**1. Строение и свойства металлов**

Для характеристики технических материалов используют их физические, химические, технологические и механические свойства.

*Физические свойства*(плотность, теплоемкость, температура плавления, термическое расширение, магнитные характеристики, тепло-, электропроводность и др.) определяют поведение матери­алов в тепловых, гравитационных, электромагнитных и радиаци­онных полях.

*Химические свойства*определяют способность со­противляться окислению, проникновению газов и взаимодейство­вать с другими веществами.

*Технологические свойства*опреде­ляют способность подвергаться горячей и холодной обработке давлением, резанием, термической обработке.

*Механические свойства*материалов характеризуют их поведение под воздей­ствием разных нагрузок. Особенности строения материала, обна­руживаемые каким-либо методом исследования и определяемые агрегатным состоянием, называются структурой и характеризуют его конструктивную прочность.

При оценке структуры машиностроительных материалов исхо­дят из *идеальных агрегатных состояний*вещества (твердого, жидкого, газообразного). Однако реальные материалы, как прави­ло, имеют структурные состояния пограничного промежуточного типа между твердым и жидким, а именно *аморфное*(стеклообраз­ное), *жидкокристаллическое,кристаллическое.*Формирование каждого из этих состояний происходит при определенных вне­шних физических условиях, называемых термодинамическими факторами — конкретных для каждого вещества температуре и давлении, когда микрочастицы, из которых состоит любое веще­ство (в зависимости от его природы это могут быть атомы, ионы или молекулы), занимают в объеме тела либо случайное беспорядочном положении.

Многие ве­щества могут находиться в разных аллотропных формах. Рассмот­рим для примера возможные модификации углерода в свободном состоянии — графит и алмаз. Трудно поверить, но графит (в при­родном виде мягкий минерал с очень низкой твердостью; в про­изводстве получается-в виде сажи, копоти, т.е. мягкого черного порошка при сжигании древесного или каменного угля, антраци­та) и алмаз (прозрачный кристалл самой высокой твердости, пос­ле придания особой, бриллиантовой, огранки — это сверкающий драгоценный камень) — являются атомными кристаллами одного и того же элемента — углерода. Графит используется как огне­упорный материал для изготовления тиглей, работающих в усло­виях высоких температур; алмаз же легко сгорает в открытом пламени. Являясь неметаллом, графит проявляет некоторые признаки металлов (электропроводность).

Структура графита состо­ит из параллельных слоев атомов углерода, находящихся в узлах правильных шестиугольников. Положение слоев повторяется че­рез один, и каждый слой сдвинут относительно другого. Такая кристаллическая решетка называется ***гексагональной.*** Решетка прочного алмаза имеет вид куба ***(а =*** 0,354 нм), в центре каждой грани которого, как и в узлах куба, также находятся атомы углерода (такая решетка называется ***гранецентрированной кубической).*** Таким образом, свободный углерод как вещество может иметь атомную кристаллическую решетку двух видов.

Каждое кристаллическое вещество можно отличить от других по его кристаллической решетке. Все металлы и их сплавы име­ют кристаллическую структуру с ***металлической кристаллической решеткой;*** ее особенность в том, что в узлах находятся по­ложительно заряженные ионы (катионы) и отчасти свободные атомы, а в промежутках между узлами свободно перемещаются электроны, которые не находятся на внешних орбитах атомов, а принадлежат металлу в целом (являются как бы обобществленными электронами и определяют основные свойства металлов как класса веществ (в частности, высокие тепло-, электропроводность и др.).

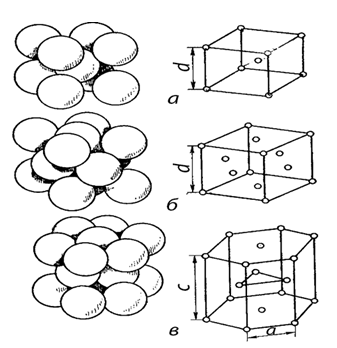


Рис. 1. Кристаллическая решетка:

а – кубическая объемно – центрированнаяб – кубическая гранецентрированная

в – гексоганальная плотноупакованная

**2. Сплавы; методы их получения**

Металлические сплавы представляют собой сочетание двух или нескольких металлов и неметаллов (сталь-железо с углеродом), обладающие металлическими свойствами.

*Виды сплавов в зависимости от компонентов*

1. Сплавы – механические смеси, они не однородны, смесь кристаллов компонентов. Такие сплавы обладают низкой температурой плавления, поэтому применяются для изготовления плавких предохранителей, припоя.
2. Сплавы – твердые растворы. В них компоненты неограниченно растворяются один в другом . Эти сплавы дешевле, чем их компоненты, прочнее, тверже. Применение сплавов в производстве очень широкое (сталь, чугун, латунь)
3. Химические соединения. Они образуются при строго определенном весовом соотношении и обозначаются химической формулой.
4. Fe3С-цементит (в 10 раз дешевле железа). Их применение ограниченно, применяется для напайки на режущие инструменты в виде пластинок из твердых сплавов.

**3. Коррозия металлов. Металлические покрытия**

Несмотря на то что скорость самопроизвольного разрушения металлов за счет деградации (старения) механических свойств, ежегодно, по ориентировочным подсче­там мировая потеря металла от коррозии составляет 20 миллионов тонн. Причем более значительный вред техническому состоянию ме­таллоконструкции наносит не естественная потеря металла, а то негативное воздействие, которое связано с разными видами кор­розии. Затраты на ремонт (замену) деталей автомобилей, судов, аппаратуры химических производств во много раз превышают стоимость металла, из которого они сделаны. Существенны кос­венные потери, вызванные утечкой нефти или газа из повреж­денных коррозией трубопроводов. Поэтому борьба с разрушени­ем металлов очень важна и требует больших материальных зат­рат.

*Коррозия*— это разрушение металлов под действием химиче­ских или электрохимических факторов. Процесс коррозии заклю­чается в образовании оксидов металла и соответствующих хими­ческих соединений, которые затем нарушают целостность струк­туры металла. Наиболее распространена *атмосферная коррозия,*по мере развития которой создаются все условия для разрушения металлов. Наиболее сильному разрушению подвержены черные металлы — углеродистая сталь и чугун, тогда как цветные метал­лы и высоколегированные стали обладают достаточной коррози­онной стойкостью в атмосферных условиях и агрессивных сре­дах.

Техническое железо (с примесями) ржавеет даже при отрицательных температурах. При нагревании этот процесс ускоряется. При температуре 250-300оС пленка ржавчины образуется прямо на глазах, а при температуре 600оС железо покрывается толстым слоем окалины. За все время существования человечества произвело около 14 миллиардов тонн металла, из них 6 миллиардов тонн использовались для машин и механизмов, остальные съела коррозия.

Коррозия металла, как правило, развивается неравномерно, ее местный характер связан с тем, что металл имеет неоднород­ную структуру и различные включения (феррит, цементит), а также поверхностные дефекты — царапины, риски, разные сре­ды (состав, электропроводность) и электродные потенциалы, воз­никающие при контакте металла с металлом.

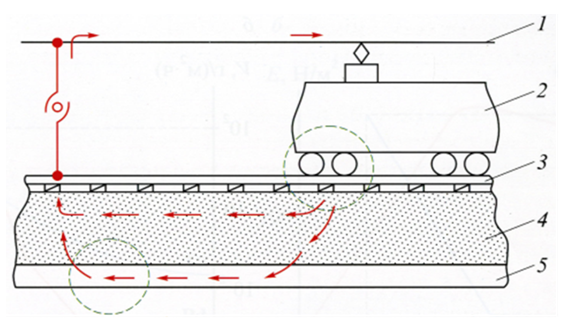


Рис.2. Схема возникновения и протекания блуждающих токов:

1-контактный провод; 2-электровоз ; 3- рельс; 4- почва; 5-трубопровод

-анодные участки (рельс-земля, труба-земля), подверженные коррозии

Электрический по­тенциал возникает в металле всякий раз, как только он попада­ет в жидкую электропроводную среду, т.е. в воду, в которой растворены соли, кислоты, щелочи. В результате перехода метал­ла в раствор в виде ионов или адсорбции им ионов из раствора металл конструкции испытывает действие электрического потен­циала. Величиной этого потенциала можно пользоваться для оценки взаимодействия двух металлов, находящихся в электро­проводной среде, и определить направление химических реак­ций. При контакте двух разных металлов в этом случае за счет разности потенциалов образуется гальваническая пара, в кото­рой металл с более отрицательным потенциалом растворяется и коррозирует. Например, цинковое покрытие, имеющее больший отрицательный потенциал, чем железо, значительно лучше за­щищает его от разрушения, чем никелевое с более положитель­ным потенциалом.

Покрытия, имеющие по сравнению с металлом детали более отрицательный потенциал, называют анодными, а более положи­тельный — катодными.

Недопустим также контакт алюминиевых сплавов с нержаве­ющими и специальными сталями, а также с медными и никелевы­ми сплавами. Детали из магниевых сплавов не следует соединять со сталями, алюминиевыми, медными, никелевыми сплавами, а стальные детали — с медными и никелевыми сплавами.

Разные металлы и сплавы имеют неодинаковое сопротивление коррозии. Так, натрий, калий, литий совершенно коррозионно не устойчивы даже в обычных условиях и поэтому не пригодны для использования в технике. В то же время хром, никель, алюминий, молибден, кобальт и другие металлы довольно трудно коррозиру­ют. Железо, никель, магний, кадмий стойки против действия щелочей и разрушаются в кислотах, а цинк, алюминий и свинец не разрушаются в нейтральных средах, но подвержены воздей­ствию кислот и щелочей.

Наиболее опасна местная коррозия, которая не всегда замет­на и часто является причиной разрушения деталей еще и от ме­ханических нагрузок *(коррозионная усталость).*К тому же мно­гие способы защиты изделий от коррозии пригодны для одних условий и не пригодны для других. В этой связи важно, прежде чем приступить к защите от коррозии, установить причину и ус­ловия ее возникновения, форму и размеры защищаемых изделий, а также экономическую целесообразностьнаносит не естественная потеря металла, а то негативное воздействие, которое связано с разными видами кор­розии. Затраты на ремонт (замену) деталей автомобилей, судов, аппаратуры химических производств во много раз превышают стоимость металла, из которого они сделаны. Существенны кос­венные потери, вызванные утечкой нефти или газа из повреж­денных коррозией трубопроводов. Поэтому борьба с разрушени­ем металлов очень важна и требует больших материальных зат­рат.

*Основные способы защиты от коррозии*следующие: получе­ние коррозионно-стойких материалов; выращивание оксидных пленок на поверхности металлов; нанесение металлических по­крытий; использование протекторов; применение неметалличес­ких покрытий.

Создание коррозионно-стойких материаловосуществляется в процессе их производства введением специальных легирующих элементов (хрома, никеля, марганца и др.), которые повышают сопротивление металла разрушению.

*Выращивание оксидных пленок*широко используют в техни­ке при изготовлении изделий из стали, алюминия и других материалов. При этом используют два основных способа — оксидиро­вание (травление в сильных оксидных средах) и анодирование (анодная обработка в оксидных средах). При оксидировании по­верхность углеродистых сталей покрывается слоем оксида желе­за толщиной 1... 10 мкм темного (черного) цвета, защищающим металл в атмосферных условиях при низкой влажности. *Воронить* (оксидировать) сталь можно также нагреванием ее до темного цвета побежалости, при появлении которого его фиксируют ох­лаждением в масле.

Анодируют в основном алюминий и его сплавы путем образо­вания оксидных пленок толщиной 5...25 мкм, которые защищают металл от коррозии, обладают электроизоляционными свойства­ми и служат хорошим подслоем для лакокрасочных покрытий. Более высокую стойкость от коррозии дает пленка, полученная *фосфатированием* и состоящая из фосфата марганца и фосфа­та железа.

*Нанесение металлических покрытий*на защищаемый мате­риал выполняется несколькими методами: погружением в рас­плав, гальваническим покрытием, диффузионным способом, *пла­кированием* (нанесение на один металл другого, как правило, в процессе прокатки).

Методом погружения металлических изделий в расплав цин­ка, олова, свинца или алюминия, как правило, защищают мате­риалы, для которых температурные воздействия не имеют зна­чения. Этот метод высокопроизводительный, но не позволяет получать равномерное заданной толщины покрытие по всему изделию. Гальванический метод защиты от коррозии металлов широко используют в технике, получая при этом мелкозернистые беспористые покрытия разными материалами толщиной 5...30 мкм, имеющие хорошую *адгезию* с поверхностью как сырых (незака­ленных), так и закаленных изделий. Такие покрытия могут быть защитными, декоративными, восстановительными. Например, цинк, кадмий и никель служат защитными покрытиями, а никель, хром, серебро и золото — декоративными. Покрытие твердым хромом значительно повышает твердость и износостойкость дета­лей, работающих на истирание. Нарастив значительный слой хро­ма (до 500 мкм), восстанавливают изношенные рабочие поверхно­сти изделий.

Диффузионный способ — способ поверхностного насыщения нагретых основных металлов цинком, алюминием или хромом, которые могут быть в твердой или газовой фазах. Алюминием по­крывают стальные детали, работающие при высоких (до 1 100 °С) температурах. Кроме того, алитирование уменьшает «схватывание» контактирующих изделий при их рабо­те в вакууме, повышает износостойкость, защищает от коррозии в средах, содержащих серу, азот и углерод, получая при этом мелкозернистые беспористые покрытия разными материалами толщиной 5...30 мкм, имеющие хорошую адгезию с поверхностью как сырых (незака­ленных), так и закаленных изделий. Такие покрытия могут быть защитными, декоративными, восстановительными. Например, цинк, кадмий и никель служат защитными покрытиями, а никель, хром, серебро и золото — декоративными. Покрытие твердым хромом значительно повышает твердость и износостойкость дета­лей, работающих на истирание. Нарастив значительный слой хро­ма (до 500 мкм), восстанавливают изношенные рабочие поверхно­сти изделий.

Плакирование заключается в совместном нагреве основного металла и используемого в качестве защитного, который наклады­вают на защищаемый, а затем одновременно прокатывают. В ре­зультате получают биметаллы и триметаллы. Так, железо можно защитить тонким слоем меди, коррозионно-стойкой стали, алюми­ния, которые повысят стойкость основного металла против корро­зии. Этот метод используют не только как защитный. Например, в производстве полупроводниковых приборов никелевую ленту плакируют полоской золота, к которой после изготовления из нее выводных рамок, присоединяют кристаллы и электродные выво­ды, получая при этом значительную экономию драгоценного ме­талла.

*Протекторы*используют для защиты от разрушения металли­ческих конструкций (корпуса судов, насосы, трубопроводы и др.), находящихся в воде. Защитным металлом, как правило, служит цинк, который, сам разрушаясь, сохраняет от коррозии основной металл (анодное разрушение).

Цинкование является самым распространенным и наиболее эффективным покрытием стальных изделий. Это объясняется тем, что цинк, обладая более отрицательным нормальным потен­циалом, чем железо, в атмосферных условиях корродирует и раз­рушается раньше защищаемого металла. В данном случае анодом является цинковое покрытие, а катодом — например, листовая сталь.

Толщина цинкования зависит от условий эксплуатации и нахо­дится в интервале 3...30 мкм, а средняя скорость разрушения по­крытия составляет 1,0... 1,5 мкм в год.

Лужение (оловянирование) обеспечивает защитный слой, до­вольно стойкий к влажному воздуху, но в щелочах и кислотах он растворяется. По отношению к железу олово является катодным покрытием и поэтому защищает его только механически и то при отсутствии пор. Относительно меди и ее сплавов олово служит анодом и поэтому способно быть защитным покрытием. Толщина покрытия оловом определяется назначением и находится в интер­вале 1,5...8,0 мкм.

Кадмирование от цинкованияотличается прежде всего повы­шенной стойкостью против воздействия атмосферы, насыщенной морскими испарениями, и собственно морской воды. Кроме того, кадмий более стоек в кислых растворах и нерастворим в щелочах. Толщина покрытия обычно составляет 9...45 мкм и определяется условиями эксплуатации.

*Неметаллические покрытия*(лаки, краски, эмали) — самые распространенные покрытия, предохраняющие изделия от атмосферных воздействий. Их действие основано на образовании пленки из органического вещества и пигмента, нанесенных на по­верхность металла в виде одного или нескольких слоев, которые после высыхания образуют непрерывные защитные и декоратив­ные покрытия.

Эмалевые покрытия — это стекловидные пленки, которые образуются в результате сплавления при высоких температурах неметаллических порошков на основе диоксида кремния. Такие покрытия просты в употреблении и недороги, но недолговечны, так как под воздействием влаги и температуры они постепенно разрушаются.

К этому виду неметаллических покрытий относятся, например, напыленные на металл пластмассы (полиэтилен) или нанесенный слой суспензии фторопласта, подвергнутого термической обра­ботке (30 мин при 90 "С, а затем 1 ч при 360°С). Металл можно также гуммировать (покрывать резиной).

Кроме рассмотренных способов защиты широкое применение в производстве получило фосфатирование.

*Фосфатирование*— это процесс создания защитной пленки фосфата (не растворимых в воде фосфатных соединений) на поверхностях стали, чугуна под действием препарата «Мажеф». Свое название препарат получил по начальным буквам его компо­нентов — марганца, железа и фосфорной кислоты.

Фосфатирование является одним из самых простых, экономич­ных и надежных способов массовой защиты деталей из углеродистых и низколегированных марок стали и чугуна, а также цветных металлов — алюминия, цинка, магния и др. Толщина фосфатной пленки может быть в пределах от 7...8 до 40...50 мкм в зависимости от вида механической обработки изделия, способа подго­товки к покрытию и режима фосфатирования.

Фосфатная пленка обладает следующими достоинствами: проб­но сцепляется с металлом, образует пористую структуру, надеж­на как электроизолятор, не смачивается расплавленными металла­ми, коррозионно-стойка во всех видах горючих, смазочных й органических масел, в бензоле, толуоле и во всех газах, кромесероводорода. Однако это покрытие нестойко в щелочах, кисло­тах, морской воде и водяном паре. Но этот недостаток может быть устранен, если фосфатное покрытие пропитать смазочным маслами или лаками.

Фосфатировать можно как химически, так и электролитически (с наложением электрического тока), получая при этом цвет пленки черный, светлый, темно-серый, бесцветный. Этим способов покрывают крепежные детали, пружины, шестерни, трубы для протягивания и другие изделия машиностроения. Незначительная толщина фосфатной пленки практически не сказывается на изменении размеров покрытых деталей.

Доброкачественная фосфатная пленка в 8—10 раз повышает коррозионную стойкость лакокрасочных покрытий, нанесенных на фосфатный грунт.

**4. Углеродистые стали и чугуны**

*Сталью* называется сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится не более 2,14%. Это теоретическое определение. На практике в сталях, как правило, не содержится углерода более 1,5%.

*Влияние углерода и примесей на свойства стали.*

Углерод существенно влияет на свойства стали даже при незначительном изменении ею содержания. В стали имеются две фазы — феррит и цементит (частично в виде перлита). Количество цементита возрастает прямо пропорционально содержанию углерода. Как уже говорилось, феррит характеризуется высокой пластичностью и низкой твердостью, а цементит, напротив, очень низкой пластичностью и высокой твердостью. Поэтому с повышением содержания углерода до 1,2% снижаются пластичность и вязкость стали и повышаются твердость и прочность.

Повышение содержания углерода влияет и на технологические свойства стали. Ковкость, свариваемость и обрабатываемость резанием ухудшаются, но литейные свойства улучшаются.

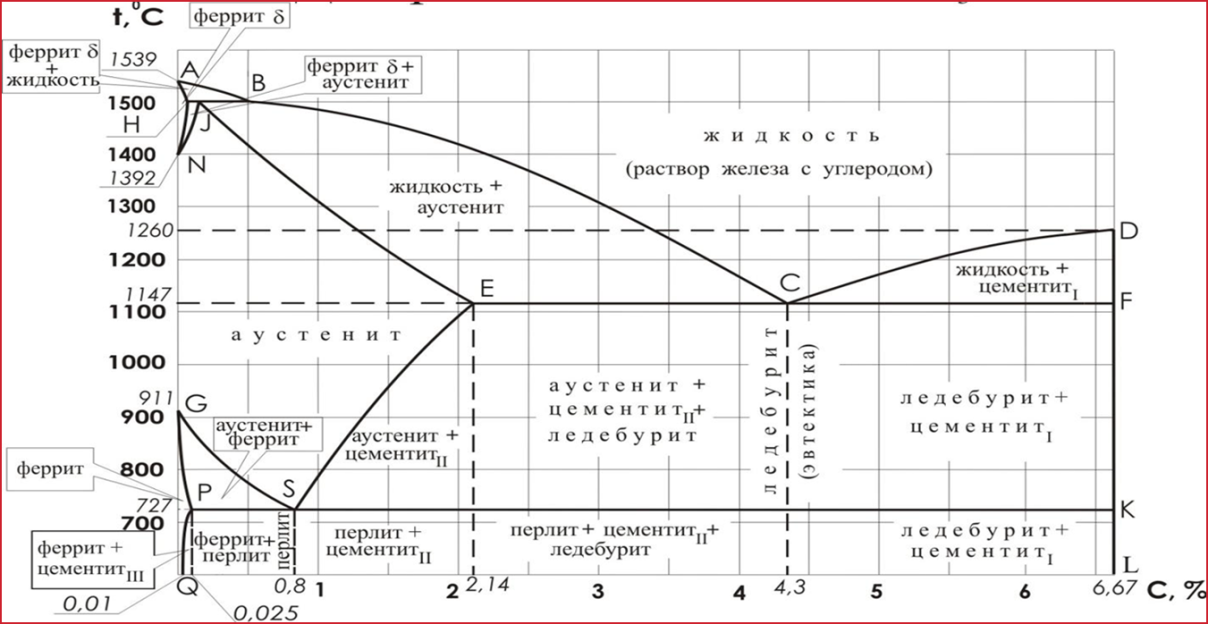


Рис.3.Диаграмма сплав железа с углеродом Fe-Fe3С

Твердый раствор углерода в α-железе.*Феррит* представляет собой почти чистое железо, но отличается от него тем, что в его кристаллической решетке, кроме атомов железа, имеется небольшое количество атомов углерода и других примесей.

Твердый раствор углерода (до 2 %) в γ-железе. Если железоуглеродистые сплавы нагреть до определенных температур, то произойдет аллотропическое превращение α-железа в γ-железо и получится структурная составляющая , которая называется *аустенитом.*

*Перлит* – равномерная механическая смесь феррита и цементита. Образование перлита происходит при температуре 723°С, в нем содержится 0,8% углерода. Имеет две разновидности: зернистый и пластинчатый перлит.

*Цементит* – химическое соединение железа с углеродом. Цементит (Fe3C) является карбидом железа и содержит 6,67% углерода. Таким образом, в стали весь углерод, за исключением ничтожного количества, находится в виде цементита.

