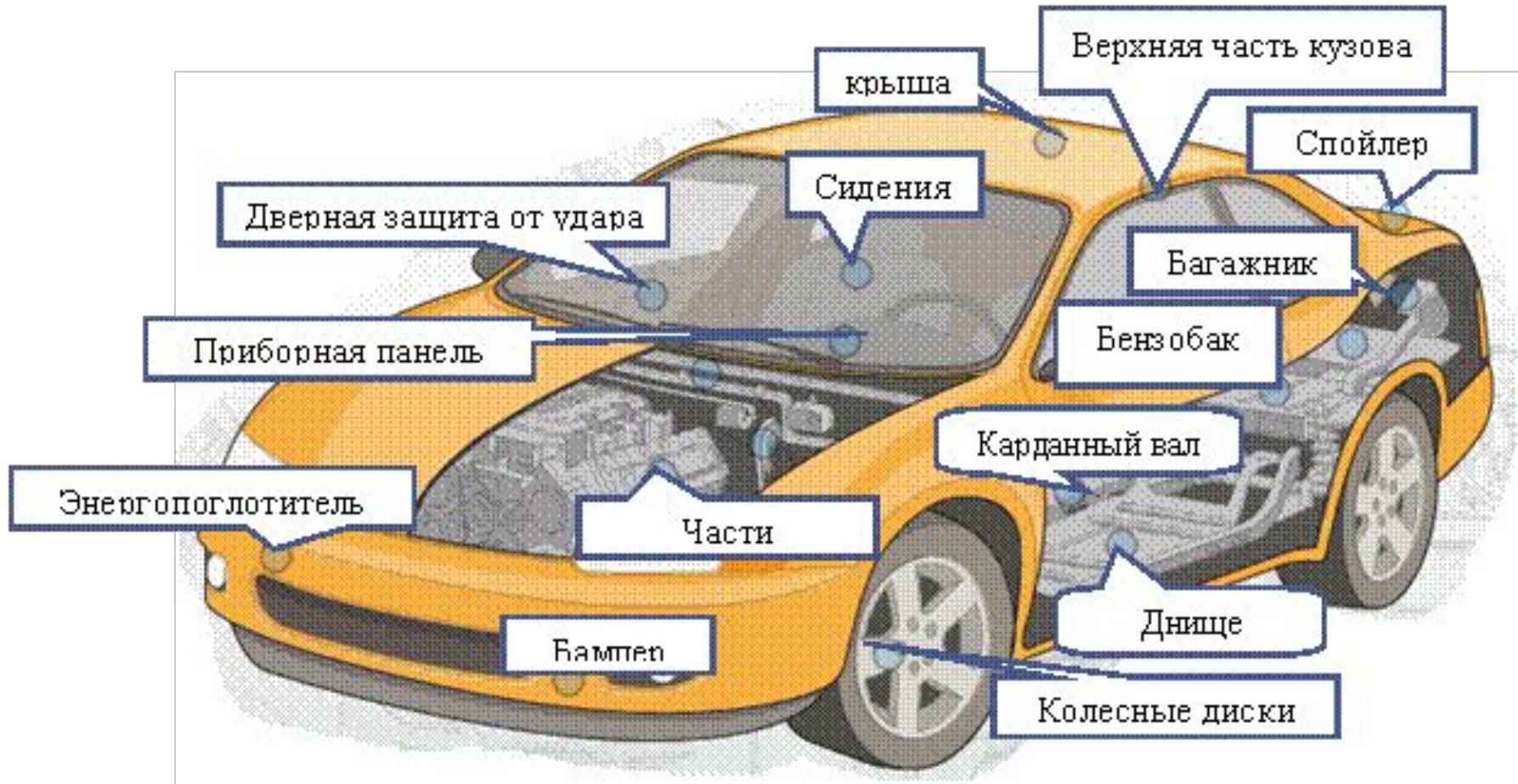
Композицию получают путем введения в основной материал (матрицу) определенного количества другого материала (наполнителя), который добавляется с целью получения специальных свойств.

