# Материалы конструкций ЭВС (лекции 35 – 37)

## Классификация материалов конструкций по их свойствам, областям применения и методам обработки

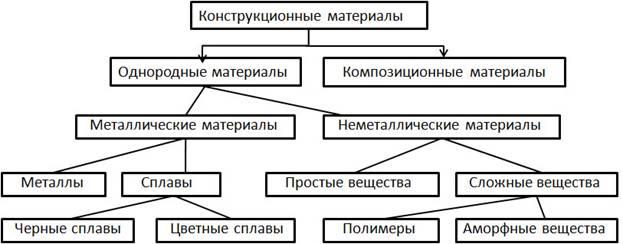


Рис. . Классификация конструкционных материалов

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

*Сплавы*– твердые вещества, образованные сплавлением двух или более компонентов.  Сплав образуется в результате как чисто физических процессов (растворение, перемешивание), так и в результате химического взаимодействия между элементами.  Разнообразие состава типов межатомной связи и кристаллических структур сплавов обуславливает значительное различие их физико-химических, электрических, магнитных, механических, оптических и других свойств.  Сплавы на основе железа называются *черными*, на основе других металлов *цветными*.

*Черные металлы и сплавы –* это 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 %.

*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).

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

Стали с особыми физическими свойствами: с определенными магнитными характеристиками (электротехническая сталь) или с малым коэффициентом линейного расширения (суперинвар).

Стали с особыми химическими свойствами: нержавеющие, жаростойкие и жаропрочные стали.

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 приборостроении в чистом виде и в виде сплавов широко используются алюминий, медь, свинец, олово, магний, цинк, титан.

*Алюминий и его сплавы. Алюминий*– металл серебристо-белого цвета, характеризуется низкой плотностью, высокой электропроводностью, температура плавления 660°С. Механические свойства алюминия невысокие, поэтому в чистом виде как конструкционный материал применяется ограниченно. Для повышения физико-механических и технологических свойств алюминий легируют различными элементами: Cu, Сr, Mg, Si, Zn, Mn, Ni.

В зависимости от содержания постоянных примесей различают:

- алюминий особой чистоты марки А999 (0,001 % примесей);

- алюминий высокой чистоты – А935, А99, А97, А95 (0,005…0,5 % примесей);

- технический алюминий – А35, А3, А7, А5, А0 (0,15…0,5 % примесей).

Технический алюминий выпускают в виде полуфабрикатов для дальнейшей переработки в изделия. Алюминий высокой чистоты применяют для изготовления фольги, токопроводящих и кабельных изделий.

Сплавы на основе алюминия классифицируются по следующим признакам:

- по технологии изготовления;

- по степени упрочнения после термической обработки;

- по эксплуатационным свойствам.

В группе деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой, различают сплавы: нормальной прочности; высокопрочные сплавы; жаропрочные сплавы; сплавы для ковки и штамповки.

Сплавы нормальной прочности относятся сплавы системы Алюминий + Медь + Магний (дуралюмины). Дюралюмины (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, в приборостроении.

*Сплавы для ковки 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.

*Легирование меди* осуществляется с целью придания сплаву требуемых механических, технологических, антифрикционных и других свойств. Химические элементы, используемые при легировании, обозначают в марках медных сплавов следующими индексами:

|  |  |
| --- | --- |
| А – алюминий;  Вм – вольфрам;  Ви – висмут;  В – ванадий;  Км – кадмий;  Гл – галлий;  Г – германий;  Ж – железо;  Зл – золото;  К – кобальт;  Кр – кремний;  Мг – магний; | Мц – марганец;  М – медь;  Мш – мышьяк;  Н – никель;  О – олово;  С – свинец;  Сн – селен;  Ср – серебро;  Су – сурьма;  Ти – титан;  Ф – фосфор;  Ц – цинк. |

Рис. . Буквенные обозначения конструкционных материалов

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 и неупрочняемые.

*Латуни* - это сплавы меди, в которых главным легирующим элементом является цинк. В зависимости от содержания легирующих компонентов различают:

- простые (двойные) латуни;

- многокомпонентные (легированные) латуни.

Простые латуни маркируют буквой «Л» и цифрами, показывающими среднее содержание меди в сплаве. Например, сплав Л90 – латунь, содержащая 90 % меди, остальное – цинк.

В зависимости от основного легирующего элемента различают алюминиевые, кремнистые, марганцевые, никелевые, оловянистые, свинцовые и другие латуни.

*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.

## Неметаллические материалы

Неметаллические материалы – неорганические и органические материалы, композиционные материалы на неметаллической основе, клеи, герметики, лакокрасочные покрытия, графит, стекло, керамика и т.д.

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

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

В приборостроении большое применение находят различные неметаллические материалы, такие как пластмассы, резина, стекло, керамика, лакокрасочные иклеевые материалы, причем с развитием химии и новых технологий доля неметаллических материалов в приборостроении постоянно увеличивается.

Выбор пластмасс определяется назначением детали и характерной особенностью ее получения: прессование, литье и другие способы.

Свойства конструкционных материалов подразделяются на:

- механические;

- технологические;

- эксплуатационные.

К механическим свойствам относятся: прочность; упругость; пластичность, твердость; ударная вязкость.

Эти свойства определяют прочность и долговечность конструкции.

*Прочность*– это способность материала сопротивляться деформации и разрушению.

*Деформацией -* это 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.

Большинство механических характеристик материалов определяют в результате испытания образцов на растяжение (ГОСТ 1497-84).