*Ледебурит*(от имени немецкого металлурга А.Ледебура (1837-1906г)– механическая смесь аустенита и цементита, образующаяся при температуре ниже 1145°С (для чистых сплавов Fe-C). Ниже 727°С аустенит превращается в феррито-цементитную смесь. Имеет высокую твердость и большую хрупкость.

Кроме железа и углерода в стали всегда присутствуют постоянные примеси. Наличие примесей объясняется технологическими особенностями производства стали (марганец, кремний) и невозможностью полного удаления примесей, попавших в сталь из железной руды (сера, фосфор, кислород, водород, азот). Возможны также случайные примеси (хром, никель, медь и др.).

Марганец и кремнийвводят в любую сталь для раскисления, т.е. для удаления вредных примесей оксида железа FeO. Марганец также устраняет вредные сернистые соединения железа. При этом содержание марганца обычно не превышает 0,8%, а кремния — 0,4%. Марганец повышает прочность, износостойкость а кремний упругость стали, коррозионную стойкость, жаростойкость.

Фосфоррастворяется в феррите, сильно искажает кристаллическую решетку, снижая при этом пластичность и вязкость, но повышая прочность. Вредное влияние фосфора заключается в том, что он сильно повышает температуру перехода стали в хрупкое состояние, т.е. вызывает ее хладноломкость. Вредность фосфора усугубляется тем, что он может распределяться в стали неравномерно. Поэтому содержания фосфора в стали офаничивается величиной 0,045%.

Сератакже является вредной примесью. Она нерастворима в железе и образует с ним сульфид железа FeS, который образует с железом легкоплавкую эвтектику. Эвтектика располагается по границам зерен и делает сталь хрупкой при высоких температурах. Это явление называется красноломкостью. Количество серы в стали ограничивается 0,05%.

Водород, азот и кислород содержатся в стали в небольших количествах. Они являются вредными примесями, ухудшающими свойства стали.

*Классификация сталей*

По химическому составу стали могут быть углеродистыми, содержащими железо, углерод и примеси и легированными, содержащими дополнительно легирующие элементы, введенные в сталь с целью изменения ее свойств.

По содержанию углеродастали делятся на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25 — 0,7% С) и высокоуглеродистые (более 0,7% С).

По назначениюразличают стали конструкционные, идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений, инструментальные, идущие на изготовление различного инструмента, а также стали специального назначения с особыми свойствами: нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, с особыми электрическими и магнитными свойствами и др.

По показателям качествастали классифицируются на обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. Качество стали характеризуется совокупностью свойств, определяемых процессом производства, химическим составом, содержанием газов и вредных примесей (серы и фосфора). В соответствии с ГОСТом стали обыкновенного качества должны содержать не более 0,045% Р и 0,05% S, качественные — не более 0,035% Р и 0,04% S, высококачественные — не более 0,025% Р и 0,025% S и особовысококачественные — не более 0,025% Р и 0,015% S. Углеродистые конструкционные стали могут быть только обыкновенного качества и качественными.

*Углеродистые стали обыкновенногокачества* в зависимости от назначения и гарантируемых свойств делятся натри группы: А. Б и В.

Стали группы А имеют гарантируемые механические свойства. Они используются в состоянии поставки без горячей обработки или сварки. Эти стали маркируются буквами Ст и цифрами, обозначающими порядковый номер марки. Выпускается семь марок сталей группы А: Ст0, Ст1, Ст2, Ст6. Чем выше номер марки, тем больше содержание углерода и, соответственно, выше прочность и ниже пластичность.

Стали группыБ имеют гарантируемый химический состав. Эти стали подвергаются горячей обработке. При этом их механические свойства не сохраняются, а химический состав важен для определения режима обработки. Маркируются они так же, как стали группы А, но перед буквами Ст ставится буква Б. Чем выше номер марки, тем больше содержание в стали углерода, марганца и кремния.

Стали группы В имеют гарантируемые механические свойства и химический состав. Эти стали используются для сварки, так как для выбора режима сварки надо знать химический состав, а механические свойства частей изделий, не подвергшихся тепловому воздействию, остаются без изменений. В марках сталей этой группы на первое место ставится буква В. При этом механические свойства соответствуют свойствам аналогичной марки из группы А, а химический состав — составу аналогичной марки из группы Б.

*Качественные конструкционные углеродистые* стали маркируются цифрами 08, 10, 15, 20, 25, 85, которые обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Эти стали отличаются от сталей обыкновенного качества большей прочностью, пластичностью и ударной вязкостью. Если для сталей обыкновенного качества максимальная прочность составляет 700 МПа, то для качественной она достигает 1100 Мпа.

*Чугуны*

Чугуном называют сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67% углерода. Но это теоретическое определение. На практике содержание углерода в чугунах находится в пределах 2,5-4,5%. В качестве примесей чугун содержит Si, Mn, S и Р.

*Классификация чугунов*

В зависимости от того, в какой форме содержится углерод в чугунах, различают следующие их виды. В **белом** чугуне весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита. Структура белого чугуна соответствует диаграмме Fe-Fe3C. В **сером** чугуне большая часть углерода находится в виде графита, включения которого имеют пластинчатую форму. В **высокопрочном** чугуне графитные включения имеют шаровидную форму, а в **ковком** — хлопьевидную.Содержание углерода в виде цементита в сером, высокопрочном и ковком чугунах может составлять не более 0,8%.

Белый чугунобладает высокой твердостью, хрупкостью и очень плохо обрабатывается. Поэтому для изготовления изделий он не используется и применяется как передельный чугун, т.е. идет на производство стали. Для деталей с высокой износостойкостью используется чугун с отбеленной поверхностью, в котором основная масса металла имеет структуру серого чугуна, а поверхностный слой — белого чугуна. Машиностроительными чугунами, идущими на изготовление деталей, являются серый, высокопрочный и ковкий чугуны. Детали из них изготовляются литьем, так как чугуны имеют очень хорошие литейные свойства. Благодаря графитным включениям эти чугуны хорошо обрабатываются, имеют высокую износостойкость, гасят колебания и вибрации. Но графитные включения уменьшают прочность.

Серый чугунимеет пластинчатые графитные включения. Получают серый чугун путем первичной кристаллизации из жидкого сплава.

На графитизацию (процесс выделения графита) влияют скорость охлаждения и химический состав чугуна. При быстром охлаждении графитизации не происходит и получается белый чугун. По мере уменьшения скорости охлаждения получаются, соответственно, перлитный, феррито-перлитный и ферритный серые чугуны. Способствуют графитизации углерод и кремний. Кремния содержится в чугуне от 0,5 до 5%. Иногда его вводят специально. Марганец и сера препятствуют графитизации. Кроме того, сера ухудшает механические и литейные свойства. Фосфор не влияет на графитизацию, но улучшает литейные свойства.

Механические свойства серого чугуна зависят от количества и размера графитных включений. По сравнению с металлической основой графит имеет низкую прочность. Поэтому ферритные включения можно считать нарушениями сплошности, ослабляющими металлическую основу. Так как пластинчатые включения наиболее сильно ослабляют металлическую основу, серый чугун имеет наиболее низкие характеристики, как прочности, так и пластичности среди всех машиностроительных чугунов. Уменьшение размера графитных включений улучшает механические свойства. Измельчению графитных включений способствует кремний.

Маркируется серый чугун буквами СЧ и числом, показывающем предел прочности в десятых долях МПа. Имеются следующие марки серых чугунов: СЧ 10, СЧ 15, СЧ 20, СЧ 45.

Высокопрочный чугунимеет шаровидные графитные включения.

Получают высокопрочный чугун добавкой в жидкий чугун небольшого количества щелочных или щелочноземельных металлов, которые округляют графитные включения в чугуне, что объясняется увеличением поверхностного натяжения графита. Чаще всего для этой цели применяют магний в количестве 0,03-0,07%. По содержанию других элементов высокопрочный чугун не отличается от серого.

Шаровидные графитные включения в наименьшей степени ослабляют металлическую основу. Именно поэтому высокопрочный чугун имеет более высокие механические свойства, чем серый. При этом он сохраняет хорошие литейные свойства, обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации и т.д.

Маркируется высокопрочный чугун буквами. ВЧ и цифрами, показывающими предел прочности в десятых долях мегапаскаля. Например, чугун ВЧ 60 имеет а = 600 МПа. Существуют следующие марки высокопрочных чугунов: ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45, ВЧ-50, ВЧ 60, ВЧ 70, ВЧ S0, ВЧ 100. Применяются высокопрочные чугуны для изготовления ответственных деталей — зубчатых колес, валов и др.

Ковкий чугунимеет хлопьевидные графитные включения. Его получают из белою чугуна путем графитизирующего отжига, который заключается в длительной (до 2 суток) выдержке при температуре 950-970°С. Если после этого чугун охладить, то получается ковкий перлитный чугун, металлическая основа которого состоит- из перлита и небольшого количества (до 20%) феррита. Такой чугун называют также светлосердечным. Если в области эвтектоидного превращения (72()-760°С) проводить очень медленное охлаждение или даже дать выдержку, то получится ковкий ферритный чугун, металлическая основа которого состоит из феррита и очень небольшого количества перлита (до 10%). Этот чугун называют черносердечным, так как он содержит сравнительно много графита.

Маркируется ковкий чугун буквами КЧ и двумя числами, показывающими предел прочности в десятых долях МПа и относительное удлинение в %. Так, чугун КЧ 45-7 имеет σв= 450 МПа и δ = 7%. Ферритные ковкие чугуны (КЧ 33-8, КЧ 37"-12) имеют более высокую пластичность, а перлитные (КЧ 50-4, КЧ 60-3) более высокую прочность. Применяют ковкий чугун для деталей небольшого сечения, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

**Учебный вопрос 5.**

**Легированные стали**

*Легированной* называют сталь, содержащую специально введенные в нее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы.

Легированные стали имеют целый ряд преимуществ перед углеродистыми. Они имеют более высокие механические свойства, прежде всего, прочность. Легированные стали обеспечивают большую прокаливаемость, а также возможность получения структуры мартенсита при закалке в масле, что уменьшает опасность появления трещин и коробления деталей. С помощью легирования можно придать стали различные специальные свойства (коррозионную стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, магнитные и электрические свойства).

Маркируются легированные стали с помощью цифр и букв, ука­зывающих примерный химический состав стали. Первые цифры в марке показывают среднее содержание углерода в сотых долях про­цента. Далее показывается содержание легирующих элементов.

Каждый элемент обозначается своей буквой:

Η — никель,

Г — марга­нец,

Ц — цирконий,

Τ — титан,

X — хром,

Д — медь,

С — кремний,

А — азот,

К — кобальт,

Ρ — бор,

Π — фосфор,

Φ — ванадий,

Μ — молибден,

Б — ниобий,

В — вольфрам,

Ю — алюминий.

Цифры, идущие после буквы, указывают примерное содержание данного ле­гирующего элемента в процентах. При содержании элемента менее 1% цифра отсутствует. Например, сталь 12Х18Н10Т содержит при­близительно 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. Для некоторых групп сталей применяют другую маркировку, которая будет указана при рассмотрении этих сталей.

Легированная сталь **—** это сталь, в которой наряду с обычными примесями (углерод, кремний, марганец, сера, фосфор) содержатся специально вводимые легирующие элементы или кремний и марганец в повышенном количестве. При суммарном содержании легирующих элементов до 2,5 % сталь считается ***низколегированной,*** 2,5... 10% — среднелегированной и более 10% — высоколегированной. Легирующими элементами служат хром, никель, молибден, вольфрам, ванадий, марганец, титан. По основным легирующим элементам стали называют соответственно хромисты­ми, никелевыми, хромоникелевыми, молибденовыми и другими и указывают легирующие элементы в марке. Например, в конструкционной высококачественной (буква «А» в конце марки) хромо-никелевой стали марки 40ХН2МА содержится 0,4 % углерода, при­мерно 1 % хрома, примерно 2 % никеля и примерно 1 % молибдена.

Коррозионно-стойкие стали также являются конструкционными материалами, широко используемыми в промышленности.

*Коррозионно-стойкими высоколегированными*называют стали, устойчивые к коррозии в воздушной атмосфере, морской и речной воде, а также в некоторых агрессивных средах. Наиболее известны хромистые (содержат 12...27% хрома) и хромоникелевые (18% хрома и 9% никеля) стали, которые могут иметь в своем составе и другие добавки (титан, алюминий). Коррозионно-стойкие высоколегированные стали можно классифицировать по на­значению, выделяя группы конструкционных, инструментальных, кислотостойких, жаростойких, окалиностойких (жароупорных) материалов, а также стали с большим электрическим сопротивлением. Ознакомимся с некоторыми из них более подробно.

Коррозионно-стойкие стали можно также подразделить на две большие группы атмосферостойких и кислотостойких (стойкие в агрессивных средах) сталей. Следует заметить, что атмосферные воздействия выдерживают все коррозионно-стойкие стали, одна­ко по экономическим соображениям в качестве атмосферостой­ких рекомендуется использовать стали марок Х14, 20X13, 30X13, 40X13, Х13Н4Г9 и др. Из указанных сталей изготовляют лопатки для турбин, клапаны гидравлических прессов, шестерни, предметы бытового обихода. Сталь 40X13, используемая для производ­ства хирургического, режущего, мерительного инструментов, принимает закалку (содержит до 0,4% углерода) и удерживается на магнитном столе при проведении шлифования.

*Кислотостойкими*являются стали Х17, Х17Н2, Х25, Х28, 20Х18Н9, Х18Н9Т, Х18Н11Б и другие, из которых делают обору­дование для азотно-кислотных заводов, баки, трубопроводы, теп­лообменники, абсорбционные башни. Кроме того, из сталей Х17, Х17Н2 изготовляют оборудование кухонь, столовых, консервных заводов и предметы домашнего обихода.

Сернистой, кипящей фосфорной, муравьиной и уксусной кис­лотам хорошо противостоит сталь Х18Н12МЗТ, которую исполь­зуют для производства соответствующего оборудования и при­способлений, контактирующих с данными средами.

*Окалиностойкая сталь*противостоит образованию окалины при воздействии на нее газовой атмосферы с высокой температурой.

*Жаростойкость* **—** способность сплава сопротивляться химическому разрушению в газовых средах при высокой температуре жсплуатации (выше 550 °С).

Жаростойкая стальспособна работать в агрессивной среде при высокой температуре, сохраняя механические свойства. С этими сталями будем знакомиться одновременно, так как свойства окалино- и жаростойкости, дополняющие одно другое, стали приобрели благодаря введению больших количеств хрома (до 10%) и никеля (до 78%). Повышению жаростойкости инструмен­тальных сталей способствуют также добавки вольфрама и молибдена.

Некоторые жаростойкие стали являются жаропрочными, т.е. могут работать в агрессивной среде и в условиях высоких тем­ператур в течение определенного времени в нагруженном состоянии. Например, стали Х18Н25С2 и Х25Н2С2 окалиностойкими при температуре до 1 100 °С, жаростойки и *кислотостойки и* жаропрочны. Их используют для изготовления таких изделий, работающих в сильно нагруженном состоянии, как конвейерные лен­ты для печей, которые испытывают одновременное силовое воздействие больших перемещаемых термически обрабатываемых изделий и высокой температуры. Стали Х20Н14С2, Х23Н13 и Х23Н18 окалиностойки до температуры 1 ООО "С, они жаропрочны и кислотостойки. Из них делают подвески и опоры в котлах, детали в установках пиролиза газа, сварочную проволоку, трубы и др. Такие стали, как Х9С2, Х12ЮС, Х14Н14В2М (ГОСТ 20072— 75), применяют для производства деталей паровых и газовых турбин, пароперегревателей и др., работающих в условиях высо­ких давлений и температур (до 800 °С), так как они не образуют окалины и жаропрочны. Задвижки, штоки, отдельные детали на­сосов, трубы и другие изделия, выдерживающие температуру до 650°С в условиях воздействия паров серной кислоты, выполня­ют из стали Х6СМ и Х7СМ, которые в этих условиях не окисля­ются. Детали из стали Х18Н9Т способны работать при темпера­туре нагрева до 600 "С. Эта сталь не подвержена межкристаллитной коррозии (коррозия по границам зерен), не выделяет газов при нагреве и поэтому используется для изготовления вакуум­ных систем.

*Нитраллой* **—** общее название группы сталей (например, 38ХЮ, 38ХМЮА), предназначенных для изготовления деталей, работающих в тяжелых условиях и поэтому специально азотируемых. Легирующими элементами таких сталей являются алюминий, хром, молибден, ванадий, образующие мелкокристалличес­кие твердые нитриды, придающие поверхностному азотируемому слою большую твердость (до 1 200 HV) и износостойкость.

*Хромансиль*— конструкционная среднелегированная сталь, имеющая в своем составе по одному проценту хрома, марганца и кремния и характеризующаяся благоприятным сочетанием проч­ности и пластичности. Такую сталь используют в машиностроении для изготовления различных конструкций.

**Учебный вопрос 6.**

**Основные виды термической и химико-термической обработки**

*Термической обработкой* называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры. Различают следующие виды термической обработки: отжиг, закалка и отпуск

*Отжигом* стали называется вид термической обработки, заключающийся в ее нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении.

Цели отжига — снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, изменение формы и величины зерна, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений. Существуют различные виды отжига: полный, неполный, диффузионный, рекристаллизационный, низкий, отжиг на зернистый перлит, нормализация. Температуры нагрева стали для ряда видов отжига связаны с положением линий диаграммы Fe-Fe3C. Низкая скорость охлаждения обычно достигается при остывании стали вместе с печью.

*Полный отжиг* применяется для доэвтектоидных сталей. Нафев стали для полного отжига осуществляется на 30-50° выше линии GS диаграммы Fe-Fe3C (рис. 19). При этом происходит полная перекристаллизация стали и уменьшение величины зерна. Исходная структура из крупных зерен феррита и перлита при нагреве превращается в аустенитную, а затем при медленном охлаждении в структуру из мелких зерен феррита и перлита. Повышение температуры нафева привело бы к росту зерна. При полном отжиге снижается твердость и прочность стали, а пластичность повышается.

При *неполном отжиге*нагрев производится на 30-50°С выше линии PSK диаграммы Fe-Fe3C (рис, 9). Он производится, если исходная структура не очень крупнозерниста или не надо изменить расположение ферритной (в доэвтектоидных сталях) или цементитной (в заэвтектоидных сталях) составляющей. При этом происходит лишь частичная перекристаллизация — только перлитной составляющей стали.

*Диффузионный отжиг*(гомогенизация) заключается в нагреве стали  
до 1000-1100°С, длительной выдержке (10-15 часов) при этой температуре и последующем медленном охлаждении. В результате диффузионного отжига происходит выравнивание неоднородности стали по химическому составу. Благодаря высокой температуре нагрева и продолжительной выдержке получается крупнозернистая структура, которая может быть устранена последующим полным отжигом.

*Рекристаллизационный отжиг* предназначен для снятия наклепа и внутренних напряжений после холодной деформации и подготовки структуры к дальнейшему деформированию. Нагрев необходимо осуществлять выше температуры рекристаллизации, которая для железа составляет 450°С. Обычно для повышения скорости рекристаллизационных процессов применяют значительно более высокие температуры, которые, однако, должны быть ниже линии PSK диаграммы Fe-Fe3C. Поэтому температура нагрева для рекристаллизационного отжига составляет 650-700°С.

В результате рекристаллизационного отжига образуется однородная мелкозернистая структура с небольшой твердостью и значительной вязкостью.

*Низкий отжиг* применяется в тех случаях, когда структура стапи удовлетворительна и необходимо только снять внутренние напряжения, возникающие при кристаллизации или после механической обработки. В этом случае сталь нагревают значительно ниже линии PSK диаграммы Fe-Fe3C (200-600°С).

*Отжиг на зернистый перлит* (сфероидизацию) применяют для сталей близких к эвтектоидному составу или для заэвтектоидных. Такой отжиг осуществляют маятниковым способом (температуру несколько раз изменяют вблизи линии PSK, то перегревая выше нее на 30-50°С, то охлаждая ниже на 30-50°С) или путем длительной выдержки (5-6 часов) при температуре несколько выше линии PSK и последующего медленного охлаждения. После такого отжига цементит, обычно присутствующий в структуре в виде пластин, приобретает зернистую форму. Сталь со структурой зернистого перлита обладает большей пластичностью, меньшей твердостью и прочностью по сравнению с пластинчатым перлитом. Отжиг на зернистый перлит применяется для подготовки сталей к закалке или для улучшения их обрабатываемости резанием.

*Нормализация* состоит из нагрева стали на 30-50°С выше линии GSE диаграммы Fe-Fe3C , выдержки при этой температуре и последующего охлаждения на воздухе. Более быстрое охлаждение по сравнению с обычным отжигом приводит к более мелкозернистой структуре. Нормализация — более дешевая термическая операция, чем отжиг, так как печи используют только для нагрева и выдержки. Для низкоуглеродистых сталей (до 0,3% С) разница в свойствах между нормализованным и отожженным состоянием практически отсутствует и эти стали лучше подвергать нормализации. При большем содержании углерода нормализованная сталь обладает большей твердостью и меньшей вязкостью, чем отожженная. Иногда нормализацию считают самостоятельной разновидностью термической обработки, а не видом отжига.

При медленном охлаждении стали образуются структуры, соответствующие диаграмме Fe-Fe3C. Вначале происходит выделение феррита (в доэвтектоидных статях) или вторичного цементита (в заэвтектоидных сталях), а затем происходит превращение аустенита в перлит. Это превращение заключается в распаде аустенита на феррит, почти не содержащий углерода и цементит, содержащий 6,67% С. Поэтому превращение сопровождается диффузией, перераспределением углерода. Диффузионные процессы происходят в течение некоторого времени, причем скорость диффузии резко падает с понижением температуры

Обычно изучают изотермическое превращение аустенита (происходящее при выдержке при постоянной температуре) для эвтектоидной стали. Влияние температуры на скорость и характер превращения представляют в виде диаграммы изотермического превращения аустенита (рис. 10). Диаграмма строится в координатах температура — логарифм времени. Выше температуры 727°С на диаграмме находится область устойчивою аустенита. Ниже этой температуры аустенит является неустойчивым и превращается в другие структуры. Первая С- образная кривая на диаграмме соответствует началу превращения аустенита, а вторая — её завершению. При небольшом переохлаждении — приблизительно до 550°С происходит упомянутое выше диффузионное перлитное превращение. В зависимости от степени переохлаждения образуются структуры, называемые перлит, сорбит и тростит. Это структуры одного типа — механические смеси феррита и цементита, имеющие пластинчатое строение. Отличаются они лишь степенью дисперсности, т.е. толщиной пластинок феррита и цементита. Наиболее крупнодисперсная структура — перлит, наиболее мелкодисперсная — тростит. При переохлаждении аустенита приблизительно ниже 240°С скорость диффузии падает почти до нуля и происходит бездиффузионное мартенситное превращение. Образуется *мартенсит* — пересыщенный твердый раствор углерода в аа-железе. Мартенсит имеет ту же концентрацию углерода, что и исходный аустенит. Из-за высокой пресыщенности углеродом решетка мартенсита сильно искажается, благодаря чему мартенсит имеет высокую твердость (до HRC 65). Горизонтальная линия Мк диаграммы соответствует началу превращения аустенита в мартенсит, а линия Мк — завершению этого процесса.