Композиционный материал может состоять из двух, трех и более компонентов. Размеры частиц, входящих компонентов могут колебаться от сотых долей микрометра до нескольких миллиметров.

Детали самолета, изготавливаемые из композиционных материалов



Детали автомобиля, изготавливаемые из композиционных материалов



Наноструктурные материалы в машиностроении

Согласно рекомендации 7-й Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 г.), выделяют следующие типы наноматериалов:

- нанопористые структуры;
- наночастицы;
- нанотрубки и нановолокна;
- нанодисперсии (коллоиды);
- наноструктурированные поверхности и пленки;
- нанокристаллы и нанокластеры.

Наноструктурные материалы в машиностроении




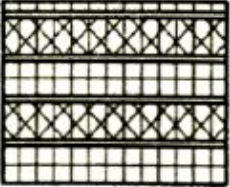
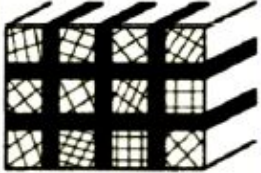
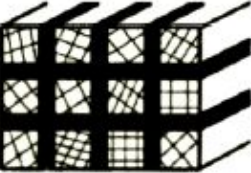
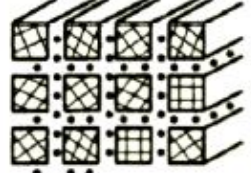



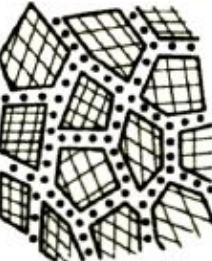
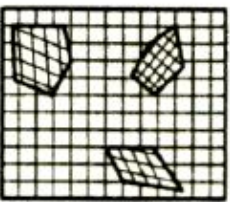
Нанокристаллы и нанокластеры представляют собой частицы упорядоченного строения размером от 1 до 5 нм, содержащие до 1000 атомов. Обычно наночастицы имеют диаметр от 5 до 100 нм и состоят из 10³-10⁶ атомов.

Нитевидные и пластинчатые частицы могут содержать гораздо больше атомов и иметь один или даже два линейных размера, превышающих пороговое значение, но их свойства остаются характерными для вещества в нанокристаллическом состоянии. Соотношение линейных размеров наночастиц позволяет рассматривать их как одно-, двух- или трехмерные. Если наночастица имеет сложную форму и строение, то в качестве основного рассматривают не линейный размер частицы в целом, а размер ее структурного элемента.

Такие частицы, как правило, называют наноструктурами, причем их линейные размеры могут значительно превышать 100 нм. В зависимости от того, какую преимущественную анизотропию имеют структурные элементы наноструктур, последние также подразделяют на одно-, двух- и трехмерные (нульмерные).

Наноструктурные материалы в машиностроении

Классификация консолидированных наноматериалов по составу, распределению и форме структурных составляющих

Форма	Однофазный состав	Многофазный состав		
		Статистическое распределение		Матричное распределение
		Идентичные границы	Неидентичные границы	
Пластинчатая				
Столбчатая				
Равноосная				

Вопросы

Классификация конструкционных материалов.

Строение конструкционных материалов.

Физико-механические свойства конструкционных материалов.

Твердость материалов. Методы измерения твердости.

Сталь. Классификация сталей. Маркировка сталей. Свойства сталей.

Чугун его свойства. Классификация чугунов.

Цветные металлы и сплавы. Сплавы алюминия. Классификация. Их свойства.

Сплавы меди. Классификация. Их свойства.

Титан и его сплавы. Маркировка. Классификация.

Магний и его сплавы. Классификация.

Неметаллические конструкционные материалы. Классификация. Свойства.

Пластмассы. Свойства.

Резина. Свойства. Состав.

Неорганические конструкционные материалы. Классификация. Свойства.

Композиционные конструкционные материалы. Состав. Классификация. Свойства.