При растяжении образцов с площадью поперечного сечения S0 и рабочей (расчетной) длиной lостроят диаграмму растяжения в координатах: нагрузка P– удлинение ∆l образца.

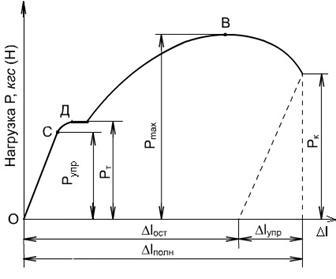


Рис. . Диаграмма растяжения

*Диаграмма растяжения*характеризует поведение металла при деформировании от момента начала нагружения до разрушения образца. На диаграмме выделяют три участка:

- упругой деформации – до нагрузки Рупр;

- равномерной пластической деформации от Рупрдо Рмах;

- и сосредоточенной пластической деформации от Рмахдо Рк.

Если образец нагрузить в пределах Рупр, а затем полностью разгрузить и замерить его длину, то никаких последствий нагружения не обнаружится.

При нагружении образца более Рупр появляется *остаточная (пластическая) деформация.* Пластическое деформирование идет при возрастающей нагрузке, так как металл упрочняется в процессе деформирования.

При деформировании твердого тела внутри него возникают внутренние силы. Величину сил, приходящуюся на единицу площади поперечного сеченияобразца, *называют напряжением.* Размерность напряжения МПа.

*Пластичность* характеризуется относительным удлинениемhttps://studfiles.net/html/2706/245/html_v6m9cPrKr4.kN3L/img-RgW9HJ.pngи относительным сужениемhttps://studfiles.net/html/2706/245/html_v6m9cPrKr4.kN3L/img-4A5sMH.png:

https://studfiles.net/html/2706/245/html_v6m9cPrKr4.kN3L/img-LD60sq.png

где l0, S0- начальные длина и площадь поперечного сечения образца, lk, Sk- конечная длина и площадь в месте разрыва.

Допустимые значения напряжений в расчетах выбирают меньше в 1,5 - 2,5 раза.

*Твердость*– это сопротивление материала проникновению в его поверхность стандартного тела (индентора). Чем больше сопротивление материала пластической деформации, тем выше твердость.

## Технологические свойства конструкционных материалов

Технологические свойства характеризуют способность материала подвергаться различным способам холодной и горячей обработки.

К технологическим свойствам металлов и сплавов относятся:

- литейные свойства;

- деформируемость;

- свариваемость;

- обрабатываемость режущим инструментом.

Эти свойства позволяют производить формоизменяющую обработку и получать заготовки и детали машин.

*Литейные свойства*характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок.Литейные свойства определяются способностью расплавленного металла или сплава к заполнению литейной формы (жидко текучесть), 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.

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.

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

*Обрабатываемость резанием*– характеризует способность материала поддаваться обработке режущим инструментом. Оценивается по стойкости инструмента и по качеству обработанной поверхности.

*Эксплуатационные свойства* характеризуют 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 ЭС.

При выборе материала для создания конструкции необходимо учитывать конструкционные, технологические и эксплуатационные свойства.

Стали с особыми химическими свойствами: нержавеющие, жаростойкие и жаропрочные стали.

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

*Неметаллические материалы* включают большой ассортимент материалов таких, как пластмассы, 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.

*Основой неметаллических материалов являются полимеры - 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 подразделяются на термопластичные подразделяют *на термопластичные и термореактивные.*

*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.

*Термореактивные полимеры*при нагревании размягчаются, затем вследствие протекания химических реакций затвердевают и в дальнейшем остаются твердыми. Отвержденное состояние полимера называется термостабильным.  Примером термореактивных полимеров могут служить фенолоформальдегидная, глифталевая и другие смолы.

*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. В качестве связующих для большинства пластмасс используются синтетические смолы, реже применяются эфиры целлюлозы. Многие пластмассы, главным образом термопластичные, состоят из одного связующего вещества, например, полиэтилен, органическое стекло и др. В качестве наполнителей используются порошкообразные, волокнистые и другие вещества как органического, так и неорганического происхождения. После пропитки наполнителя связующим получают полуфабрикат, который спрессовывается в монолитную массу. Наполнители повышают механическую прочность, снижают усадку при прессовании и придают материалу те или иные специфические свойства (фрикционные, антифрикционные и т. д.). Пластмассы по своим физико-механическим и технологическим свойствам являются наиболее прогрессивными и часто незаменимыми конструкционными материалами. Недостатками пластмасс являются невысокая теплостойкость, низкие модуль упругости и ударная вязкость по сравнению с металлами и сплавами.

*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.

*Неорганические конструкционные материалы* отличаются 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.

В состав неорганических стекол входят:

- стеклообразующие окислы кремния, бора, фосфора, германия, мышьяка, образующие структурную сетку;

- модифицирующие окислы натрия, калия, лития, кальция, магния, бария, изменяющие физико-химические свойства стекломассы.

*Теплозвукоизоляционные стекловолокнистые материалы* (стекловата)имеют рыхловолокнистую структуру с большим количеством воздушных прослоек, волокна в них располагаются беспорядочно.

*Керамика*– неорганический материал, получаемый из окислов алюминия (глины) в процессе высокотемпературного обжига.

*Графит* является одной из аллотропических разновидностей углерода. Это полимерный материал кристаллического пластинчатого строения. Не плавится при атмосферном давлении. Графит встречается в природе, а также получается искусственным путем.

*Композиционные материалы* – это 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