В диапазоне температур от мартенситного до перлитного превращения происходит промежуточное превращение и образуется структура, называемая бейнит.

*Закалка* — это вид термической обработки, состоящий в нагреве стали до определенной температуры, выдержке и последующем быстром охлаждении. В результате закалки повышается твердость и прочность, но снижается вязкость и пластичность. Нагрев стали производится на 30-50°С выше линии GSK диаграммы Fe-Fe3C. В доэвтектоидных сталях нагрев выше линии GS необходим для того, чтобы после закалки в структуре не было мягких ферритных включений. Для заэвтектоидных сталей применяется нагрев выше линии SK, так как присутствие цементита не снижает твердость стали.

Обычно в результате закалки образуется мартенситная структура. Поэтому охлаждать сталь следует с такой скоростью, чтобы кривая охлаждения не пересекала С - образные кривые диаграммы изотермического превращения аустенита (рис. 20). Для достижения высокой скорости охлаждения закаливаемые детали погружают в воду (для углеродистых сталей) или минеральные масла (для легированных сталей).

Способность стали закаливаться на мартенсит называется *закаливаемостью*. Она характеризуется значением твердости, приобретаемой сталью после закалки и зависит от содержания углерода. Стали с низким содержанием углерода (до 0,3%) практически не закаливаются и закалка для них не применяется.

*Прокаливаемостью* называется глубина проникновения закаленной зоны. Отсутствие сквознойпрокаливаемости объясняется тем, что при охлаждении сердцевина остывает медленнее, чем поверхность. Прокаливаемость характеризует критический диаметр D, т. е. максимальный диаметр детали цилиндрического сечения, которая прокаливается насквозь в данном охладителе.

*Отпуск стали* — это вид термической обработки, следующий за закалкой и заключающийся в нагреве стали до определенной температуры (ниже линии PSK), выдержке и охлаждении. Цель отпуска — получение более равновесной по сравнению с мартенситом структуры, снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности. Различают низкий, средний и высокий отпуск.

*Низкий отпуск* проводится при температуре 150-200°С. В результате снимаются внутренние напряжения, происходит некоторое увеличение пластичности и вязкости без заметного снижения твердости. Образуется структура мартенсит отпуска. Низкому отпуску подвергают режущий и мерительный инструмент, а также детали, которые должны обладать высокой твердостью и износостойкостью.

При *среднем отпуске* производится нагрев до 350-450°С. При этом происходит некоторое снижение твердости при значительном увеличении предела упругости и улучшении сопротивляемости действию ударных нагрузок. Структура стали представляет собой троостит отпуска, который имеет зернистое, а не пластинчатое строение. Применяется для пружин, рессор, ударного инструмента.

*Высокий отпуск* проводится при 550-650°С. В результате твердость и прочность снижаются значительно, но сильно возрастают вязкость и пластичность и получается оптимальное для конструкционных сталей сочетание механических свойств. Структура стали — сорбит отпуска с зернистым строением цементита. Применяется для деталей, подвергающихся действию высоких нагрузок. Термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется улучшением. Она является основным видом обработки конструкционных сталей

*Поверхностная закалка* состоит в нагреве поверхностного слоя стальных деталей до аустенитного состояния и быстрого охлаждения с целью получения высокой твердости и прочности в поверхностном слое в сочетании с вязкой сердцевиной. Существуют различные способы нагрева поверхности под закалку — в расплавленных металлах или солях, пламенем газовой горелки, лазерным излучением, током высокой частоты. Последний способ получил наибольшее распространение в промышленности.

При нагреве *токами высокой частоты*закаливаемую деталь помещают внутри индуктора, представляющего собой медные трубки с циркулирующей внутри для охлаждения водой. Форма индуктора соответствует внешней форме детали. Через индуктор пропускают электрический ток (частотой 500 Гц-10 МГц). При этом возникает электромагнитное поле, которое индуцирует вихревые токи, нагревающие поверхность детали. Глубина нагретого слоя уменьшается с увеличением частоты тока и увеличивается с возрастанием продолжительности нагрева. Регулируя частоту и продолжительность, можно получить необходимую глубину закаленного слоя, находящуюся в пределах 1-10 мм.

Преимуществами закалки токами высокой частоты являются регулируемая глубина закаленного слоя, высокая производительность (нагрев одной детали длится 10 с), возможность автоматизации, отсутствие окалинообразования. Недостаток — высокая стоимость индуктора, который является индивидуальным для каждой детали. Поэтому этот вид закалки применим, в основном, к крупносерийному и массовому производству.

Перспективный метод поверхностной закалки стальных деталей сложной формы — лазерная обработка. Благодаря высокой плотности энергии в луче лазера возможен быстрый нагрев очень тонкого слоя металла. Последующий быстрый отвод тепла в объем металла приводит к закалке поверхностного слоя с приданием ему высокой твердости и износостойкости.

*Химико-термическая обработка* — это процесс изменения химического состава, структуры и свойств поверхности стальных деталей за счет насыщения ее различными химическими элементами. При этом достигается значительное повышение твердости и износостойкости поверхности деталей при сохранении вязкой сердцевины. К видам химико-термической обработки относятся цементация, азотирование, цианирование и др.

*Цементация*— это процесс насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом. Цементация производится путем нагрева стальных деталей при 880-950°С в углеродосодержащей среде, называемой карбюризатором. Различают два основных вида цементации — газовую и твердую. Газовая цементация проводится в газе, содержащем метан СН4 и оксид углерода СО. Твердая цементация проводится в стальных ящиках, куда укладываются детали вперемешку с карбюризатором. Карбюризатором служит порошок древесного угля с добавкой солей Na2C03 или ВаС03.

Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода (0,1-0,3%). В результате на поверхности концентрация углерода возрастает до 1,0-1,2%. Толщина цементованного слоя составляет 1-2,5 мм.

Цементацией достигается только выгодное распределение углерода по сечению детали. Высокая твердость и износостойкость поверхности получается после закалки, которая обязательно проводится после цементации. Затем следует низкий отпуск. После этого твердость поверхности составляет HRC 60.

*Азотированием* называется процесс насыщения поверхности стали азотом. При этом повышаются не только твердость и износостойкость, но и коррозионная стойкость. Проводится азотирование при температуре 500-600°С в среде аммиака NH, в течение длительного времени (до 60 ч.) Аммиак при высокой температуре разлагается с образованием активного атомарного азота, который и взаимодействует с металлом. Твердость стали повышается за счет образования нитридов легирующих элементов. Поэтому азотированию подвергают только легированные стали. Наиболее сильно повышают твердость такие легирующие элементы, как хром, молибден, алюминий, ванадий. Глубина азотированного слоя составляет 0,3 — 0,6 мм, твердость поверхностного слоя по Виккерсу доходит до HV 1200 (при цементации HV 900).

К преимуществам азотирования перед цементацией следует отнести отсутствие необходимости в дополнительной термообработке, более высокую твердость и износостойкость, высокую коррозионную стойкость поверхности. Недостатками являются низкая скорость процесса и необходимость применения дорогих легированных сталей.

*Цианирование* (нитроцементация) — это процесс одновременного насыщения поверхности стали углеродом и азотом. Проводится цианирование в расплавах цианистых солей NaCN или KCN или в газовой среде, содержащей смесь метана СН4 и аммиака NH,. Различают низкотемпературное и высокотемпературное цианирование.

Низкотемпературное цианирование проводится при температуре 500-600°С. При этом преобладает насыщение азотом. Глубина цианирован-ного слоя составляет 0,2-0,5 мм, твердость поверхности — HV 1000.

При высокотемпературном цианировании температура составляет 800-950°С. Преобладает насыщение углеродом. Глубина поверхностного слоя составляет 0,6 — 2,0 мм. После высокотемпературного цианирования следует закалка с низким отпуском. Твердость после термообработки составляет HRC 60.

*Поверхностное упрочнение пластическим деформированием* основано на способности стали к наклепу при пластической деформации. Наиболее распространенными способами такого упрочнения поверхности является дробеструйная обработка и обработка поверхности роликами или шариками.

При дробеструйной обработке на поверхность детали из специальных дробеметов направляется поток стальной или чугунной дроби малого диаметра (0,5-1,5 мм). Удары концентрируются на весьма малых поверхностях, поэтому возникают очень большие местные давления. В результате повышается твердость и износостойкость обработанной поверхности. Кроме того, сглаживаются мелкие поверхностные дефекты. Глубина упрочненного слоя при дробеструйной обработке составляет около 0,7 мм.

Обкатка роликами производится с помощью специальных приспособлений на токарных станках. Помимо упрочнения, обкатка снижает шероховатость обрабатываемой поверхности. Глубина упрочненного слоя доходит до 15 мм.

Учебный вопрос 1.

Сплавы железа с углеродом

К железоуглеродистым сплавам относятся стали и чугуны. Основными элементами, от которых зависят структура и свойства сталей и чугунов, являются железо и углерод.

Сталь - это железоуглеро­дистые сплавы с содержанием до 2,14 % С. Сплавы с содержанием более 2,14 % С, называют чугунами. Излом таких чугунов светлый, блестящий (белый излом), поэтому такие чугуны называют белыми.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают: белый чугун, в котором весь углерод связан в цементит; серый чугун в котором весь углерод находится в свободном состо­янии в виде графита или часть углерода (большая) находится в виде графита, а часть в связанном состоянии в виде цементита; форма графита пластинчатая; высокопрочный чугун, то же, что и серый чугун, но форма графита шаровидная ; ковкий чугун, то же, что и серый чугун, но форма графита хлопье­видная.

Сталью называют сплав железа с углеродом и другими элемен­тами с содержанием до 2- % С (точнее до 2,14 % С). Если сталь имеет в своем составе железо и углерод и некоторое количество постоянных примесей — марганец (до 0,7 %), кремний (до 0,4 %), серу (до 0,06 %), фосфор (до 0,07 %) и газы, то такую сталь называют углеродистой. Если в процессе выплавки углеродистой стали к ней добавляют легирую­щие элементы—хром, никель, ванадий и др., а также марганец и кремний в повышенном количестве, то такую сталь называют леги­рованной.

Углерод оказывает основное влияние на свойства стали. С увели­чением содержания углерода в стали повышается ее твердость и проч­ность, уменьшается пластичность и вязкость.

Марганец и кремний — полезные примеси. Их добавляют в сталь при выплавке ее для раскисления стали.

Стали классифицируют по следующим при­знакам: химическому составу, качеству, структуре, применению.

По химическому составу различают стали углеродистые и легированные. В зависимости от содержания легирующих элементов легированные стали делят на: низколегированные (до 2,5%), среднелегированные (2,5—10%) и высоколегированные (более 10 %).

По качеству различают стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. При этом учитывается способ выплавки и содержание серы и фосфора.

По структуре различают стали в отожженном и нормализован­ном состояниях: в отожженном состоянии —доэвтектоидный (компонента меньше нормы), заэвтектоидный (компонента больше нормы), ледебуритный (одновременная кристаллизация аустенита и цементита), ферритный (тв.раст-р углерода в α-железе) и аустенитный (тв.раст-р углерода в γ-железе) классы; в нормализованном состоянии—перлитный (одновременная кристаллизация феррита и цементита), мартенситный (перенасыщенный твердый раствор углерода в α-железе). К перлитному классу относят углеродистые и легированные стали с низким содержанием легирующих эле­ментов, к мартенситному — с более высоким и к аустенитному — с высоким содержанием легирующих элементов.

По применению стали подразделяют на следующие группы: конструкционные стали—для деталей машин и конструкций; инстру­ментальные стали —для различного инструмента; стали и сплавы с особыми свойствами —например, жаропрочные, коррозионно-стой­кие, магнитные и др.

*Маркировка сталей*

Обозначение сталей обыкновенного качества — буквенно-цифровое, например Ст0, Ст1 —Ст6, БСт0, БСт1 —БСт6, ВСт2—ВСт5. Буквы Ст означают сталь (в марках других сталей буквы Ст не указываются), цифры от 0 до 6 —условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств; буквы Б и В —группы стали (группа А в марке стали не указывается). Степень раскисления — индексами: кп — кипящая, пс—полуспокойная, сп—спокойная, например Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, БСт3кп.

Углеродистые качественные конструкционные стали обозначают двузначными цифрами, показывающими среднее содержание углерода в стали, выраженное в сотых долях процента. Например, сталь марки 15 содержит в среднем 0,15 % С, сталь 40 —0,40 % С и т. д. Степень раскисления указывают в конце марки, например сталь 08кп.

Углеродистые инструментальные стали маркируют следующим образом: впереди ставят букву У, за ней цифру —среднее содержание углерода, выраженное в десятых долях процента. Например, сталь марки У9 содержит в среднем 0,9 % С, сталь У11 — 1,1 % С.

В основу обозначения марок легированных сталей положена буквенно-цифровая система. Легирующие элементы указывают русскими буквами: марганец —Г, кремний —С, хром — X, никель —Н, Вольфрам — В, ванадий —Ф, титан —Т, молибден —М, кобальт—К, алюминий — Ю, медь—Д, бор — Р, ниобий—Б, цирконий—Ц, фосфор —П, азот —А.

В марках легированных конструкционных сталей, например 20Х, 18Г2С, 60С2, 18ХГТ, 38ХН3МФ и др., двузначные цифры в начале марки —это среднее содержание углерода в сотых долях процента, а цифры после букв — примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах; отсутствие цифры указывает на то, что оно составляет до 1,5 % и менее. Для высококачественных сталей в конце марки ставят букву А; например, сталь 12Х2Н4 — качественная сталь, а сталь 12Х2Н4А —высококачественная.

В марках легированных инструментальных сталей, например X, 9ХС, ХВГ, ЗХ2В8Ф, 5ХЗВЗМФС и др., одна цифра в начале марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание менее 1 %. При содержании в сталях 1 % С или более цифру не пишут. Расшифровка в марках инструментальных сталей содержания легирующих элементов такая же, как и в конструкционных сталях. Все стали инструментальные легированные и с особыми свойствами всегда высококачественные и поэтому в обозначениях этих сталей буква А не ставится. В маркировке сталей в начале иногда ставят буквы, указывающие их применение: А — автоматные стали, Р — быстрорежущие, Ш—шарикоподшипниковые, Э —электротехнические.

Учебный вопрос 2.

Сплавы на медной основе. Латунь. Бронза

*Медь*— металл красно-розового цвета. Плотность меди 8.94 г/см3, температура плавления — 1083°С. Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Характеризуется невысокими прочностью (σ = 150-250 МПа) и твер­достью (НВ 60) и хорошей пластичностью (δ = 25% в литом состоянии и δ = 50% в горячедеформированном). Обладает высокой электропро­водностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью в пресной и морской воде. Благодаря высокой электропроводности около полови­ны производимой меди используется в электро- и радиопромышленно­сти. Как конструкционный материал медь не используется из-за высо­кой стоимости и низких механических свойств. Маркируется буквой Μ и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01 % примесей), М0 (0,5%) и Ml (0,1%) используется для изготовле­ния проводников электрического тока, медь М2 (0,3%) — для произ­водства высококачественных сплавов меди, М3 (0,5%) — для сплавов обыкновенного качества. Основные сплавы меди — латуни и бронзы.

*Латунями*называют сплавы меди с цинком. Цинк повышает проч­ность и пластичность сплава, но до определенных пределов. Наи­большей пластичностью обладают латуни, содержащие 30% цинка, а наибольшей прочностью — 45%. Поэтому более 45% цинка в латунях содержаться не может. Кроме того, цинк удешевляет сплав, так как он дешевле меди. Латуни характеризуются высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием.

По технологическому признаку латуни делятся на деформируемые и литейные. По химическому составу латуни делятся на простые (двойные), в которых присутствуют только медь и цинк и сложные (многокомпонентные), в которые для улучшения различных свойств добавлены другие элементы. Наиболее распространены добавки алюминия, олова, кремния, никеля и др.

Латуни маркируются буквой Л. В деформируемых латунях ука­зывается содержание меди и легирующих элементов, которые обо­значаются соответствующими буквами (О — олово, А — алюминий, К — кремний, Η — никель, Мц — марганец, Ж — железо и т.д.). Содержание элементов дается в % после всех буквенных обозначе­ний. Например, латунь Л63 содержит 63% меди и 37% цинка. Ла­тунь ЛАЖ 60-1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1% железа и 38% цинка. В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А со­держит 40% цинка, 3% марганца, менее 1% алюминия и 56% меди.

*Бронзами*называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным. Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием. По названию основного легирующего элемента бронзы делятся на оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые и др.

По технологическому признаку бронзы делят на деформируемые и литейные. Маркируются бронзы буквами Бр, за которыми показывается содержание легирующих элементов в %. Обозначения легирующих элементов и отличия в марках деформируемых и литейных сплавов у бронз такие же, как у латуней. Например, деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5% олова и 0,4% фосфора, а литейная бронза БрОЗЦ7С5Н — 3% олова, 7% цинка, 5% свинца, менее 1% никеля.

Особенно широкое применение в машиностроении имеют оловянные бронзы. Деформируемые оловянные бронзы обладают высокой пластичностью и упругостью. Из них изготовляют прутки, трубы, ленты. Литейные оловянные бронзы имеют хорошие литейные свойства, высокую коррозионную стойкость. Из них изготовляют арматуру, работающую в условиях пресной и морской воды. Олово — отно­сительно дорогой металл, поэтому его стремятся частично или полностью заменить в составе бронз другими.

Алюминиевые бронзы (БрА7, БрАЖН 10-4-4) обладают более высокими механическими свойствами и коррозионной стойкостью по сравнению с оловянными. Кремнистые бронзы (БрКМц 3-1) имеют хорошую упругость и поэтому используются для изготовления пружинящих деталей. Свинцовые бронзы (БрСЗО) обладают высокими антифрикционными свойствами и применяются в подшипниках скольжения. Бериллиевые бронзы (БрБ2) отличаются высокой твер­достью, прочностью, упругостью и износостойкостью.

Учебный вопрос 3.

Алюминиевые сплавы. Магниевые и титановые сплавы

*Алюминий*— металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью (2,7 г/см3), высокой пластичностью (δ = 40%), низкими прочностью (ση= 80МПа) и твердостью (НВ 25). Температура плавления — 659°С. Обладает высокой электропроводностью и коррозионной стойкостью. Кристаллизуется в кубической гранецен-трированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Маркируется буквой А. В зависимости от количества примесей различа­ют алюминий особой чистоты А999 (99,999% А1), высокой чистоты А995, А99, А97 и технической чистоты А85, А8, А7, А6, А5, АО. Применяется алюминий для производства фольги, электрических проводов. Как конструкционный материал используется редко вследствие малой прочности. Сплавы алюминия делятся на литейные и деформируемые.

*Литейные сплавы алюминия*маркируются буквами АЛ и числом, показывающим условный номер сплава. Чтобы сплав обладал хорошими литейными свойствами, он должен иметь низкий температурный интервал кристаллизации. Кроме того, желательно, чтобы он имел низкую температуру плавления. Этим требованиям удовлетворяют эвтектические сплавы. Наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием, образующие эвтектику при содержании 11,6% кремния. Эти сплавы называются *силуминами.*

Широко применяется силумин эвтектического состава АЛ2, содержащий 10-12% кремния. Он имеет очень хорошие литейные свойства, но малую прочность (σв= 180 МПа). Уменьшение содержания кремния и добавка меди, магния и марганца ухудшает литейные свойства силуминов, но улучшает механические. Кроме силуминов используются литейные сплавы апюминия с медью (АЛ7) и магнием (АЛ8), не содержащие кремния. Они обладают значительно большей прочностью, чем силумины, но их литейные свойства хуже.

*Деформируемые сплавы алюминия*делятся на упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой. К сплавам, не упрочняемым термической обработкой относятся сплавы алюминия с марганцем (маркируется АМц) и магнием (маркируются АМг1, АМг7). Эти сплавы имеют низкую прочность, но высокую пластичность и коррозионную стойкость.

К сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся дюра­люминий, ковочные сплавы, высокопрочные сплавы алюминия. *Дюралюминий* (дуралюмин) представляет собой сплав алюминия с медью (до 5%), марганцем (до 1,8%) и магнием (до 0,9%). Маркируется буквой Д и цифрой, показывающей порядковый номер (Д1, Д16 и др.). Подверга­ется термической обработке, которая состоит из закалки от температуры 500°С и естественного старения, заключающегося в выдержке при комнатной температуре в течение нескольких суток. В результате такой обработки прочность повышается в два раза (с 200-240 МПа до 450-500 МПа), а пластичность практически не меняется. Достоинством дюралюминия является высокая удельная прочность (отношение преде­ла прочности к плотности), что особенно важно в самолетостроении. Дюралюминий выпускается в виде листов и прутков.

*Высокопрочные сплавы алюминия* содержат кроме меди и магния дополнительно цинк (до 10%). Эти сплавы маркируются буквой В (В95, В96). Подвергаются термообработке, аналогичной термообработке дюралюминия, но естественное старение заменяется искусственным старением, заключающимся в выдержке при температуре 120-140°С в течение 16-24ч. В результате предел прочности доходит до 600-700 МПа.

*Ковочные сплавы алюминия* предназначены для производства деталей ковкой и штамповкой. Маркируются буквами АК и числом, показывающим порядковый номер. По химическому составу близки к дюралюминию (сплав АК1 совпадает по составу с Д1), иногда отличаясь более высоким содержанием кремния (АК6, АК8). Подвергаются аналогичной термообработке.

Малая плотность и высокая удельная прочность обусловили широкое применение алюминиевых сплавов в самолетостроении. Они составляют до 75% массы пассажирских самолетов. Из дюралюминия изготовляются обшивки, каркасы, из высокопрочных сплавов — тяжелонагруженныедетали, из ковочных — кованые и штампованные детали (например, лопасти винта).

*Магний и его сплавы.*Магний — самый легкий металл, используемый в промышленности (плотность — 1,74 г/см3). Имеет гексагональную плотноупакованную решетку и полиморфных превращений не претерпевает. Температура плавления магния — 651 °С. Недостатками магния являются низкая прочность и пластичность, низкая коррозионная стойкость, способность к возгоранию при нагреве. Поэтому чистый магний в качестве конструкционного материала не используется.

Свойства магния значительно улучшаются при сплавлении его с другими элементами, основные из которых — алюминий, марганец и цинк. Магниевые сплавы делятся на литейные и деформируемые. Литейные сплавы маркируются буквами МЛ, а деформируемые — МА. За буквами следует условный номер сплава. Магниевые сплавы, как и алюминиевые способны к упрочняющей термообработке (закалке и старению), но эффект повышения прочности при этом невысок.

Основное преимущество сплавов магния — легкость. Поэтому они применяются в авиа- и ракетостроении. Сплавы магния хорошо свариваются и обрабатываются резанием, но имеют невысокую кор­розионную стойкость.

*Титан и его сплавы.*Титан — легкий (плотность 4,5 г/см3) и пластичный металл серебристо-белого цвета. Температура плавления титана — 1665°С. Он обладает низкой электропроводностью и теплопроводностью. Механические свойства титана: σ ≈ 300МПа, δ = 60-70%. Главное достоинство титана и его сплавов — высокая коррозионная стойкость. Она достигается за счет образования на его поверхности плотной оксидной пленки. Недостатки титана — склонность к взаимодействия с газами при температурах выше 500-600°С, плохая обрабатываемость резанием, высокая стоимость.

Главная цель легирования титана — повышение механических свойств. Основными легирующими элементами являются алюминий, хром, молибден, ванадий, марганец. По технологическому признаку сплавы титана делятся на литейные и деформируемые. Маркируются титановые сплавы чаще всего буквами ВТ. Среди сплавов титана имеются обладающие высокой прочностью (ВТ6, ВТ 14 с σ = 1000-1200 МПа), жаропрочностью до 500°С (ВТЗ-1, ВТ8). Литейные сплавы титана (ВТ5Л, ВТ6Л) обладают хорошими литейными свойствами. Используются титановые сплавы в химичес­кой промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости, в ракетной и авиационной технике благодаря легкости и высокой удельной прочности.

*Другие цветные металлы*нашли меньшее применение в техни­ке. *Тугоплавкие металлы* (вольфрам, молибден, хром, тантал, нио­бий) и никель, а также их сплавы используются как жаропрочные. Сплавы *легкоплавких металлов* (олова, цинка, свинца) используют­ся в подшипниках скольжения (эти сплавы называются баббиты) и в качестве припоев для пайки металлов. Кроме того, значительная часть цинка расходуется на нанесение покрытий на металлические изде­лия, олова — на лужение консервной жести, свинца — на изготов­ление оболочек электрических кабелей, производство свинцовых аккумуляторов, емкостей для хранения радиоактивных материалов.

Учебный вопрос 4.

Метод создания композиционных материалов

Композиционные материалы обладают комплексом свойств, отличающихся от традиционных конструкционных материалов, что и предопределило их успешное применение для совершенствования современных и разработки принципиально новых конструкций. Композиционными называют материалы, состоящие из двух компонентов и более, объединенных различными способами в монолит и сохраняющими при этом индивидуальные особенности.

Компоненты композиционного материала различны по геометрическому признаку. Компонент, который обладает непрерывностью по всему объему, является *матрицей*. Компонент же прерывный, разделенный в объеме композиционного материала, считается *армирующим* или *упрочняющим*.

В качестве матриц в композиционных материалах могут быть использованы металлы и их сплавы, а также полимеры органические и неорганические, керамические, углеродные и другие материалы. Свойства матрицы определяют технологические параметры процесса получения композиции и ее эксплуатационные характеристики: плотность, удельную прочность, рабочую температуру, сопротивление усталостному разрушению и воздействию агрессивных сред.

Армирующие или упрочняющие компоненты равномерно распределены в матрице. Они, как правило, обладают высокой прочностью, твердостью и модулем упругости и по этим показателям значительно превосходят матрицу. Болес широким понятием, чем армирующий или упрочняющий компонент, является термин «*наполнитель*», поскольку наполнитель в матрице помимо изменения прочности оказывает влияние и на другие характеристики композиции.

В общем случае получение металлических композиционных материалов разделяется на две стадии:

*I. Первичное производство* – применяют для получения композиционных материалов в виде полуфабрикатов простой конфигурации (многослойные листы и ленты, многослойные плиты и балки).

*II. Вторичное производство* – изготовление самого композита.

Цель методов первичного производства – объединить волокна и матрицу таким образом, чтобы обеспечить максимально возможное использование желаемых свойств каждого из компонентов.

Для достижения поставленной цели процесс производства композиционных материалов должен обеспечивать выполнение следующих требований: отсутствие механического повреждения армирующего материала и падения его прочности, отсутствие охрупчивания матрицы, создание прочной связи на поверхностях раздела матрица-волокно и матрица-матрица и получение дешевого материала и полуфабрикатов с размерами, пригодными для механического применения.

Методы производства композиционных материалов с металлической матрицей удобно классифицировать, разделив их на три основные категории процессов:

*I. Твердофазные процессы:* горячее прессование (многослойные ленты, листы, стержни, лопатки турбин), прокатка (многослойные ленты, листы, балки), совместная экструзия, сварка взрывом (многослойные ленты, листы),

*II. Жидкофазные процессы:* пропитка жидким металлом (прутки, стержни), непрерывное литье (прутки, трубы, уголки, ленты),

*III. Процессы осаждения:* плазменное напыление (многослойные ленты), электролитическое осаждение, осаждение из паровой фазы.

Методы вторичного производства включают в себя:

- Формовку - для обеспечения конфигурации готового изделия. Обычно проводится при повышенных температурах;

- Соединение: в случае соединения неармированных металлов с композитами технология соединения обычно состоит в контактной сварке, пайке, сварке плавлением. При соединении двух композиционных материалов применяют в основном диффузионную сварку, а также высокотемпературную пайку или склеивание;

- Обработка резанием применяется для получения готового изделия и удаления дефектов обработки композитов;

- Термомеханическая обработка - для повышения свойств.

Учебный вопрос 5.

Метод получения и свойства порошковых материалов

Металлокерамика, или порошковая металлургия – отрасль технологии, занимающаяся производством металлических порошков и деталей из них. Сущность порошковой металлургии заключается в том, что из металлического порошка или смеси порошков прессуют заготовки, которые затем подвергают термической обработке - спеканию.

Все имеющиеся методы получения порошков можно разделить на две основные группы:

1)физико-химические методы (изменение химического состава сырья или его агрегатного состояния);

2)механические методы (при механическом измельчении химический состав исходного сырья не меняется).

Как правило, деление методов получения порошков на две группы условно. Например, роль физико-химических процессов в механических методах довольно ощутима (окисление продуктов измельчения). В то же время при физико-химических методах получения порошков заключительной стадией является механическое измельчение.

***Порошковой металлургией***называют область науки и техники, охватывающую производство металлических порошков, а также изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками. Ее важными отличительными чертами являются получение вещества в порошкообразном состоянии, придание ему необходимой формы и размеров (формование) и проведение операции нагрева (спекания) заготовок из порошков при температуре ниже точки плавления соответствующего металла или, в случае смеси разнородных порошков, ниже температуры плавления наименее тугоплавкого компонента основы.

Таким образом, последовательное осуществление в едином цикле операций получения порошка и превращения его в изделие составляет суть порошковой металлургии.

Среди имеющихся разнообразных способов обработки металлов порошковая металлургия занимает свое особое место, так как позволяет не только производить изделия различных форм и назначений, но и создавать принципиально новые материалы, получить которые иным путем крайне трудно или вообще невозможно.

Порошковая металлургия успешно конкурирует с литьем, обработкой давлением, резанием и другими методами получения изделий (заготовок), дополняя или заменяя их.

Учебный вопрос 1.

Основные способы сварки. Сварка рельсов. Алюмотермитная сварка. Газовая резка металлов. Пайка металлов. Восстановление металлов наплавкой

Методы металлообработки различаются между собой используемыми технологиями, оборудованием. К основным разновидностям способов обработки относятся:

* механический метод – обработка давлением и резанием;
* термический;
* художественный;
* сварочный;
* электрический;
* токарный;
* литье.

*Сваркой* называют технологический процесс получе­ния механически неразъемных соединений, обладающих свойствами свариваемых материалов. Это технологиче­ский процесс, с помощью которого изготавливаются же­лезнодорожные мосты, вагоны, корабли, строительные металлоконструкции, крупные узлы машиностроитель­ных конструкций, автомобили и многие другие изделия. Многообразие свариваемых конструкций и свойств ма­териалов, используемых для их изготовления, заставля­ют применять различные способы сварки, разнообраз­ные сварочные источники теплоты.

Для сварочного нагрева и формирования сварного соединения используются: энергия, преобразованная в тепловую посредством дугового разряда, электронного луча, квантовых генераторов; джоулево тепло, выделя­емое протекающим током по твердому или жидкому проводнику; химическая энергия горения, механическая энергия, энергия ультразвука и других источников. Раз­нообразие способов сварки, отраслей промышленности, в которых ее используют, свариваемых материалов, видов конструкций и огромные объемы применения позволя­ют характеризовать технологический процесс сварки, как один из важнейших в металлообработке.

*Электрическая дуговая сварка* наиболее широко ис­пользуется при изготовлении всевозможных сварных конструкций. В зависимости от материала сварной кон­струкции, ее габаритов, толщины свариваемого металла и других особенностей свариваемого изделия, примене­ние находят определенные разновидности электриче­ской дуговой сварки. При изготовлении конструкций из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей наибольшее применение находят ручная дуговая покры­тием, автоматическая, полуавтоматическая сварка под флюсом, а также сварка в углекислом газе. При сварке конструкций из высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов предпочтительно использование аргонодуговой сварки.

*Газовая (газо-кислородная) сварка.* При газовой свар­ке кромки металла, подлежащие сварке, нагреваются теплом экзотермической реакции, протекающей в пла­мени газовой горелки между горючим газом (как пра­вило, ацетиленом) и кислородом. Газовая сварка приме­няется как при изготовлении изделий из тонколистовой стали, так и при сварке чугуна (при ремонтных работах) и некоторых цветных металлов и сплавов.

*Электрическая контактная сварка.* Различают три основных вида контактной сварки: стыковую, точечную и шовную или роликовую.

При *стыковой сварке* через стык соединяемых дета­лей пропускают электрический ток. После разогрева в зоне сварки производится осадка.

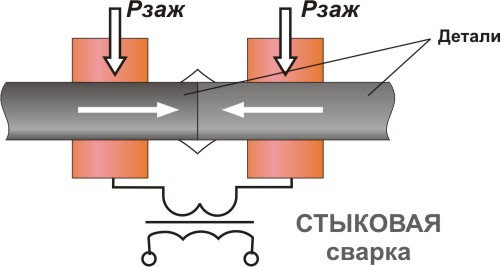


Рисунок 4.Стыковая сварка

При *точечной сварке* соединяемые детали, чаще всего листы, собирают внахлестку и зажимают между двумя мед­ными охлаждаемыми изнутри проточной водой электро­дами, подводящими ток к месту сварки и имеющими вид усеченного конуса. Ток проходит от одного электрода к другому через толщу соединяемых металлов и контакт между ними и производит местный нагрев их (вплоть до температуры расплавления). Давлением, приложенным к электродам, производят осадку. Полученное сварное со­единение в «плане» имеет форму пятна диаметром не­сколько миллиметров. Это пятно называют точкой.

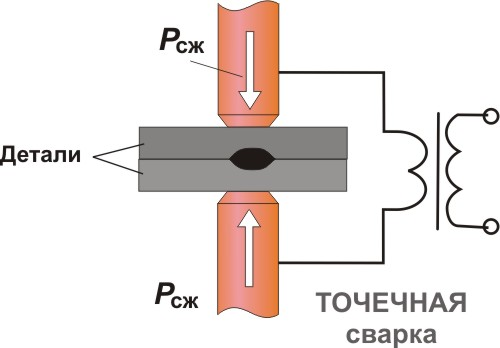


Рисунок 5.Точечная сварка

При *шовной сварке*электроды, подводящие ток к изделию и осуществляющие осадку, имеют форму роликов, катящихся по изделию, в связи с чем эту разновидность контактной сварки называют также роликовой.

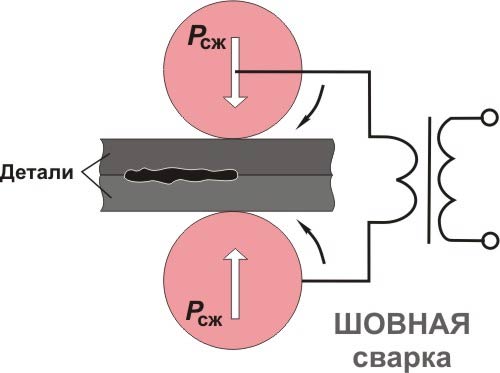


Рисунок 6 .Шовная сварка

В технически чистом кислороде при температуре, необходимой для начала реакции, интенсивность окисления металла становится настолько большой, что переходит в горение. Для непрерывности процесса горения необходимо соблюдение определенных условий:

— контакт окислителя с неокисленным металлом поверхности;

— непрерывный подогрев неокисленного металла до температуры воспламенения;

— достаточно высокая концентрация кислорода в газовой фазе, вступающей в контакт с металлом.

*Алюминотермитная сварка рельсов* предполагает использование специального прибора — воспламенителя. За счет однопорционного заряда увеличивается температурный режим (до 1000°С), который подходит для расплавления всех видов рельсов.

Метод состоит в следующем: специальный порошок помещается в специальную металлическую конструкцию, которая находится над стыком двух участков полотна, подвергающегося сварке, а затем этот порошок плавится. Предназначение порошка заключается в том, что он надежно и прочно соединяет основной материал и таким образом, микроструктура шва становится очень вязкой. Подобные стыки делаются очень быстро и со временем они не проседают, что свидетельствует об их высоком качестве.

Порошок, выступающий в роли связующего звена в термитной сварке рельс, состоит из 23% алюминиевой крошки и 77% оксида железа. Структура порошка мелкодисперсная, размер гранул – 0,5 мм. Технология базируется на способности металла восстанавливаться в окислах алюминия. Однако, как уже отмечалось, это может произойти только при высоком тепмературной режиме, поэтому и применяется запал, посредством которого смесь поджигается. Именно этот процесс позволяет превратить оксид железа в чистый металл.

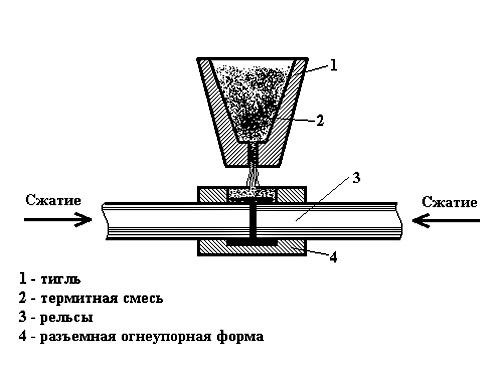


Рисунок 7. Алюминотермитная сварка

Пайка – процесс получения неразъемного соединения деталей с помощью промежуточного металла (припоя). Температура плавления припоев ниже температур температуры плавления основного металла.

*Пайкой металлов* называют процесс соединения материалов в твердом состоянии припоями, которые при температуре пайки находятся в расплавленном состоянии, смачивают паяемые поверхности, заполняют зазор между ними и в результате кристаллизации образуют паяный шов. Образование паяного соединения происходит в результате образования химических связей в контакте основной металл — припой.

Пайке поддаются все углеродистые и легированные стали, твердые сплавы, чугун, медь, никель, алюминий и другие металлы и сплавы.

Перед пайкой поверхности деталей должны быть очищены и обезжирены. После очистки и обезжиривания детали подгоняются одна к другой так, чтобы между ними был небольшой зазор для размещения припоя. Для гарантированного заполнения паяльного зазора припоем его глубина должна составлять 3-5 толщин паяемого металла. Для растворения и удаления оксидов с поверхности соединяемых деталей, улучшения смачиваемости и растекания припоя, место, где будет производиться паяние, покрывается флюсом. Затем металл шва прогревается до температуры плавления припоя, припой плавится и заполняет зазор между деталями. После затвердевания припоя образуется неразъемное соединение.

Припой должен хорошо растворять основной металл, обладать смачивающей способностью, быть дешевым и недефицитным. Все припои по температуре плавления подразделяютсяна низкотемпературные (до 145) и высокотемпературные (среднеплавкие 450-1100), высокоплавкие (1100-1850тугоплавкие (более 1850).

По составу припои подразделяются на оловянно-свинцовые, цинковые, алюминиевые, серебряные, медно- цинковые (латунные), медные, никелевые, марганцевые и др.

При пайке используют газопламенные горелки, паяльные лампы, вакуумные печи с контролируемой атмосферой, высокочастотные установки, ванны (для пайки погружением в расплавы солей и припоя), лучевое оборудование, установки электроконтактного нагрева и др.

При низкотемпературной пайке в качестве флюса применяют канифоль (температура плавления 70-100) или ее растворы в спирте или органических растворителях, хлористый цинк, соляную кислоту, хлористый аммоний.

При высокотемпературной паке используют (в сочетании с медными, серебряными и железными припоями), прокаленную буру в виде порошка или пасты, замешанной на ацетоне с добавками вазелина.

Пайка применяется при изготовлении и ремонте соединений деталей и узлов холодильных и дизель- генераторных установок рефрижераторного подвижного состава (змеевиков воздухоохладителей и конденсаторов, элементов приборов автоматики холодильных установок, медных, латунных и стальных трубопроводов между собой и со стальными фланцами и элементами конструкций проводов кабелей и др.)

При ремонте рефрижераторных секций предпочтительным является способ газопламенной пайки.

При газопламенной пайке нагревают заготовки и расплавляют припой горелками для газовой и плазменной сварки или паяльными лампами. При использовании газового пламени припой можно заранее помещать у места пайки или вводить в процессе пайки вручную. На место пайки предварительно наносят флюс в виде жидкой пасты, разведенной водой или спиртом. Конец прутка припоя также покрывают флюсом.

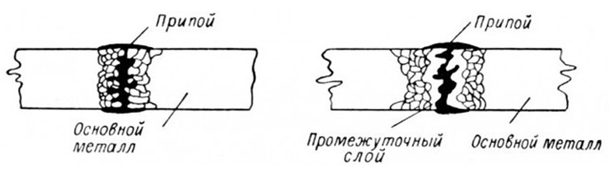


Рисунок 8 . Пайка металлов

При изготовлении деталей вагонов из листового металла средней и большой толщины применяется термическая резка. Термическая резка пригодна как для прямолинейной, так и для фигурной резки металла толщиной до 300мм.

Основными видами термической резки являются *кислородная и плазменно-дуговая резка.*

Сущность кислородной резки состоит в сквозном прожигании подогретого металла струей кислорода. Она основана на способности металла, сгорать в струе кислорода, образующиеся при сгорании оксиды выдуваются этой струей из зоны реза. Разрезаемый металл подогревается в зоне реза ацетиленокислородным пламенем до температуры горения в кислороде. Затем по каналу резака подают режущий кислород, а подогретый металл начинает гореть. Горение распространяется на всю толщину металла, образуя сквозную полость. Продукты сгорания выдуваются из места реза струей кислорода. Резак перемещают вдоль линии реза. Для подогревающего пламени используют смесь ацетилена или его заменителей (пропан, природный газ) и кислорода.

Плазменно - дуговая резкаоснована на плавлении металла в зоне реза и частичного испарения его с помощью струи плазмы, получаемой в дуге. Этой же струей расплавленный металл, удаляется из места реза. Устройства для получения плазмы называются плазмотронами. Внутри плазмотрона находится неплавящийся электрод; медное сопло плазмотрона охлаждается водой. В сопло плазмотрона подают плазмообразующий газ, который в столбе дуги нагревается до высокой температуры, ионизируется и выходит из сопла в виде высокотемпературной плазменной струи. Плазменная дуга является концентрированным источником тепла и обладает большой проплавляющей и проникающей способностью.

Рабочим газом при плазменно- дуговой резке являются аргон, азот, смесь аргона и азота с водородом, кислород в смеси с азотом, сжатый воздух. Процесс плазменно-дуговой резки практически применим к любым металлам. Этот способ эффективен при резке тугоплавких металлов, обеспечивает высокое качество реза и производительность. В настоящее время созданы плазменные установки для резки с программным управлением.

На некоторых вагоноремонтных заводах используют перспективную лазерную резку. С помощью лазерного излучения металла в месте реза расплавляется и выдувается воздухом, кислородом или инертным газом. При использовании кислорода или воздуха расплавленный металл окисляется, выделяя дополнительное тепло. Процесс резки ускоряется. Сфокусированное лазерное излучение позволяет разрезать любые металлы и сплавы, при резке детали не деформируются, так как окрестности реза практически не нагреваются. Рез получается узкий, процесс резки высокопроизводительный, но дорогостоящий.

Для термической резки применяются газорезательные автоматы и полуавтоматы, оснащенные копированными устройствами, программными системами управления и др. Они позволяют осуществлять прямолинейную и фигурную вырезку деталей скосом кромок под сварку.

По статистике при восстановлении деталей в 60% случаев используется сварка и *наплавка.* Сваркой устраняют механические повреждения. Наплавкой восстанавливают изношенные поверхности деталей.

Наплавка ― это нанесение на поверхность деталей слоя из сплава основного и присадочного металла. Наплавкой восстанавливают не только геометрические размеры, но также наносят покрытия для повышения жаростойкости, прочности, износоустойчивости и т. д. Процедура выполнятся на поверхности любой формы― от плоской до конической и сферической.

Работу выполняют плавящимися покрытыми электродами и неплавящимися с присадочной проволокой.

Качество конечного результата определяется параметрами электродов.

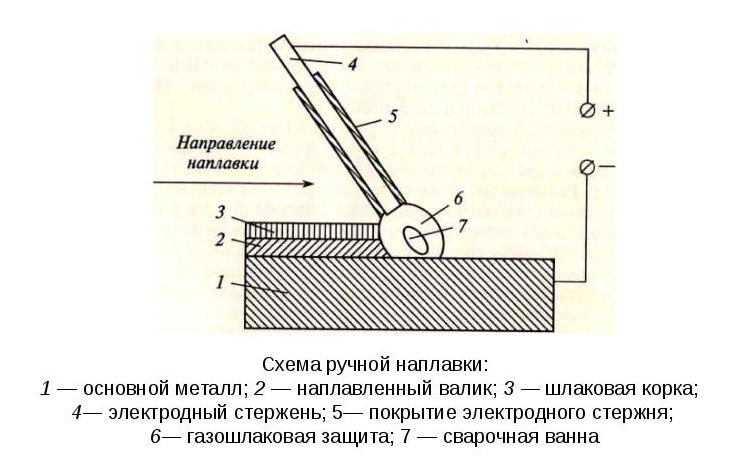


Рис.9 . Схема ручной наплавки

Наплавку на детали из низкоуглеродистых сталей, которые не подвергались термической обработке, проводят сварочными электродами. Форму изделий из закаленной легированной, высокоуглеродистой стали восстанавливают наплавочными электродами с присадками или стержнями из твердых сплавов. Ими же наносят слои на режущие кромки инструмента для обработки металла.

Для предотвращения деформирования, детали из высокоуглеродистой легированной стали предварительно нагревают до 300⁰C.

После окончания работы проводят отпуск для снятия внутренних напряжений в сварочных швах. Для низкоуглеродистой, низколегированной стали предварительный нагрев не требуется.

Наряду с наплавкой покрытыми электродами, можно осуществлять и *наплавку в среде защитных газов* - методом MIG/MAG (с автоматизированной подачей проволоки) или TIG (вольфрамовым электродом) с присадочными прутками. Для защиты можно применять различные газы: аргон, углекислый газ, гелий, азот - в зависимости от того, какой наплавляется металл.

При восстановлении наплавкой деталей из углеродистых сталей можно использовать углекислый газ. Учитывая тот факт, что CO2 окисляет расплавленный металл, наплавочная проволока в этом случае должна иметь раскислители (марганец, кремний и пр.).

Наплавку меди и ее сплавов можно производить в азоте, который нейтрален по отношению к меди.

Высоколегированные стали, сплавы на магниевой и алюминиевой основе наплавляются в аргоне, гелии или их смеси.

Наплавку неплавящимся вольфрамовым электродом осуществляют в аргоне и гелии. Вообще, инертные газы, особенно, аргон, являются универсальными, подходящими для сварки и наплавки практически любого металла.

Учебный вопрос 2.

Способы обработки металлов резанием

Практически все детали машин и приборов приобретают окончательную форму и размеры, заданные чертежом, только после механической обработки, т. е. после обработки резанием. До обработки будущая деталь называется *заготовкой;* в процессе обработки с заготовки необходимо удалить лишний металл, который называется *припуском на обработку.*

В зависимости от характера выполняемых работ и вида режущего инструмента главное движение подачи могут быть вращательными, поступательными, прерывистыми или комбинацией этих движений и могут сообщаться как заготовкам, так и инструментам. Каждая из таких комбинаций определяет метод обработки: точение, сверление, фрезерование и т.д. Работа резания любого режущего инструмента основана на действии клина, который внедряется в тело заготовки и последовательно скалывает заданные участки припусков.

Метод *точения* используют для обработки наружных и внутренних поверхностей вращения (цилиндрических, конических и фасонных), обработки плоских торцевых поверхностей (подрезание торцов), нарезания резьбы и некоторых других работ. Для обработки отверстий используют сверла, зенкеры, развертки и др. Для нарезания резьбы наряду с резьбонарезными резцами часто используют метчики и плашки.

*Сверление —* наиболее распространенный метод получения отверстий в сплошном материале. При сверлении главным является вращательное движение, а движение подачи — поступательное. Эти движения могут сообщаться как инструменту, так и заготовке в разных ком­бинациях. Процесс резания при сверлении протекает в более сложных условиях, чем при точении, Так как зат­руднен отвод стружки и подвод смазочно-охлаждающей жидкости к режущим лезвиям инструмента.

*Фрезерование в* основном предназначено для обработки различно ориентированных плоских поверхностей, пазов, уступов, а также фасонных линейчатых поверхностей. Особенностью фрезерования является прерывистость процесса резания. При вращении фрезы каждый зуб врезается в заготовку с ударом, а затем работает толь­ко на некоторой части оборотов и выходит из зоны реза­ния. При дальнейшем движении зуб не касается заготовки, что способствует его охлаждению и обусловливает благоприятные условия для работы.

Обработка *строганием* характеризуется прямолинейным возвратно-поступательным главным движением и прерывистым движением подачи. Главное возвратно-поступательное движение состоит из двойных ходов. Во время прямого хода с заготовки срезается стружка (рабочий ход), а во время обратного (холостого хода) происходит возвращение исполнительных органов (стола или резца) в исходное положение и стружка не снимается.

Разновидностью строгания является *долбление,* которое характеризуется главным возвратно-поступательным движением режущего инструмента в вертикальном направлении, периодическим перемещением заготовки в горизонтальной плоскости и при необходимости вра­щением вокруг вертикальной оси. Долбежные станки предназначены для обработки фасонных отверстий, различной формы канавок в отверстиях.

Обработка заготовок *протягиванием* широко применяется в условиях крупносерийного и массового производства для обработки внутренних и наружных поверхностей. Она заменяет фасонное строгание, фрезерование, долбление и в некоторых случаях растачивание.

*Шлифование* — это процесс резания материалов с помощью абразивного инструмента, режущими элементами которого являются зерна абразивных материалов. Шлифование применяется как для черновой, так и для чистовой и отделочной обработки. При шлифовании главным движением является вращение режущего инструмента (чаще абразивного круга) с очень большой ско­ростью. Каждое абразивное зерно, удерживаемое связующим материалом, работает как зуб фрезы, снимая стружку. В зависимости от вида обрабатываемых поверх­ностей различаются следующие способы шлифования:

— наружное круглое;

— внутреннее круглое;

— плоское;

— шлифование фасонных поверхностей.

Для возможности начала процесса резки и устойчиво­го его протекания необходимо подогреть металл в нужном месте до температуры его воспламенения. С этой целью резак должен иметь канал для подачи горючего газа в смеси с кислородом для создания подогревательного пламени и канал, по которому подается струя режущего кислорода. После разогрева места начала реза до необходимой температуры, открыв вентиль, подают струю режущего кислорода.

Учебный вопрос 3.

Токарные и сверлильные станки. Фрезерные и шлифовальные станки. Абразивные инструменты

В станочном парке промышленности одно из ведущих мест занимает группа *токарных* станков. Несмотря на преобладание тенденции развития специальных токарных станков и автоматов, отвечающих задачам получения наибольшей производительности при максимальной автоматизации процессов, продолжают совершенствовать и универсальные токарно-винторезные станки.

Токарно-винторезные станки предназначены для выполнения разнообразных работ. На этих станках можно обтачивать наружные цилиндрические, конические и фасонные поверхности, растачивать цилиндрические, конические отверстия, обрабатывать торцовые поверхности, нарезать наружную и внутреннюю резьбы, сверлить, зенкеровать и развертывать отверстия, производить отрезку, подрезку и другие операции.

Основными параметрами токарно-винторезного станка являются наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной и наибольшее расстояние между его центрами, которое определяет наибольшую длину обрабатываемой заготовки. Кроме этих основных параметров важными размерами токарно-винторезных станков являются наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом, наибольшая частота вращения шпинделя, наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя и размер центра шпинделя.

Токарные станки оснащают копировальными устройствами, что позволяет обрабатывать сложные контуры без специальных фасонных резцов и комбинированного расточного инструмента и значительно упрощает наладку и подналадку станков. Имеются токарно-копировальные станки с двумя-тремя копировальными суппортами, на которых можно обрабатывать наружные, внутренние и торцовые поверхности. Применение в токарных станках числового программного управления дает возможность полностью автоматизировать цикл обработки на них.



Рисунок Токарно-винторезный станок

*Сверлильные* станки предназначены для сверления отверстий, нарезания в них резьбы метчиком, растачивания и притирки отверстий, вырезания дисков из листового материала и т.д. Эти операции выполняются сверлами, зенкерами, развертками и другими подобными инструментами.

Существуют следующие типы универсальных сверлильных станков:

* *Одношпиндельные настольно-сверлильные станки* для обработки отверстий малого диаметра. Станки широко применяют в приборостроении. Шпиндели этих станков вращаются с большой частотой.
* *Вертикально-сверлильные станки* (основной и наиболее распространенный тип) применяют преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера. Для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента на этих станках предусмотрено перемещение заготовки относительно инструмента.
* *Радиально-сверлильные станки* используют для сверления отверстий в деталях больших размеров. На этих станках совмещение осей отверстий и инструмента достигается перемещением шпинделя станка относительно неподвижной детали.
* *Многошпиндельные сверлильные**станки* обеспечивают значительное повышение производительности труда по сравнению с одношпиндельными станками.
* *Горизонтально-сверлильные станки* для глубокого сверления.

К группе сверлильных станков также можно отнести центровальные станки, которые служат для получения в торцах заготовок центровых отверстий.

Основными размерами сверлильных станков являются наибольший условный диаметр сверления, размер конуса шпинделя, вылет шпинделя, наибольший ход шпинделя, наибольшие расстояния от торца шпинделя до стола и до фундаментной плиты и др.



Рисунок 10 . Сверлильный станок

На расточных станках можно сверлить, рассверливать, зенкеровать, растачивать и развертывать отверстия, подрезать торцы резцами, фрезеровать поверхности и пазы, нарезать резьбу метчиками и резцами и т.д.

Расточные станки подразделяют на:

* горизонтально-расточные,
* координатно-расточные
* алмазно-расточные (отделочно-расточные).

Алмазно-расточные станки применяют для тонкой (алмазной) обработки, на них можно растачивать отверстия с отклонением поверхности от цилиндричности в пределах 3-5 мкм.

Координатно-расточные станки предназначены для обработки точных отверстий в тех случаях, когда нужно получить точные межцентровые расстояния или расстояния осей отверстий от базовых поверхностей (в пределах 0,005-0,001 мм).

Горизонтально-расточные станки предназначены для обработки деталей больших размеров и массы. На них можно растачивать, сверлить, зенкеровать и развертывать отверстия, нарезать наружную и внутреннюю резьбы, цековать и фрезеровать поверхности.



Рисунок 11 . Расточной станок

На *фрезерных* станках можно обрабатывать наружные и внутренние поверхности различной конфигурации, прорезать прямые и винтовые канавки, нарезать наружные и внутренние резьбы, обрабатывать зубчатые колеса и т.п.

Различают станки:

* консольно-фрезерные (горизонтальные, вертикальные, универсальные и широкоуниверсальные)
* вертикально-фрезерные бесконсольные,
* продольно-фрезерные (одно- и двухстоечные),
* фрезерные непрерывного действия (карусельные и барабанные),
* копировально-фрезерные (для контурного и объемного фрезерования),
* гравильно-фрезерные,
* специализированные (резьбофрезерные, шпоночно-фрезерные, шлицефрезерные и др.).

В современных фрезерных станках применяют раздельные приводы главного движения и подач, механизмы ускоренных перемещений стола (во всех направлениях), однорукояточное управление изменения скорости подач. В станках узла и детали широко унифицированы. Станки называют консольными потому, что стол станка установлен на консоли, перемещающейся вверх по направляющим станины.

К консольно-фрезерным станкам относят горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, универсальные и широкоуниверсальные. Основным размером фрезерных станков общего назначения является размер рабочей поверхности стола. У горизонтальных консольно-фрезерных станков ось шпинделя расположена горизонтально, и стол передвигается в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

Универсальные консольно-фрезерные станки внешне почти не отличаются от горизонтальных станков, но имеют поворотный стол, который помимо возможности перемещения в трех взаимно перпендикулярных направлениях может быть повернут вокруг своей вертикальной оси на ±45º. Это позволяет обрабатывать на станке винтовые канавки и нарезать косозубые колеса.

Вертикальные консольно-фрезерные станки по внешнему виду отличаются от горизонтальных вертикальным расположением оси шпинделя и отсутствием хобота. Хобот у горизонтальных станков служит для закрепления кронштейна, поддерживающего конец фрезерной оправки.

Широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки в отличие от универсальных имеют дополнительный шпиндель, поворачивающийся вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Имеются также широкоуниверсальные станки с двумя шпинделями (горизонтальным и вертикальным) и столом, поворачивающимся вокруг своей оси. В широкоуниверсальных фрезерных станках шпиндель может быть установлен под любым углом к обрабатываемой заготовке.



Рисунок 12 . Фрезерный станок

*Шлифовальные станки* предназначены для обработки деталей шлифовальными кругами. На них можно обрабатывать наружные и внутренние цилиндрические, конические и фасонные поверхности и плоскости, разрезать заготовки, шлифовать резьбу и зубья зубчатых колес, затачивать режущий инструмент и т.д.

В зависимости от формы шлифуемой поверхности и вида шлифования шлифовальные станки общего назначения подразделяют на круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные и специальные.

Главным движением у всех шлифовальных станков является вращение шлифовального круга, окружная скорость которого измеряется в м/с.

Существуют следующие виды подач.

Для *круглошлифовальных* станков движение подачи – вращение детали; возвратно-поступательное движение стола с обрабатываемой деталью и поперечное периодическое пермещение шлифовального круга относительно детали.

Для *внутришлифовальны*х станков движение подачи – вращение детали; возвратно-поступательное движение детали или шлифовального круга и периодическое перемещение бабки шлифовального круга.

*Планетарные внутришлифовальные* станки имеют круговую подачу, периодическую поперечную подачу, а также продольную подачу. Для плосошлифовальных станков с прямоугольным столом, работающих периферией круга, движение подачи – возвратно-поступательное движение стола, периодическое поперечное перемещение шлифовальной бабки за один ход стола и периодическое вертикальное перемещение шлифовального круга на толщину срезаемого слоя.

*Плоскошлифовальные станки с круглым столом* имеют подачу шлифовального круга или стола и движение круговой подачи стола. Вертикальное перемещение стола или шлифовальной бабки является вертикальной подачей. Для плоскошлифовальных станков с прямоугольным столом, работающих торцом круга, движение подачи – продольное перемещение стола и периодическое вертикальное перемещение круга на толщину срезаемого слоя. Аналогичные плоскошлифовальные станки с круглым столом имеют вращательное движение стола и периодическую подачу круга.

**

Рисунок 13. Шлифовальныйстанок

*Абразивный инструмент* применяется для шлифования, обрезки и стачивания твердых материалов. Его используют при металлообработке, деревообработке, а также подгонке керамической плитки, камня, затвердевших искусственных смол и т.д.

*Виды абразивного инструмента*

В перечень изделий, которые применяются наиболее широко, можно отнести:

* Отрезные круги.
* Шлифовальные круги.
* Бруски.
* Ленты.
* Наждачную бумагу.
* Пасту.
* Свободные сухие зерна.
* Стальную вату.

*Отрезные круги* применяются для обрезки изделий из керамики, камня, металла и прочих твердых материалов. Они могут быть изготовлены как из прессованного абразива с клеем, так и из стальных заготовок покрытых тончайшим напылением твердых минералов. Круги имеют небольшую толщину, обычно от 1 мм. Что касается диаметра, то он может быть от нескольких сантиметров, что необходимо для оснастки бормашинок. Самые крупные круги доходят до 3,5 м. Подавляющее большинство отрезных кругов представленных на рынке рассчитаны для угловых шлифмашинок на 125 и 230 мм.



Рис.14 . Отрезной круг

*Шлифовальные круги* предназначены для установки на шлифовальные и заточные станки. Кроме формы правильных дисков их могут изготовлять конусообразными. Они гораздо толще, чем отрезные круги, поэтому захватывают большую площадь при шлифовании. Их применяют для снятия лишнего тела металла, камня и других материалов.



Рис.15 . Шлифовальный круг

*Бруски* – это ручной шлифовальный абразивный инструмент. Их используют для заточки. Они выпускаются для грубой и суперфинишной обработки с широким ассортиментом выбора зерна.

[*Ленты и наждачная бумага*](https://tehpribory.ru/glavnaia/materialy/nazhdachnaia-bumaga.html) тесно связанные между собой абразивы, представляющие собой бумагу или ткань с наклеенным слоем мелкой заостренной крошки. Такие изделия могут применяться для сухой или влажной шлифовки. В зависимости от размера зерна их можно использовать для грубого стачивания или практически зеркальной полировки.

*Абразивные пасты* применяются для протирки или зеркальной полировки. Они могут иметь в своем составе различные очень мелкие частицы высокой или умеренной твердости. В основе паст применяется масло или синтетические вязкие вещества, обеспечивающие плавное скольжение. Это предотвращает образование царапин и перегрев во время шлифовки.

*Свободное зерно* представляет собой абразивную пыль, которая также используется для полировки. Крупные зерна применяются для заправки «пескоструя». Также с их помощью можно проводить гравировку, контролируя струю пескоструйного аппарата

*Стальная вата* — это абразивный инструмент, применяемый для шлифовки и полировки. Она подходит для дерева и металла. При сочетании со скипидаром она подходит для снятия старого слоя краски. Зачастую вата используется совместно со шлифовальными пастами.

Ручное и электрооборудование, применяемое для шлифования, обрезки или заточки, представлено большим ассортиментом:

* [Угловая шлифовальная машина](https://tehpribory.ru/glavnaia/instrumenty/uglovaia-shlifmashina-bolgarka.html).
* [Шлифовальный станок](https://tehpribory.ru/glavnaia/oborudovanie/shlifovalnyi-stanok.html).
* [Бормашина](https://tehpribory.ru/glavnaia/instrumenty/graver.html).
* [Гриндер.](https://tehpribory.ru/glavnaia/oborudovanie/lentochnyi-grinder.html)
* [Виброшлифовальная машина](https://tehpribory.ru/glavnaia/instrumenty/shlifovalnaia-mashinka.html).
* Орбитальная шлифовальная машина.
* Калибровально-шлифовальный станок.
* [Электродрель](https://tehpribory.ru/glavnaia/instrumenty/drel.html).
* [Шуруповерт](https://tehpribory.ru/glavnaia/instrumenty/akkumuliatornyi-shurupovert.html).
* Штукатурная терка.

Изначально в качестве абразива применялись обыкновенные природные камни, имеющие шероховатую структуру. Их использовали для затачивания ножей и прочего металлического инструмента. С развитием технологий столь примитивный абразив отошел в прошлое.

Применяемые сейчас материалы принято разделять по их происхождению на две категории:

1. Природные.
2. Синтетические.

Обе группы включают в себя широкий набор материалов, каждый из которых хорош при обработке определенных металлов, древесины или прочих поверхностей.

*Природные абразивы*

К данной группе относится довольно большой перечень материалов. Многие из них практически не применяются или используются только в одной сфере при работе со специфическими изделиями, нуждающимися в мягкой полировке.

Из природных материалов обычно применяют:

* Алмаз.
* Гранат.
* Инфузорная земля.
* Кварц.
* Корунд.
* Красный железняк.
* Мел.
* Пемза.
* Полевой шпат.
* Трепел.

Самым эффективным, но и дорогостоящим является *алмазный* абразивный инструмент. Он относится к природному и к искусственному материалу. Дело в том, что алмаз может добываться как шахтным способом, так и создаваться искусственно. Он изготовляется в специализированных лабораториях. Искусственный алмаз представляет собой особую кубическую форму углерода образованную в кимберлитовых трубках с графитом, в которых создается огромное давление. Для создания инструмента алмаз размалывается на мелкие крупинки. Получаемый порошок клеевыми составами наносится на инструмент. В результате выступающие грани минерала имеют способность стачивать абсолютно любую поверхность, будь то камень, стекло, металл или дерево. Ни один другой абразив не способен работать так чисто и быстро как алмазный.

*Гранат*, как и алмаз, относится к драгоценностям, но благодаря высокой твердости нередко используется и при создании абразивных инструментов. В производстве применяется только забракованный минерал, непригодный для применения в ювелирных целях.

*Инфузорная земля* – это осадочная горная порода, образованная в результате многолетнего прессования древних диатомовых водорослей. На 96% порода состоит из опала. Из инфузорной земли изготовляется порошок, тонким слоем покрывающий полировочный инструмент.

*Кварц* – это кристаллическая двуокись кремния, производство которого одно из самых дешевых. Его применяют на инструменте низшей ценовой группы. Кварцевый абразивный инструмент может использоваться только вместе с подачей воды. Сухая шлифовка, отрезка или полировка такими абразивами быстро выводит инструмент из рабочего состояния. Обычно кварцевые инструменты применяются при обработке мрамора. Кварцевый песок используется в пескоструе для очистки заготовок от ржавчины или въевшейся грязи. Этот минерал нередко применяется и на дешевых шлифовальных шкурках.

*Корун*д – это кристаллический оксид алюминия. Из него изготовляется мелкий порошок, применяемый для производства шкурок. Также при смешивании с клеем его прессуют для получения кругов и брусков.

*Красный железняк* – это один из самых распространенных минералов состоящих из железа. Его напыление используется на инструменте для полировки стекла и сталей.

*Мел* используется для легкой полировки. Обычно его добавляют в состав абразивных паст, или просто наносят мазками на деталь, после чего она затирается губками или тканью.

*Пемза* – это пористое вулканическое стекло. Лучше всего она подходит для работы с деревом, но может использоваться и на камне и даже стекле.

*Полевой шпат* – это силикат. Обычно он крошится и наклеивается на бумагу. В результате получается довольно мягкий гибкий абразив для аккуратного шлифования.

*Трепел* – это осадочная порода отличающаяся рыхлостью. Его используют в виде порошка, которым полируются камни и металлы.

*Синтетические абразивы*

Данные материалы обычно относятся к более дорогой ценовой категории, но все же стоят дешевле алмазных абразивов. Их довольно много, но чаще всего применяются:

* Кубический нитрид бора.
* Карбид бора.
* Карбид кремния.
* Кубический нитрид бора более известный как боразон. Используется для шлифовки твердых сталей и сплавов.

*Карбид бора* один из самых лучших искусственных абразивов, по твердости которого превосходит только алмаз. Получаемый из него абразивный инструмент используют для обработки сплавов, а также стекла и сталей.

*Карбид кремни*я – это распространенный порошковый абразив, используемый для создания шкурок. Для него характерна высокая прочность. Причем чем мельче зерно, тем устойчивее карбид к истиранию.

Помимо материала, из которого изготовляются абразивный инструмент, его также принято классифицировать по *твердости* и *величине зерна*. Чем крупнее напыление твердых минералов или других веществ на оснастке, тем быстрее осуществляется съем поверхности при обрезке или шлифовании. Данный показатель называется зернистостью. По нему классифицируются практически все представленные на рынке инструменты. Самое крупное зерно используется для обрезки и грубого стачивания. Мелкозернистые инструменты используются для полировки.

Что касается классификации по твердости, то данный показатель редко указывается на упаковке. В связи с этим покупателям нужно ориентироваться по самому материалу абразива, и отталкиваться уже от его совместимости с поверхностью, с которой придется работать. Фактически, чем тверже инструмент, тем быстрее будет осуществляться съем. Также твердость увеличивает срок службы зерна.

Абразивный инструмент принято классифицировать по твердости используя шкалу Мооса. Для сравнения самый твердый минерал на Земле алмаз получил оценку твердости 10 баллов. Он может резать стекло. Ему уступает корунд, набравший 9 баллов. Кварц и гранат имеют 7 баллов. Абразивы с твердостью от 7 до 9 способны царапать стекло.

Показатель твердости абразивных инструментов всегда тесно связан с хрупкостью. Дело в том, что мелкое напыление представляет собой кристаллики. Хотя они имеют высокую твердость, но под нагрузкой могут разрушаться. Устойчивость зерна во многом зависит от угла давления, под которым на него воздействуют. Высокая твердость не всегда показатель того, что инструмент будет работать идеально и долго. Пожалуй, одним из самых ярких исключений из правил является алмаз. Такое напыление практически не изнашивается. При критической нагрузке оно просто срывается с инструмента, поскольку не выдерживает клей, с помощью которого крепится зерно.

Учебный вопрос 1.

Полимерные материалы.

Полимеры – высокомолекулярные соединения, которые характеризуются молекулярной массой от нескольких тысяч до многих миллионов. Молекулы полимеров, называемые также макромолекулами, состоят из большого числа повторяющихся звеньев. Вследствие большой молекулярной массы макромолекул полимеры приобретают некоторые специфические свойства. Поэтому они выделены в особую группу химических соединений.

*Классификация полимеров и их свойства.*

По происхождению полимеры разделяют на *природные* (натуральный каучук, целлюлоза, белки, природные смолы и др.), *искусственные* (полученные переработкой природных полимеров, например, нитроцеллюлоза) и *синтетические* (полиэтилен, полистирол, полиамиды, фенолоформальдегидные, карбамидные, эпоксидные смолы и др.).

По химическому составу макромолекул подразделяются на *органические* (молекулы содержат атомы углерода, водорода, азота, кислорода и серы, входящие в состав главной цепи и боковых групп), *элементоорганические* (в составе основной цепи встречаются атомы неорганических элементов – Ti, Si, Al и др.), *неорганические* (не содержат в составе макромолекул атомов углерода).

По форме макромолекул различают полимеры *линейные* (макромолекулы - длинные, зигзагообразные или спиралевидные цепочки); *разветвлённые* (относятся к линейным, но с боковыми ответвлениями); *лестничные* или *ленточные* (макромолекулы состоят из двух цепей, соединённых химическими связями); *пространственные* или *сетчатые* (образуются при «сшивке» линейных или разветвлённых макромолекул прочными поперечными химическими связями).

По структуре полимеры делятся на *аморфные* и *кристаллические*. Аморфные полимеры имеют вид стеклообразного (полистирол), каучуко- или кожеподобного (полибутадиен и др.) материала, их размягчение при нагреве происходит в широком интервале температур. Кристаллические полимеры (полиэтилен низкого давления и др.) имеют упорядоченное расположение молекул вследствие сил межмолекулярного взаимодействия. Такие полимеры обладают резко выраженной температурой размягчения и достаточной прочностью. В реальных полимерах полной кристаллизации не происходит.

По отношению к нагреву полимеры делятся на *термопласты* и *реактопласты*. Первые способны обратимо размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении, т.е. могут быть подвергнуты повторному формованию; вторые при нагреве претерпевают химические изменения и непригодны для повторного формования.

Свойства полимеров определяются не только химическим составом молекул, но и их взаимным расположением и строением. От формы макромолекул зависят такие свойства, как эластичность, прочность, реакция на нагревание, химическая стойкость и т.д. Так, линейные полимеры характеризуются высокой эластичностью, обратимо размягчаются и затвердевают при тепловом воздействии, многие из них хорошо растворяются в растворителях. Из линейных полимеров получают волокна, плёнки (полиэтилен, полиамиды и др.). Разветвлённые полимеры (полиизобутилен) имеют низкую прочность, хорошо растворяются в растворителях. Ленточные полимеры (кремнийорганические) обладают повышенной прочностью и теплостойкостью по сравнению с линейными, не растворяются в стандартных органических растворителях. Редкосетчатые полимеры (мягкие резины) теряют способность растворяться и плавиться, но обладают высокой эластичностью; густосетчатые имеют высокую твёрдость, повышенную термостойкость, нерастворимость.

В зависимости от температуры полимер может находиться в трёх различных состояниях: стеклообразном (застеклованном), высокоэластическом и вязкотекучем. Состояние полимера определяет его свойства, в частности, механические.

Так, при низких температурах у *застеклованного* полимера тепловое движение молекул недостаточно для преодоления межмолекулярных сил, и при нагружении он ведёт себя как упругое твёрдое тело – переориентации частиц в направлении приложенной силы не происходит. При быстром нагружении произойдёт хрупкое разрушение.

При превышении определённой температуры (температуры стеклования), кроме теплового движения молекул, будет наблюдаться подвижность звеньев и сегментов макромолекул. Поэтому под действием напряжений, кроме упругой деформации, происходит выпрямление скрученных участков молекул, но сами молекулы в целом не перемещаются в новые положения. Достигаемые в этих условиях деформации могут быть очень велики, при этом они обратимы: после снятия нагрузки молекулы возвращаются в прежнее состояние, сегменты скручиваются, и размеры тела восстанавливаются. Этот процесс протекает уже не мгновенно, т.к. время релаксации указанных перемещений достаточно велико. Такое состояние полимера называется *высокоэластическим*. Материалы, у которых температура стеклования ниже комнатной, при нормальной температуре являются каучукоподобными, мягкими, податливыми.

При дальнейшем нагреве достигается температура текучести, выше которой подвижны уже целые макромолекулы, и под нагрузкой они перемещаются относительно друг друга. Такая деформация необратима: полимер течёт, как вязкая жидкость, причём с ростом температуры вязкость уменьшается. Это состояние называется *вязкотекучим.*

У кристаллических полимеров наблюдается дополнительный переход, характеризуемый температурой плавления.

Во время эксплуатации и хранения полимеров в них могут происходить самопроизвольные, необратимые превращения в структуре, которые вызывают изменение свойств. Это явление называется старением и происходит под действием света, тепла, кислорода, озона, деформации и других факторов.

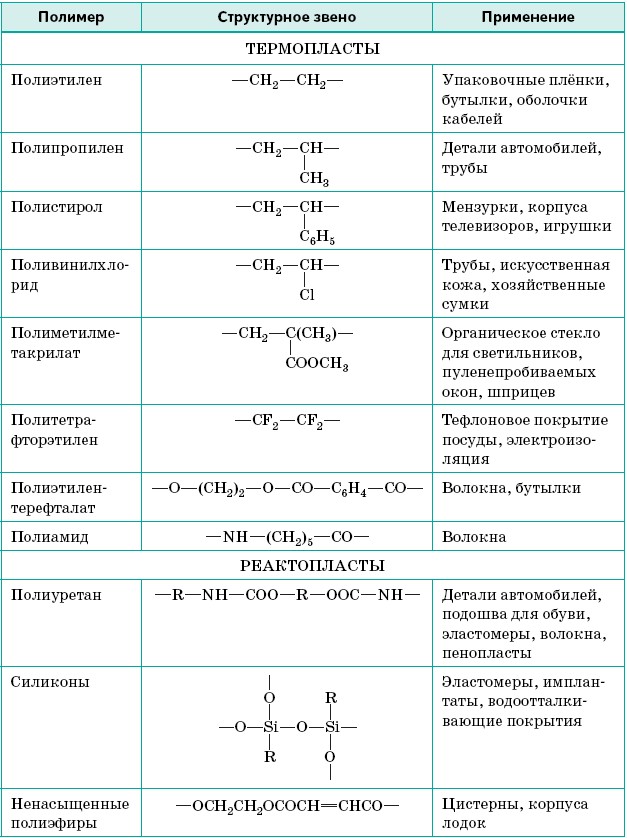


Рис. .Пластмассы и их применение

Учебный вопрос 2.

Резиновые материалы и изделия.

*Резина* — продукт переработки при повышенной температуре смеси, состоящей из каучука, серы и специальных добавок.

Основой резины являются каучуки – натуральный или синтетические, которые и определяют основные свойства резины. Резина имеет высокие эластичные свойства, высокую упругость и сопротивляемость разрыву.

Резина является хорошим тепло- и звукоизоляционным материалом. Кроме того, резина обладает малой плотностью, высокойстойкостью против истирания, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами. В зависимости от условий эксплуатации различают резины общего и специального назначения. Основные эксплуатационные свойства — эластичность и упругость в сочетании с хорошей прочностью, теплостойкостью и хладостойкостью каучуки приобретают лишь после вулканизации — превращения в резину. При вулканизации между линейными макромолекулами образуются поперечные химические связи, в результате чего каучук приобретает сетчатую пространствен­ную структуру.

Для образования пространственной структуры в состав каучуков вводят специальные вещества — вулканизаторы. В качестве вулканизатора наиболее часто используют серу. Смесь каучука с вулканизатором, например серой, называется сырой резиной.

В мягких сортах резины содержится до 3 % серы. С увеличением содержания вулканизатора, а следовательно, и густоты пространственной сетки жесткость резины увеличивается.

В твердых резинах, называемых эбонитами, содержится 25...32 % серы. Кроме каучука и вулканизатора, в зависимости от назначения изделия, в состав резины входят ускорители вулканизации, мягчители (жирные кислоты, вазелин, парафин), наполнители (сажа, цинковые белила, каолин), красители, противостарители и ингредиенты специального назначения. Ускорители сокращают время вулканизации, уменьшают расход серы, а также позволяют снизить температуру процесса.

Для облегчения технологических операций в резиновые смеси дополнительно вводят вещества, предотвращающие преждевременную вулканизацию; волокнистые наполнители (асбест), повышающие морозостойкость резины; абразивную пыль, придающую резине свойства шлифующих материалов; тканевые наполнители, позволяющие получать транспортные ленты, ремни для плоско-и клиноременных передач, прорезиненные ткани, обувь и др. Смешение каучука с ингредиентами проводят механическим способом на вальцах или в смесителях.

Приготовленную резиновую смесь пропускают через валки-каландры и получают непрерывную ленту одинаковой толщины, из которой затем формуют изделия и заготовки требуемой формы. Для формования резиновой смеси используют также шприц-машины, в которых резиновая смесь продавливается через отверстия разной формы и размеров. Таким способом изготавливают, например, резиновые трубки, шланги. Они применяются в автомобилестроении в качестве уплотнений и прокладок, способствующих изоляции и амортизации соединения деталей. При этом большое значение имеет их устойчивость к действию масел, антифризов и ультрафиолетовых лучей, повышенная механическая прочность и износоустойчивость. Пористая резина. Большое распространение в электротехнике получили кабельные и изоляторные силиконовые эластомеры. Из них изготавливаются всевозможные кабели, как бытового назначения, так и используемые в электроинструменте, приборах и промышленном оборудовании, работающем в агрессивных химических средах. Ее исключительные диэлектрические показатели, повышенная дугостойкость и способность образовывать при сгорании стойкое керамическое покрытие обусловили ее использование в производстве изоляторов для линий электропередач и железных дорог. Еще применяется для тепла и звукоизоляции дверей и окон, амортизаторов, резиновые шланги и рукава, теплостойкие и морозостойкие уплотнители и многое другое применяется железнодорожном транспорте.

Учебный вопрос 3.

Материалы из древесины.

*Древесина* — это органический материал растительного происхождения, представляющий собой сложную ткань древесных расте­ний. Она составляет основную массу ствола деревьев. Древесина яв­ляется волокнистым материалом, причем волокна в ней расположены вдоль ствола. Поэтому для нее характерна *анизотропия,* т.е. ее свой­ства вдоль и поперек волокон различны.

Достоинствами древесины являются относительно высокая проч­ность; малая объемная масса и, следовательно, высокая удельная прочность; хорошее сопротивление ударным и вибрационным на­грузкам; малая теплопроводность и, следовательно, хорошие тепло­изоляционные свойства; химическая стойкость; хорошая техноло­гичность (легкость обработки и изготовления изделий). К недостаткам древесины следует отнести гигроскопичность, т.е. способность впи­тывать влагу, и возникающую из-за изменения влажности нестабиль­ность свойств и размеров (усушка и набухание), а также отсутствие огнестойкости, неоднородность строения, склонность к гниению. Для защиты древесины от увлажнения, загнивания и воспламенения про­изводят окраску лаками и красками, опрыскивание и пропитку спе­циальными химическими веществами.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Порода деревьев | Плотность г\см3 | Линейная усадка древесины, %, в направлении | | |
| оси | лучей | окружности |
| Липа | 0,45 | 0,2 | 7,79 | 11,5 |
| Пихта | 0,45 | 0,12 | 2,91 | 6,72 |
| Ель | 0,45 | 0,14 | 2,41 | 6,18 |
| Ольха | 0,54 | 0,36 | 2,91 | 5,07 |
| Сосна | 0,5 | 0,12 | 3,04 | 5,72 |
| Береза | 0,65 | 0,27 | - | - |
| Бук | 0,65 | 0,16 | - | - |
| Дуб | 0,7 | 0,16 | - | - |
| Орех | 0,66 | 0,21 | 3,82 | 10,5 |
| Груша | 0,725 | 0,22 | 3,94 | 12,7 |
| Ясень | 0,74 | 0,19 | 3,34 | 6,5 |
| Клен | 0,7 | 0,21 |  | - |
| Акация | 0,77 | - | - | - |
| Эбеновое дерево | 1,16 | - | - | - |
| Гваяковое дерево | 1,23 | - | - | - |

Таблица 1. Физические свойства древесины разных пород деревьев

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс плотности | Плотность г\см3 | Породы деревьев |
| Очень тяжелая | Более 0,8 | Граб, тис, гваяковое дерево, эбеновое дерево, эвкалипт |
| Тяжелая | 0,71..0,8 | Белая акация, бук, дуб, ясень, орех, слива, груша |
| Умеренно тяжелая | 0,61..0,7 | Береза, клен, якор (белый клен), лиственница, вяз |
| Легкая | 0,51..0,6 | Каштан, красное дерево |
| Умеренно легкая | 0,41..0,5 | Сосна обыкновенная, ель, пихта, липа, ольха, осина, кедр, тик |
| Очень легкая | Менее 0,4 | Тополь, белая сосна |

Таблица 2. Классификация древесины по плотности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс твердости | Породы деревьев | Твердость НВ | Прочность при растяжении вдоль волокон, МПа |
| Очень мягкая | Верба, бальза, тополь, осина, пихта, ель | До 3,5 | 80-100 |
| Мягкая | Береза, ольха, явор (белый клен), липа, лиственница, обыкновенная сосна, красное дерево, платан | 3,6..4,9 | 90-140 |
| Средней твердости | Вяз, орех, черная сосна | 5..5,9 | 990-140 |
| Твердая | Дуб, ясень, яблоня, груша, вишня, тик | 6..6,5 | 100-140 |
| Очень твердая | Дуб, граб, бук, тис, белая акация, палисандр | 6,6..14,6 | 120-160 |
| Твердая, как кость | Эбеновое дерево, гваяковое дерево, кокос | Более 15 | - |

Таблица 3. Классификация древесины по твердости

Материалы из древесины можно разделить на лесоматериалы, сохраняющие природную физическую структуру и химический состав древесины и древесные материалы, полученные путем специальной обработки исходной древесины. В свою очередь лесоматериалы под­разделяются на необработанные (круглые), пиломатериалы, луще­ные (древесный шпон) и колотые.

*Круглые* лесоматериалы получают из спиленных деревьев после очистки от ветвей, разделения поперек ствола на части требуемой длины и окорки. Они применяются в строительстве, в качестве опор и столбов линий электропередач, в качестве сырья.

*Пиломатериалы* получают лесопилением. Пиломатериалы с опи­ленными кромками называют обрезными, неопиленными — нео­брезными. Подвергающиеся после пиления дальнейшей обработки называют стругаными. Пиломатериалы делятся в зависимости от поперечного сечения на следующие виды: *брусья* (толщина или ши­рина больше 100 мм), *бруски* (ширина не более двойной толщины), *доски* (ширина более двойной толщины), *планки* (узкие и тонкие доски).

*Древесный шпон* — это широкая ровная стружка древесины, получаемая путем лущения. Толщина листов шпона 0,5-1,5 мм. Ис­пользуется шпон в качестве полуфабрикатов для изготовления фанеры, облицовочного материала для изделий из древесины.

К материалам, полученным путем специальной обработки древесины можно отнести фанеру, прессованную и модифицированную древесину, древесностружечные и древесноволокнистые плиты и др.

*Фанера* — это листовой материал, полученный путем склейки лис­тов шпона. При этом волокна соседних листов находятся под пря­мым углом друг к другу. Толщина фанеры от 1 до 12 мм, более толстые материалы называют плитами.

*Столярные плиты* представляют собой трехслойные щиты, состоящие из реечного заполнителя, оклеенного с обеих сторон древесным шпоном.

*Прессованная дре­весина* — это материал, получаемый при горячем прессовании брус­ков, досок и других заготовок поперек волокон под давлением до 30 МПа. В результате прочность возрастает по сравнению с исходной более чем в два раза.

*Модифицированная древесина* представляет собой материал, полученный при обработке древесины каким-либо химическим веществам (смолой, аммиаком и др.) с целью повышения механических свойств и придания водостойкости.

*Древесностружечные плиты* изготовляют прессованием древесной стружки со связующим. Плиты могут быть облицованными шпоном, фанерой или бумагой.

*Древесноволокнистые плиты* изготовляют путем прессования древесных волокон при высокой температуре, иногда с добавлением связующих веществ.

Учебный вопрос 4.

Лакокрасочные материалы. Клеи

*Лакокрасочные материалы**(ЛКМ)* – многокомпонентная система, которая наносится в жидком или порошкообразном состоянии на предварительно подготовленную поверхность и после высыхания (затвердевания) образует прочную, хорошо сцепленную с основанием пленку. Получившуюся пленку называют лакокрасочным покрытием. ЛКМ применяются для защиты металлических, а также других видов изделий от влияния внешних вредных факторов (влага, газы, воздух и т.д.), придания поверхности декоративных свойств.

Лакокрасочные материалы представляют из себя вязко-жидкостную смесь, которую наносят на поверхностную плоскость какого-либо предмета или объекта. Через некоторое время она высыхает, образуя защитный слой, имеющий прочное сцепление с поверхностью.

*Различают несколько видов лакокрасочных материалов***.**

1. Грунтовочные и шпаклёвочные смеси, подготавливающие поверхность к окрашиванию. Их нанесение на обрабатываемую плоскость придаёт последней однородность и ровность.
2. Краска, используемая в виде пасты, либо в вязко-жидкостном состоянии. Она придаёт покрытию необходимый цвет.
3. Пигментированные частицы и связывающие компоненты, основные составляющие красочных составов.
4. Лаки, образующий плёночный блестящий слой.
5. Растворяющие и разжижающие средства.
6. Пластифицирующие, отверждающие красочные полимеры и множество иных специальных добавок.

Лакокрасочная продукция используется для облагораживания внешнего вида архитектурных фасадов, с её помощью можно изменить стиль любого помещения, создав в нём неповторимый интерьер. Часто с помощью красок и лаков продлевают срок эксплуатации конструкций и предметов от негативных влияний окружающей среды.

Предприятия по производству лакокрасочной продукции выпускают её готовую к использованию, нужно лишь добавить растворитель либо разбавить, для получения необходимой консистенции. Сложные конструкторские соединения со множеством деталей, которые должны выходить с места производства в собранном виде, окрашиваются прямо в сборочных цехах.

Связующим звеном в составе краски можно назвать несколько материалов, ответственных за свой вид.

1. Полимерная краска – синтетические полимерные соединения.
2. Каучуковая краска – каучук различного происхождения.
3. Нитролак – целлюлозное производное.
4. Масляная краска – олифа.
5. Клеевая краска – клей на животной и казеиновой основах.
6. Цементная, известковая, силикатная краски – связующие элементы на неорганической основе.

Видовой ассортимент ЛКМ включает в себя:

• олифы — продукты переработки растительных масел и масляных составов;

• лаки — растворы пленкообразующих веществ в растворителях;

• краски — суспензии красящего вещества (пигмента) в связующем. Связующим могут быть олифа, лак, клей, известь, латекс;

• эмали — суспензии пигментов в лаке. Позволяют получить более прочное, гладкое и блестящее покрытие;

• грунтовки — составы, обеспечивающие надежное сцепление красочных слоев и окрашиваемой поверхности;

• шпатлевки — пастообразные составы, применяемые для выравнивания поверхности и заполнения неровностей перед нанесением на них красок;

• растворители, разбавители, смывки и сиккативы. Используются для подготовки ЛКМ перед окрашиванием, ускорения высыхания.

В зависимости от типа пленкообразущего вещества лакокрасочные составы делятся на *масляные*, *алкидные*, *нитроцеллюлозные* и др. По условиям эксплуатации ЛКМ подразделяются на *атмосферостойкие*, *ограниченно атмосферостойкие*, *водостойкие*, *термостойкие* и т. п. По назначению выделяют ЛКМ *строительные*, *автомобильные*, *промышленные, бытовые, мебельные, специальные* и др.

В различных отраслях хозяйства широко применяются различные *клеевые материалы*, которые изготавливаются на основе природных (натуральных) или синтетических клеящих веществ.

Природные клеи подразделяются на клеи животного, растительного и минерального происхождения.

Основой клеев животного происхождения являются белковые вещества: коллаген (в мездровом и костном клеях) и казеин (в казеиновом клее). Мездровый и костный клеи называют коллагеновыми.

Основой клеев растительного происхождения является крахмал (картофельный, кукурузный) и продукты его переработки (декстрины). К минеральным клеям относят силикатный и асфальтобитумные клеи. Силикатный клей - это концентрированный водный раствор силикатов натрия и калия (растворимое, или жидкое, стекло) переменного состава.

Основой большинства синтетических клеев являются полимеры или мономеры и олигомеры, превращающиеся в полимеры в процессе склеивания. Синтетические клеи получают с использованием синтетических каучуков, термореактивных и термопластичных смол. Основой клеев могут быть смеси полимерных смол, смеси смол с каучуками и т. п. Перспективно использование в одном клее двух полимеров - термопластичного и термореактивного, например клей-расплав в сочетании с эпоксидной смолой.

В состав клееввходит основа клея и растворители - вода или органические соединения: ацетон, [этиловый спирт](https://studopedia.ru/5_135856_etiloviy-spirt.html), бензин, хлор-производные, ароматические соединения; пластификаторы (дибутилфталат, диоктилфталат); наполнители.

*Наполнители*- важные компоненты клеев, которые обеспечи­вают необходимую вязкость клея, уменьшают усадку при затверде­вании клеевого слоя и повышают его прочность (кварцевый песок, каолин, мел и др.). Некоторые наполнители являются специально введенным балластом, который незначительно ухудшает комплекс свойств, но удешевляет клей. Такие наполнители называют экс-тендерами.

*Отвердители*входят в состав клея на основе ненасыщенных (термореактивных) смол. Вместе с ними используют катализаторы (ускорители) процесса отверждения. Они поступают в продажу в отдельной упаковке (двухупаковочные). Пленки термореактив­ных клеев при нагревании отвердевают необратимо.

*Загустители и разбавители* используют для регулирования вязкости клеев.

*Стабилизаторы* добавляют в клеи для повышения стойкости клеевых соединений к внешним воздействиям в про­цессе эксплуатации.

*Клеи-расплавы -* это термопластичные безрастворные клеи, они приобретают адгезионные свойства только при нагревании, а после охлаждения клеевое соединение твердеет. Их преимущест во - отсутствие органических растворителей. Основным базовым продуктом клеев общего назначения является полиэтилен и сополимеры этилена с винилацетатом (СЭВА) с различным содержанием винилацетатных групп. Используют также [полиамиды](https://studopedia.ru/10_283781_poliamidi.html), [полиэфиры](https://studopedia.ru/4_79564_poliefiri-slozhnie-poliefiri.html), поливинилбутираль, [полиизобутилен](https://studopedia.ru/12_64638_tehnologiya-proizvodstva-poliizobutilena.html), [полиуретаны](https://studopedia.ru/14_25366_poliuretani-polisiloksani.html).

**Классификация клеев** проводится по условиям склеивания, характеру склеивания, водостойкости клеевого соединения, по агрегатному состоянию, по назначению и по наименованию основы клея.

*По условиям склеивания* клеи делят на контактные, в которых происходит склеивание без приложения давления, и липкие (липкие ленты), требующие приложения давления.

*По характеру склеивания* клеи бывают холодного и горячего отверждения (термореактивные клеи).

*По водостойкости* клеевого соединения клеи бывают высоководоупорными (кипящая вода), водоупорными (вода комнатной температуры) и нестойкими к холодной воде (клеи растительного и животного происхождения). Природные клеи казеиновый и декстриновый обладают низкой водостойкостью, однако их достоинство - гигиенические и экологические свойства: они разрешены для использования в материалах, контактирующих с пищевыми продуктами (склеивание пакетов, пачек, коробок).

*По агрегатному состоянию* клеи бывают твердые (кусочки, прутки, хлопья, например, КМЦ-клей) и жидкие - в виде растворов (силикатный) или дисперсий (ПВА-эмульсия).

*По назначению*бытовые клеи подразделяются на четыре подгруппы:

* клеи хозяйственного назначения: для ремонта в домашних ус­ловиях, склеивания изделий, мелкого ремонта: клей обойный на основе карбоксиметилцеллюлозы или метил целлюлозы, клеи ПВА с разной прочностью клеевого соединения (универсальный, сверхсильный и др.), клей стиропор (для наклеивания потолочных плиток из полистирола), клей "Момент", клеи - жидкие гвозди, которые выпускают в ассортименте для склеивания различных поверхностей, и др.;
* клеи специального назначения: клеи столярные ("Кедр"), резиновые ("Гумми"), клеи для наклеивания паркета, термостойкие клеи; клеи 88-М, 88-СА, 88-НП для склеивания резины с ме­таллами; клей ПФ-14, клеи БФ-2 и др.;
* универсальные: "Универсал", "Уникум", "Феникс", эпоксидные клеи, способные склеивать широкий круг материалов;
* канцелярские: ПВА, силикатный, казеиновый.

[*Синтетические клеи*](https://studopedia.ru/15_100537_sinteticheskie-klei.html) классифицируют и называют по природе полимерной основы. Из эфироцеллюлозных клеев для бытовых целей применяют клеи на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), водные растворы которой используют в качестве обойного клея.

*Резиновые клеи* получают растворением натуральных, синтетических каучуков (бутадиенового, дивинилстирольного и др.) или сырых резиновых смесей в бензине. Растворы сырых резиновых смесей используются для ремонта автопокрышек с последующей горячей вулканизацией.

Свойства резиновых клеев зависит от вида каучука. Клей на основе дивинилнитрильного каучука (СКН) дает клеевой шов, который стоек не только к действию воды, но и к действию нефтепродуктов. Наиритовый клей (раствор полихлоропренового каучука - ПХП) хорошо склеивает резину и кожу при изготовлении обуви, а также текстильные ткани и другие материалы. Латексные каучуковые клеи применяют для наклеивания линолеума и др. Все резиновые клеи дают эластичное влагостойкое клеевое соединение.

*Поливинилацетатные клеи* получают из поливинилацетата и его сополимеров с различным содержанием ацетатных групп в виде водных эмульсий. Благодаря своим достоинствам и вариации прочности клеевого соединения ПВА-эмульсионные клеи находят широкое применение: канцелярский, обойный, для наклеивания линолеума и др. Водно-эмульсионные клеи могут быть получены на основе сополимеров винилацетата с винилхлоридом, эфирами акриловой и метакриловой кислот.

*Термореактивные синтетические клеи* вырабатывают из акриловых, полиэфирных, эпоксидных смол, феноло-формальдегидных олигомеров и др.

*Акриловые клеи* производят на основе олигоэфиракрилатов (анаэробные клеи), эмульсий акриловых мономеров (эмульсионные); специальные цианакрилатные клеи, которые обладают прочностью, оптической прозрачностью и очень высокой адгезией к коже человека. Последнее обстоятельство требует осторожности при работе с ним. Для клеев, содержащих цианакрилаты, на маркировке дается информация: "Цианакрилат. Опасно. Схватывает кожу и глаза моментально. Хранить в недоступном для детей месте".

*Полиэфирные клеи* получают с использованием олигомеров эфиров многоосновных кислот и многоатомных спиртов в комбинации с мономерами стирола, винилацетата и др. Клеи имеют высокую термостойкость и прочность.

*Феноло-формалъдегидные* смолы в спиртовых растворах (клеи БФ - бутваро-фенольные) в настоящее время используют ограниченно вследствие токсичности фенола и формальдегида.

*Мочевино-формальдегидные*(синтетические столярные) клеи в отличие от феноло-формальдегидных применяют в виде водных растворов. По сравнению с феноло-формальдегидными клеями они имеют ряд преимуществ: бесцветны, светостойки и менее токсичны, но по прочности склеивания и водостойкости уступа­ют феноло-формальдегидным. Меламино-формальдегидные клеи применяют в производстве ламинированных древесных (мебельных) плит.

*Эпоксидные клеи*приобретают все большее значение. Они имеют широкий спектр продуктов для их получения - эпоксидных смол с различным содержанием эпокси-групп. Клеи отличаются исключительно высокой адгезионной способностью ко многим материалам, химической инертностью, создают прочные клеевые соединения, а шов обладает низкой усадкой. Клеи являются универ­сальными, применяются как в быту, так и в промышленности.

*Постоянно-липкие материалы.* Многие виды термопластич­ных смол (сополимеры этилена-винилацетата, бутадиен-стирола, изопрен-стирола, акрилонитрил-бутадиен-стирола) используют для изготовления пленок с остаточной липкостью - липких лент, липких наклеек. Их называют адгезивами, чувствительными к давлению. Нанесенный на них клеевой состав имеет длительную жизнеспособность, со временем не затвердевает и не высыхает и проявляет свои адгезионные свойства при приложении небольшого давления.

Липкие ленты (скотчи) выпускают в рулонах шириной 1СМ-0 мм на бумажной, тканевой или полимерной основе (прозрачной - на целлофане, полиэтилене; непрозрачной - на лавсане и др.). Их используют для ремонта книг, отделочных, электротехнических работ, для скрепления потребительской и транспортной тары (кар­тонных ящиков). При нанесении на пластик (рейки, уголки) они могут использоваться для заделки стыков в ванной комнате, на кухне.

*Антиклей*(антиадгезионное средство) - современные препараты для обработки поверхностей с целью снижения адгезии на основе кремнийорганических соединений. После обработки антиклеем на поверхность невозможно наклеить, например, несанкци­онированные объявления и т. п.

Учебный вопрос 5.

Электроизоляционные, проводниковые, полупроводниковые материалы. Провода и кабели. Электролиты.

*Электротехнические материалы* представляют собой совокупность проводниковых, электроизоляционных, магнитных и полупроводниковых материалов, предназначенных для работы в электрических и магнитных полях.

Электротехнические материалы в современной электротехнике занимают одно из главных мест. Всем известно, что надежность работы электрических машин, аппаратов и электрических установок в основном зависит от качества и правильного выбора соответствующих электротехнических материалов. Анализ аварий электрических машин и аппаратов показывает, что большинство из них происходит вследствие выхода из строя электроизоляции, состоящей из электроизоляционных материалов.

Все тела, в зависимости от их электрических свойств, могут быть отнесены к группе *диэлектриков*, *проводников* или *полупроводни­ков*.

В качестве *проводников* электрического тока могут быть ис­пользованы твердые тела, жидкости, а при соответствующих усло­виях и газы.

Твердыми проводниками являются металлы. Металлические проводниковые материалы могут быть разделены на материалы высокой проводимости и материалы высокого сопротивления. Металлы с высокой про­водимостью используются для проводов, кабелей, обмоток транс­форматоров, электрических машин и т. д. Металлы и сплавы высо­кого сопротивления применяются в электронагревательных прибо­рах, лампах накаливания, реостатах, образцовых сопротивлениях и т. п.

К жидким проводникам относятся расплавленные металлы и различные электролиты. Как правило, температура плавления металлов высока, за исключением ртути, у которой она составляет около —39°С. Поэтому при нормальной температуре в качестве жидкого металлического проводника может быть использована толь­ко ртуть. Другие металлы являются жидкими проводниками при более высоких температурах (например, при плавке металлов то­ками высокой частоты).

Механизм протекания тока по металлам в твердом и жидком состояниях обусловлен движением свободных электронов, вследствие чего их называют проводниками с электронной проводимостью, или проводниками первого рода. Проводниками второго рода, или электролитами, являются растворы (в основном водные) кислот, щелочей и солей. Прохождение тока через эти проводники связано с переносом вместе с электрическими зарядами частей молекулы (ионов), вследствие чего состав электролита постепенно изменяется, а на электродах выделяются продукты электролиза .



Рис.2.Протекание тока в металле

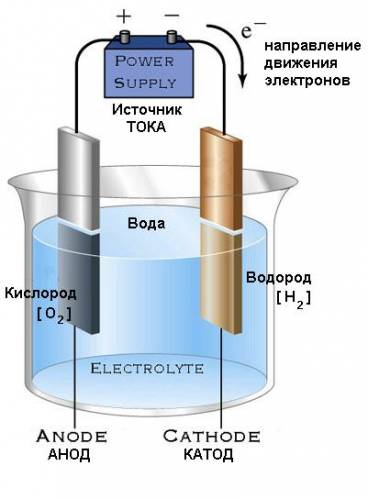


Рис.3.Электролиз

Ионные кристаллы в расплавленном состоянии также являются проводниками второго рода. Примером могут служить соляные закалочные ванны с электронагревом. Все газы и пары, в том числе и пары металлов, при низких напряженностях электрического поля не являются проводниками.

Однако, если напряженность поля превзошла некоторое критическое значение, обеспечивающее начало ударной и фотоионизации, то газ может стать проводником с наличием электронной и ионной проводимостей. Сильно ионизированный газ при равенстве числа электронов и положительных ионов в единице объема представляет собой особую проводящую среду, носящую название плазмы.

Металлические проводники являются основным типом проводниковых материалов, применяемых в электротехнике.

К наиболее широко распространенным материалам высокой проводимости следует отнести медь и алюминий.

Преимущества меди, обеспечивающие ей широкое применение в качестве проводникового материала, следующие:

1) малое удельное сопротивление (из всех металлов только серебро имеет несколько мень­шее удельное сопротивление, чем медь);

2) достаточно высокая механическая прочность;

3) удовлетворительная в большинстве случаев применения стойкость по отноше­нию к коррозии (медь окисляется на воздухе, даже в условиях высокой влажности, значительно медленнее, чем, например, железо); интенсивное окисление меди происходит только при повышенных температурах;

4) хорошая обрабатывае­мость — медь прокатывается в листы, ленты и протягивается в проволоку, толщина ко­торой может быть доведена до тысячных долей миллиметра;

5) относительная легкость пайки и сварки.

Вторым по значению, после меди, проводниковым материалом является алюминий. Это металл серебристо-белого цвета, важнейший представитель так называемых легких металлов, алюминий приблизительно в 3,5 раза легче меди. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплота плавления алюминия больше, чем у меди.

Вследствие высоких значений удельной теплоемкости и теплоты плавления, для нагрева алюминия до температуры плавления и перевода в расплавленное состояние требуется большая затрата тепла, чем для нагрева и расплавления такого же количества меди, хотя температура плавления алюминия ниже, чем меди.

Алюминий обладает по сравнению с медью пониженными свой­ствами - как механическими, так и электрическими. При одинако­вых сечении и длине электрическое сопротивление алюминиевого провода больше, чем медного, в 0,028 : 0,0172 = 1,63 раза. Следовательно, чтобы получить алюминиевый провод такого же электрического сопротивления, как и медный, нужно взять его сечение в 1,63 раза большего диаметра медного провода. Алюминиевый провод, хотя и толще медного, легче его приблизительно в два раза.

Отсюда вытекает простое экономическое правило: для изготовления проводов одной и той же проводимости при данной длине (т. е. при прочих равных условиях, при одних и тех же потерях переда­ваемой электрической энергии) алюминий выгоднее меди в том случае, если тонна алюминия дороже тонны меди не более, чем в два раза.

Основным, характерным для любого диэлектрика процессом, возникающим при воздействии на него электрического напряжения, является поляризация — ограниченное смещение связанных зарядов или ориентация дипольных молекул.

О явлениях, обусловленных поляризацией диэлектрика, можно судить по значению диэлектрической проницае­мости, а также по величине угла диэлектрических потерь, если поляризация диэлектрика сопровождается рассея­нием энергии, вызывающим нагрев диэлектрика.

Большая группа веществ с электронной электропроводностью, удельное сопротивление которых при нормальной температуре ле­жит между удельными сопротивлениями проводников и диэлектриков может быть отнесена к *полупро­водникам*.

Электропроводность полупроводников в сильной степени зависит от внешних энергетических воздействий, а также от различных примесей, иногда в ничтожных количествах присутствующих в теле собственного полупроводника. Управляемость электропроводностью полупроводников темпе­ратурой, светом, электрическим полем, механическими усилиями положена соответственно в основу принципа действия терморези­сторов (термисторов), фоторезисторов, нелинейных резисторов (варисторов), тензорезисторов и т.д.

Изготовленные из полупроводниковых материалов приборы об­ладают целым рядом преимуществ; к ним относятся:

1) большой срок службы;

2) малые габариты и вес;

3) простота и надежность конструкции, большая механическая прочность (не боятся тряски и ударов);

4) полупроводниковые приборы, заменяющие электронные лам­пы, не имеют цепей накала, потребляют незначительную мощность и обладают малой инерционностью;

5) при освоении в массовом производстве они экономически целесообразны.

*Магнитные материалы*

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

Вокруг всякого намагниченного тела возникает магнитное поле, являющееся материальной средой, в которой обнаруживается действие магнитных сил.

При внесении в магнитное поле какого-либо тела оно пронизывает­ся магнитными линиями, которые определенным образом воздейст­вуют на поле. При этом различные материалы по-разному воздействуют на магнитное поле. В намагниченных телах магнитное поле создает­ся при движении электронов, вращающихся вокруг ядра атома и вокруг собственной оси. Орбиты и оси вращения электронов в атомах могут находиться в различных положениях один относительно дру­гого, так что в различных положениях находятся магнитные поля, возбуждаемые движущимися электронами. В зависимости от взаимного расположения магнитных полей они могут складываться или вычитаться. В первом случае атом бу­дет обладать магнитным полем или маг­нитным моментом, а во втором — не будет. Материалы, атомы которых не имеют маг­нитного момента и намагнитить которые невозможно, называются диамагнит­ными. К ним относятся абсолютное большинство веществ, встречающихся в природе, и некоторые металлы (медь, сви­нец, цинк, серебро и другие). Материалы, атомы которых обладают некоторым магнитным момен­том и могут намагничиваться, называются парамагнитными. К ним относятся алюминий, олово, марганец и др. Исключение сос­тавляют ферромагнитные материалы, атомы которых облада­ют большим магнитным моментом и которые легко поддаются намаг­ничиванию. К таким материалам относятся железо, сталь, чугун, никель, кобальт, гадолиний и их сплавы.

Свойство электрического тока создавать магнитное поле широко используется на практике.

Железный или стальной стержень, помещенный внутрь соленоида, при пропускании тока по соленоиду приобретает магнитные свойства. Стержень магнитотвердой стали вследствие большой величины коэр­цитивной силы, свойственной этому материалу, в значительной мере сохраняет магнитные свойства и после исчезновения тока.

В устройствах электроники и связи часто применяют поляризо­ванные электромагниты, у которых либо сердечник, либо якорь, либо оба вместе представляют собой магниты.

Неполяризованный электромагнит притягивает свой якорь неза­висимо от направления посылаемого в его обмотку тока. Работа же поляризованного электромагнита зависит от направления тока в его обмотке. Так, например, в прямом поляризованном электромагните ток одного направления усиливает магнитное поле его сердечника, а другого — ослабляет.

Электромагниты нашли широкое применение в подъемных и тор­мозных устройствах, для закрепления в станках стальных обрабаты­ваемых деталей, в электроавтоматах, реле и других устройствах.

*Провода и кабели.*

Долговечность устройств электроснабжения определяется стабильностью в течение эксплуатации первоначальных параметров механической и электрической прочности, а также миними­зацией электромеханического изнашивания, коррозионных и прочих де­струкций материалов, из которых указанные устройства изготовлены.

Для сооружения контактных сетей и линий электропередачи исполь­зуются, как правило, следующие группы материалов: электротехничес­кие (токопроводящие и изоляционные), конструкционные (различные стали и чугуны, алюминий и его сплавы, медь и ее сплавы, пластмас­сы, резины и т.п.), строительные (железобетон, древесина и т.п.) и др.

Проводниковые материалы применяются как в чистом виде, так и легированные различными присадками. Свойства меди улучшаются при применении различных способов изготовления проводов — хо­лодной протяжкой или прокаткой. При этом увеличиваются прочность и износостойкость (твердость), но при перегреве во время эксплуата­ции появляется опасность отжига, приводящего к потере полученного эффекта. Провода подвержены вытяжке после монтажа, циклические нагрузки на них могут привести к усталостным явлениям в материале.

Механический износ деталей уменьшается полимерными покры­тиями. Для этой же цели между контактными пластинами токоприемников закладывают сухую графитовую смазку, обеспечивающую также защиту (путем смазки) контактных проводов. Степень электроэрозионного изнашивания контактных материалов зависит от дугостойкости поверхностей.

Коррозионная стойкость стальных опор и деталей достигается цинкованием, покраской, покрытием антикоррозионной смазкой. Защита арматуры нижней части опор и фундаментов от стекания токов обеспечивается антикоррозионными покрытиями.

К важнейшим характеристикам материалов проводов, находящихся под натяжением, относятся: коэффициент линейного расширения, модуль упругости, плотность, временное сопротивле­ние разрыву, предел пропорциональности. Важны они и для дру­гих деталей, несущих механическую нагрузку, но при этом для них дополнительно учитываются допускаемые напряжения на растяжение, сжатие, изгиб, срез, смятие, кручение. Нормируется также и хладноломкость материалов при низких температурах. При соединении деталей сваркой различных видов (холодной, взрывом, термитной, газовой и т.д.) определяющим является качество по­лученных швов. Важнейшей функциональной характеристикой проводящих деталей является их электрическое сопротивление.

Необходимо также учитывать характеристики железобетонных конструкций (прочность, плотность, гигроскопичность и т.п.) и деревянных деталей (склонность к возгоранию, гниению и т.д.) От значений параметров и характеристик свойств материалов зави­сит надежная работа контактных сетей и ЛЭП.

Контактные провода должны иметь высокую электропроводность, прочность и коррозионную стойкость, а также повышенную износостойкость, дугостойкость, модуль упругости, минимальный коэффициент температурного удлинения и свободную поверхность для контакта с токоприемниками. Контактные провода выполняют однопроволочными. Они имеют фасонный профиль поперечного сечения (Ф) с двумя продольными канавками для захвата провода зажимами, изготавливаются из одного (монометаллические) или двух (биметаллические, комбинированные) материалов.

Монометаллические фасонные контактные провода изготавливают следующих марок: МФ — медные, БрФ — бронзовые, МФО — овальные, НЛФ — медные низколегированные. Кроме букв в марку провода входят цифры, указывающие номинальную площадь его сечения в мм2, например МФ-100.

Бронзовые провода имеют значительные присадки, например 0,2% циркония, кадмия, магния и др. В качестве присадок сейчас успешно применяют серебро. ЗАО «Транскат» выпустило низколегированные оловом медные провода марки НЛОЛ 0,4Ф-100.

Попытки заменить медь другими, менее дефицитными материалами, привели к появлению в России комбинированных сталемедных, сталеалюминиевых, а также монометаллических стальных контактных проводов. Из-за ряда недостатков при эксплуатации и монтаже (температурные расслоения, коррозирование, поперечная жесткость) они не получили распространения на российских железных дорогах.

В Японии для уменьшения износа провода, особенно в связи с повышением скоростей движения поездов, предложены сталеалюминиевые провода с вертикальной стальной шиной в сечении. После стирания нижнего слоя алюминиевого сплава дальнейшее изнашивание определяется сталью. В разных странах разработаны также конструкции сталемедных контактных проводов.

Многопроволочные провода применяют в качестве токопроводящих (на ЛЭП), питающих (в том числе по системе ДПР), усиливающих, экранирующих и несущих (тросов) на контактной сети. Они могут быть: медными, алюминиевыми, стальными, биметаллическими и комбинированными. Выбор материала провода определяется конструкцией ВЛ или контактной подвески, необходимой его площадью сечения, месторасположением электрифицированной линии и другими условиями.

Конструктивно многопроволочные провода состоят из центральной проволоки или стренги, вокруг которой по спирали расположены один или несколько слоев проволок. Каждый ряд проволок навивают в обратном направлении по отношению к предыдущему, наружный повив должен быть правым.

Медный многожильный провод обладает высокой электропроводностью, долговечен и надежен в эксплуатации благодаря хорошей сопротивляемости коррозии. К недостаткам медного провода, используемого в качестве несущего троса, относятся большие изменения стрел провеса полукомпенсированной цепной подвески при колебаниях температуры, чем у биметаллического или стального. Медный неизолированный провод с номинальной площадью сечения 120 мм2 обозначается  
М-120. На главных путях железных дорог, электрифицированных на постоянном токе, несущие тросы выполнены из проводов марок М-95 и М-120.

Неизолированные биметаллические провода марок ПБСМ1 и ПБСМ2 свиты из проволок, имеющих стальную сердцевину и медную оболочку (покрытие). Наименьшая толщина медной оболочки проволоки провода ПБСМ1 составляет 10% радиуса, а ПБСМ2 — около 7 %. Обозначается такой провод сечением 70 мм2 — ПБСМ 1-70. Для несущих тросов используют провода марок ПБСМ-70 и ПБСМ-95.

Биметаллические оцинкованные провода применяют также в качестве поперечных несущих и фиксирующих тросов гибких и жестких поперечин. В местностях, расположенных вблизи моря, промышленных предприятий, на линиях со смешанной тягой цинковое покрытие проволок не предотвращает коррозию. Для усиления защитных антикоррозионных свойств СП «Уралтранс» разработана конструкция биметаллических многожильных проводов с никелевым покрытием для несущих тросов и одножильных проволок диаметром 4 и 6 мм.

В качестве усиливающих, питающих и отсасывающих проводов контактной сети применяют многопроволочные провода марки А, изготовленные из алюминиевых сплавов. Чаще всего применяют провода марок А-150 и А-185 сечением 150 и 185 мм2 соответственно. По сравнению с медными алюминиевые провода отличаются меньшей плотностью и электропроводностью, при этом эквивалентная проводимость получается в случае, когда площадь сечения алюминиевого провода примерно в 1,75 раза больше медного, хотя его масса при этом в 2 раза меньше. На открытом воздухе алюминий покрывается защитным антикоррозионным слоем окиси, однако он подвержен электролитическому разложению при соприкосновении с другими металлами.

На ВЛ применяют сталеалюминиевые провода, состоящие из стальных оцинкованных и алюминиевых проволок. Стальные расположены в центре сечения провода. Условное обозначение сталеалюминиевого провода с номинальными площадями сечений алюминиевой части 50 и стального сердечника 8 мм2 — АС-50/8,0.

Многопроволочные провода изготавливают протяжкой в холодном состоянии, что приводит к увеличению временного сопротивления разрыву и уменьшению пластичности.

Контактные провода приобретают при волочении (протяжке) кроме повышенной прочности увеличение твердости, т.е. износостойкости. Поэтому выпускались опытные партии проводов с повышенным обжатием. Внедряются провода МФ-120, изготовляемые методом холодной прокатки, которые, по данным В. Я. Берента, обладают более высокими техническими показателями (износостойкость в 1,1 раза, прочность до 38,5 кг/мм2).

Однако при нагревании провод теряет эти качества и тем в большей степени, чем выше температура и время ее воздействия. Поэтому в соответствии с нормами температура проводов контактной сети в самых неблагоприятных условиях не должна превышать 100 °С для медных, 90 °С для алюминиевых и 120 °С для биметаллических проводов. По этой причине нельзя применять методы сварки, при которых температура провода превысит указанную.

В контактных сетях используют также многопроволочные стальные тросы (канаты) для компенсаторов, биметаллическую проволоку БСМ диаметром 4 и 6 мм для изготовления струн, стальную оцинкованную проволоку.

Электролиты – вещества, проводящие электрический ток.

Классификация электролитов:

1. Сильные электролиты, степень диссоциации которых в растворе равна единице (то есть, диссоциируется полностью) и не зависит от концентрации раствора (HCl, H2SO4).
2. Слабые – степень диссоциации меньше единицы (диссоциируется не полностью) и уменьшается с ростом концентрации (вода).

Диссоциация – процесс, при котором молекулы электролита распадаются на молекулы растворителя.

Применение электролитов

Проводят травление металлов, в промышленности - производство источника тока батарей (гальванических элементов), аккумуляторных батарей, электролитических конденсаторов.

Учебный вопрос 1.

Строительные керамические материалы.  
Минеральные вяжущие вещества.  
Бетоны и железобетонные изделия.  
Строительные растворы

*Строительные керамические материалы.*

Керамика – неорганический материал, получаемый из отформованных минеральных масс в процессе высокотемпературного обжига. В результате обжига (1200 – 2500°С) формируется структура материала (спекание), и изделие приобретает необходимые физико-механические свойства.

Техническая керамика включает искусственно синтезированные керамические материалы различного химического и фазового состава. Такая керамика содержит минимальное количество или совсем не содержит глины. Основными компонентами технической керамики являются оксиды и бескислородные соединения металлов. Любой керамический материал является многофазной системой. В керамике могут присутствовать кристаллическая, стекловидная и газовая фазы.

Кристаллическая фаза представляет собой определённые химические соединения или твёрдые растворы. Эта фаза составляет основу керамики и определяет значения механической прочности, термостойкости и других основных свойств.

Стекловидная фаза находится в керамике в виде прослоек стекла, связывающих кристаллическую фазу. Обычно керамика содержит 1 – 10% стеклофазы, которая снижает механическую прочность и ухудшает тепловые показатели. Однако, стеклообразующие компоненты (глинистые вещества) облегчают технологию изготовления изделий.

Газовая фаза представляет собой газы, находящиеся в порах керамики; по этой фазе керамику подразделяют на плотную, без открытых пор и пористую. Наличие даже закрытых пор нежелательно, т.к. снижается механическая прочность материала.

Большинство видов специальной технической керамики обладает плотной спекшейся структурой поликристаллического строения, для её получения применяют специфические технологические приёмы.

Керамическими называют изделия, получаемые из минерального сырья путем его формования и обжига при высоких температурах.

Термин «керамика» происходит (по П.П. Будникову) от слова «керамейя», которым в Древней Греции называли искусство изготовления изделий из гли­ны. И теперь в керамической технологии используют главным образом глины, но наряду с ними применяют и другие виды минерального сырья, например чистые оксиды (оксидная техническая керамика). Керамические материалы - самые древние из всех искусственных каменных материалов. Черепки грубых горшечных изделий находят на месте поселений, относящихся к каменному ве­ку. Возраст керамического кирпича как строительного материала составляет более 5000 лет.

В современном строительстве керамические изделия применяют почти во всех конструктивных элементах зданий, облицовочные и другие материалы ис­пользуют в сборном и индивидуальном домостроении. Богатство эстетических возможностей керамики обеспечили ей видное место в отделке фасадов зданий и внутренних помещений. Керамические пористые заполнители - это основа легких бетонов. Санитарно-технические изделия, а также посуду из фарфора и фаянса широко используют в быту. Специальная керамика необходима для химической и металлургической промышленности (кислотоупорные и огнеупорные изделия), электротехники и радиоэлектроники (электроизоляторы, полупроводники и др.), ее применяют в космической технике.

Керамические материалы*в зависимости от их структуры* разделяют на две основные группы: пористые и плотные.

*Пористые* поглощают более 5 % воды (по массе), в среднем их водопо­глощение составляет 8-20 % по массе или 14-36 % по объему. Пористую структуру имеют стеновые, кровельные и облицовочные материалы, а также стенки дренажных труб и др.

*Плотные* поглощают менее 5 % воды, чаще 1-4 % по массе или 2-8 % по объему. Плотную структуру имеют плитки пола, дорожный кирпич, стенки ка­нализационных труб и др.

*По назначению* керамические материалы и изделия делят на следующие виды:

* стеновые изделия (кирпич, пустотелые камни и панели из них);
* кровельные изделия (черепица);
* элементы перекрытий;
* изделия для облицовки фасадов (лицевой кирпич, малогабаритные и дру­гие плитки, наборные панно, архитектурно-художественные детали);
* изделия для внутренней облицовки стен (глазурованные плитки и фасон­ные детали к ним - карнизы, уголки, пояски);
* заполнители для легких бетонов (керамзит, аглопорит);
* теплоизоляционные изделия (перлитокерамика, ячеистая керамика);
* санитарно-технические изделия (умывальные столы, ванны, унитазы);
* плитка для пола;
* дорожный кирпич;
* кислотоупорные изделия (кирпич, плитки, трубы и фасонные части к ним);
* огнеупоры;

- изделия для подземных коммуникаций (канализационные и дренажные трубы).

Сырьевыми материалами для производства керамических изделий явля­ются*глинистые материалы* - каолины и глины (природные водные алюмоси­ликаты с различными примесями, способные при замешивании с водой образо­вывать пластичное тесто, которое после обжига необратимо переходит в камнеподобное состояние). Применяются они как в чистом виде, так и в смеси с добавками (отощающими, порообразующими, плавнями, пластификаторами и др.).

* каолины - состоят из минерала Al2O3^2SiO2^2H2O, содержат значитель­ное количество частиц меньше 0,01 мм, после обжига сохраняют белый цвет;
* глины - разнообразны по минеральному составу, больше загрязнены минеральными и органическими примесями; глинистое вещество (с частицами менее 0, 005 мм) состоит преимущественно из каолинита и родственных ему минералов - монтмориллонита Al2O3^4SiO2^nH2O, галлуазита Al2O3^2SiO2^4H2O; содержание тонких частиц определяет пластичность и дру­гие свойства глин; могут содержать примеси, снижающие температуру плавле­ния (карбонат кальция, полевой шпат, Fe(OH)3, Fe2O3); камневидные включения CaCO3 являются причиной появления «дутиков» трещин в керамических изде­лиях, т.к. гидратация получившегося при обжиге CaO сопровождается увеличе­нием его объема; окраска глин зависит от примесей минерального и органиче­ского происхождения (от белой, коричневой, зеленой, серой до черной), при­вычную красную окраску глине придает примесь оксида железа;
* бентониты - высокодисперсные глинистые породы с преобладающим содержанием монтмориллонита;
* трепелы и диатомиты - состоят в основном из аморфного кремнезема; используют для изготовления теплоизоляционных изделий, строительного кир­пича и камней.

*Отощающие материалы* - такие добавки вводят в состав керамической массы для понижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин. Используют шамот с зернами 0,14-2 мм (улучшает сушильные и обжиго­вые свойства глин, применяется для получения высококачественных изделий - лицевого кирпича, огнеупоров и пр.), дегидратированную глину (улучшает су­шильные свойства сырца и внешний вид кирпича), песок с зернами 0,5-2 мм, гранулированный доменный шлак с зернами до 2 мм (эффективный утолщитель глин при производстве кирпича), золы ТЭС и выгорающие добавки.

*Порообразующие материалы* вводят в сырьевую массу для получения легких керамических изделий с повышенной пористостью и пониженной теп­лопроводностью. Используют вещества, которые при обжиге диссоциируют с выделением газа (молотые мел, доломит) или выгорают (выгорающие добавки: древесные опилки, измельченный бурый уголь, отходы углеобогатительных фабрик, золы ТЭС и лигнин, они повышают пористость изделий и способству­ют равномерному спеканию керамического черепка).

*Пластифицирующими добавками* являются высокопластичные глины, бентониты, а также поверхностно-активные вещества - сульфито-дрожжевая бражка (СДБ) и др.

*Плавни* добавляют в глину в случаях, когда необходимо понизить темпе­ратуру ее спекания (полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк и пр.).

*Глазурью* или*ангобом* покрывают поверхность некоторых керамических изделий для придания им декоративного вида и стойкости к внешним воздейст­виям. Слой глазури (прозрачного и/или непрозрачного (глухого) стекла различ­ного цвета) наносят на поверхность керамического материала и закрепляют на ней обжигом при высокой температуре. Главные сырьевые компоненты глазури (кварцевый песок, каолин, полевой шпат, соли щелочных щелочно-земельных металлов, оксиды свинца либо стронция, борная кислота, бура и пр.) применя­ют в сыром виде либо сплавленными - в виде фритты. Ангоб же приготавлива­ют из белой или цветной глины и наносят тонким слоем на поверхность еще необожженного изделия. При обжиге ангоб не плавится, поэтому поверхность по­лучается матовой.

*Свойства глин как сырья для керамических изделий.*

Глина, замешенная с определенным количеством воды, образует глиняное тесто, обладающее связностью и пластичностью. При смачивании сухой глины ощущается характерный запах увлажняемой земли и выделение теплоты. Мо­лекулы воды (диполи) втягиваются между чешуйчатыми частицами каолинита и расклинивают их, вызывая набухание глины. Тонкие слои воды между пла­стинчатыми частицами глинистых минералов обуславливают характер­ные свойства глиняного теста.

*Пластичность глины* - свойство ее во влажном состоянии принимать под влиянием внешнего воздействия желаемую форму без образования разры­вов и трещин и сохранять полученную форму при последующей сушке и обжи­ге.

*Связующая способность глины* - проявляется в связывании зерен не­пластичных материалов (песка, шамота и др.), а также в образовании при высы­хании достаточно прочного изделия - сырца.

Особенность глиняного теста - в способности отвердевать при высыха­нии на воздухе. Силы капиллярного давления стягивают частицы глины, пре­пятствуют их разъединению, вследствие чего происходит воздушная усадка.

*Усадка* - это уменьшение линейных размеров и объема глиняного сырца при его сушке (воздушная усадка) и обжиге (огневая усадка) глин (а вместе - полная усадка); выражается в % от первоначального размера изделия.

В процессе высокотемпературного обжига глина претерпевает физико- химические изменения.Переход глины при обжиге в камневидное состояниепроисходит следующим образом: сначала испаряется свободная вода, затем выгорают органические вещества. При температуре 700-800 °С происходит разложение безводного метакаолинита Al2O3^2SiO2, который образовался ранее (при температуре 450-600 °С) вследствие дегидратации каолинита; затем Al2O3 и SiO2 при повышении температуры до 900 °С и выше вновь соединяются, обра­зуя искусственный минерал - муллит 3Al2O3^2SiO2. Муллит придает обожжен­ному керамическому изделию водостойкость, прочность, термическую стойкость. С его образованием глина необратимо переходит в камневидное состояние. Вместе с образованием муллита расплавляются легкоплавкие составляющие глины, цементируя и упрочняя материал.

*Спекаемостью* глин называют их свойство уплотняться при обжиге и образовывать камнеподобный черепок. С повышением температуры обжига возрастает степень спекания и уменьшается водопоглощение.

Производство керамических изделий включает следующие этапы: карьерные работы, механическую обработку глиняной массы, формование изделий, их сушку и обжиг.

*Карьерные работы* включают добычу, транспортирование и хранение промежуточного запаса глины.

*Механическая обработка* глины осуществляется с помощью глинообрабатывающих машин и имеет цель выделить либо измельчить каменистые включения, гомогенизировать керамическую массу и получить необходимые формо­вочные свойства.

Стеновые керамические изделия изготавливают способами*пластического формования* (на ленточных шнековых вакуумных и безвакуумных прессах) и *полусухого прессования* (из шихты с влажностью 8-10 %, уплотняемой прессованием под значительным давлением 15-40 МПа). Для производства тонких глазурованных мозаичных плиток, служащих для облицовки фасадов, используют*способ литья* (наливные аппараты наносят шликеры разделительного, плиточного и глазурованного слоев на пористые керамические поддоны, движущиеся по конвейеру).

*Сушку сырца* производят в туннельных и камерных сушилках.

*Обжиг* завершает изготовление керамических изделий; в процессе обжига формируется их структура, определяющая технические свойства изделия. Обжиг осуществляется в туннельных печах с автоматическим управлением (а также в кольцевых печах). Максимальная температура обжига кирпича и других стеновых керамических изделий 950-1000 °С, необходима для спекания керамической массы. При пережоге изделия теряют форму, оплавляются с поверхности; недожог обусловлен незавершенностью процесса спекания («алый» цвет кирпича, снижение прочности, сильное уменьшение водостойкости и морозостойкости).

*Минеральными вяжущими* называют порошкообразные (за исключением растворимого стекла) материалы, образующие при смешивании с водой пластичную массу - тесто, которое под влиянием происходящих в нем физико-химических процессов постепенно схватывается и затвердевает, переходя в камневидное состояние. Схватыванием называется процесс, при котором приготовленная на вяжущем пластичная масса - тесто постепенно теряет свою подвижность без приобретения прочности. Минеральные вяжущие разделяют на две группы.

1. *Воздушные вяжущие*, способные затвердевать и длительное время сохранять или повышать прочность только на воздухе. В условиях повышенной влажности воздушные вяжущие значительно снижают или теряют свою прочность. К воздушным вяжущим относятся: *гипс, ангидритовый цемент, магнезиальные вяжущие вещества, воздушная известь и растворимое стекло.*

2. *Гидравлические вяжущие*, обладающие более высокой прочностью, чем воздушные, и способные затвердевать и длительно сохранять прочность не только на воздухе, но и в воде. К гидравлическим вяжущим относятся *гидравлическая известь* (твердеющая на воздухе, но сохраняющая прочность в водной среде) и *различные цементы*.

Некоторым воздушным вяжущим можно придать гидравлические свойства, смешивая их с природными и искусственными материалами, называемыми гидравлическими добавками.

*Строительный гипс* получают путем тепловой обработки гипсового камня при температуре 150-170°С с предварительным или последующим его измельчением.

Если смешать порошок гипса с водой, то образовавшееся тесто начинает довольно быстро терять пластичность и переходить в камневидное состояние. Твердение гипса сопровождается увеличением его объема. Это способствует хорошему заполнению форм при изготовлении гипсовых изделий.

Важнейшими свойствами гипса, как и других минеральных вяжущих веществ, являются прочность, тонкость помола и сроки схватывания. По этим показателям строительный гипс подразделяется на два сорта: первый и второй. Прочность на сжатие образцов в виде кубиков в возрасте 48 ч для гипса 1-го сорта должна быть не ниже 4,5 МПа и для 2-го сорта не ниже 3,5 МПа.

На прочность гипса оказывают влияние тонкость помола, количество воды, взятой для изготовления гипсового теста, и влажность окружающей среды, в которой происходит твердение. Чем тоньше измельчен гипс, тем прочность его будет выше. С увеличением количества воды, взятой для приготовления теста, прочность гипса снижается.

*Ангидритовый цемент* можно получить также путем совместного помола природного ангидрита с добавкой катализаторов или обжига гипсового камня. Он применяется для устройства полов, изготовления строительных и архитектурных деталей искусственного мрамора, приготовления кладочных и штукатурных растворов.

*Известью* называется вяжущее, которое получают путем обжига известняка или других горных пород, содержащих углекислый кальций. Полученный в виде кусков продукт носит название негашеной извести. При соединении с водой (гашения) превращается в гашеную известь, получаемую или в виде тонкого порошка, или (при избыточном количестве воды) в виде известкового теста или молока.

Известь применяют в строительстве в виде раствора - механической смеси известкового теста с песком, помимо этого, известь употребляют для изготовления силикатного кирпича и искусственных камней. Известковое молоко (разведенное водой тесто) применяют для окраски.

*Растворимое стекло* обладает способностью растворяться в воде. Его получают путем сплавления при температуре 1400°С тонко измельченных и тщательно смешанных между собой кварцевого песка и кальцинированной соды или сульфата натрия. Застывшую массу растворимого стекла называют силикат-глыбой; ее растворяют в горячей воде при давлении пара 0,3-0,5 МПа до сиропообразной консистенции.

В строительстве жидкое стекло применяют при изготовлении огнезащитных, гидроизоляционных, кислотоупорных и жаростойких обмазок, растворов и бетонов.

Растворимое стекло хранят в виде силикат-глыбы или в виде водного раствора - в стеклянной или металлической таре.

*Портландцемент*, представляет собой продукт тонкого измельчения клинкера, получаемого путем обжига до спекания природных или искусственных сырьевых смесей, состоящих из глины и углекислого кальция (чаще всего известняка). Для регулирования сроков схватывания к клинкеру при помоле добавляют гипс, а с целью повышения качества и снижения стоимости цемента вводят минеральные добавки.

При взаимодействии портландцемента с водой выделяется тепло. Вследствие высокой прочности и сравнительно малых сроков твердения портландцемент наиболее широко применяется в строительстве как вяжущее при изготовлении бетонов и растворов для надземных, подземных и подводных конструкций.

*Быстротвердеющий портландцемент*. Ускорение твердения цементов является желательным во многих случаях. Этого можно добиться тремя способами: подбором соответствующего состава клинкера, увеличением тонкости его помола и введением химических добавок - ускорителей твердения. Промышленность выпускает быстротвердеющие цементы, полученные вышеуказанными способами, однако все же сроки твердения даже быстротвердеющего портландцемента сравнительно велики. Лучшими показателями в этом отношении обладает быстротвердеющий глиноземистый цемент.

*Глиноземистый цемент* является продуктом тонкого помола клинкера, полученного путем обжига до сплавления смеси из бокситов, содержащих до 80% окислов алюминия и известняков. Положительным качеством глиноземистых цементов является то, что они быстро твердеют.

При твердении глиноземистого цемента выделяется большое количество тепла, вследствие чего его выгодно применять при зимних работах. Он обладает также высокой стойкостью против воздействия пресных и сульфатных вод.

Глиноземистый цемент применяют для изготовления бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона и короткими сроками твердения, конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза, и для сооружения таких конструкций, как коллекторы сточных вод ряда промышленных предприятий. Особое значение глиноземистый цемент имеет при аварийных работах. Наконец, он служит основным видом вяжущего при изготовлении жароупорных бетонов. Отрицательным качеством глиноземистого цемента является его высокая (по сравнению с другими цементами) стоимость.

*Расширяющийся цемент* получают совместным помолом клинкера глиноземистого цемента с добавкой высокоосновного алюмината кальция и гипса. Он обеспечивает увеличение в объеме при твердении приготовленных на нем растворов и бетонов. Это качество весьма существенно при необходимости полного заполнения узких швов между отдельными каменными или бетонными конструкциями.

*Смешанные цементы*. *Пуццолановый портландцемент* и *шлакопортландцемент* получают путем измельчения портландцементного клинкера вместе с активной минеральной добавкой; в первом случае добавками являются вулканические пеплы и туфы, во втором - доменный гранулированный (в виде зерен) шлак. Портландцемент с добавками имеет повышенную стойкость к агрессивным водам. По быстроте твердения они уступают портландцементу без добавок. Количество выделяющегося при их твердении тепла невелико, что позволяет применять эти цементы для изготовления массивных конструкций.

*Бетоны, железобетонные изделия и конструкции.*

Бетоном называется искусственный каменный материал, получаемый в результате формования и твердения смеси вяжущего, воды, заполнителей в количествах и в необходимых случаях специальных добавок.

В России бетон начал применяться в последней четверти 19 века. Тогда Н.А. Белелюбским была создана первая в мире лаборатория по испытанию строительных материалов и разработана методика определения их морозостойкости. Высокая надежность конструкции и сооружений из бетона и железобетона, возможность управления структурой и свойствами позволили бетону занять ведущее место в промышленном, транспортном (в том числе дорожном), сельскохозяйственном и гидротехническом строительстве.

Важнейшими преимуществами бетона является *технологичность* (неограниченные запасы сырья, сравнительная простота переработки в изделия, безотходное производство, управление структурой и свойствами бетона в процессе производства, возможность получения на основе одного и того же исходного сырья изделий с различными свойствами), *экономичность* (малая себестоимость, широкое использование местных материалов, сравнительно малые затраты энергии и высококвалифицированной рабочей силы, не высокие эксплуатационные расходы) и *долговечность* (в условиях постоянной влажности бетон лишь набирает со временем прочность).

Бетон подразделяют по следующим основным классификационным признакам: по назначению, способу применению, особым свойствам, объемной массе, виду вяжущего, виду заполнителе и тд.

*Конструкционные* бетоны предназначены для изготовления несущих элементов сооружений, воспринимающих значительные механические нагрузки. Обычно это высокопрочные тяжелые бетоны.

*Транспортные* бетоны (в том числе дорожные) применяются для изготовления устройств, работающих в нестабильных условиях воздействия сил и сред (плиты дорожных и аэродромных покрытий, под рельсовых оснований, мосты и трубы). Такие бетоны должны обладать высокой морозостойкостью, динамической и усталостной прочностью.

Гидротехнические бетоны предназначены для эксплуатации при непрерывной смене циклов увлажнения и высушивания, замерзания и оттаивания, возможности солевой коррозии.

Железобетоном называется строительный материал, в котором низкая прочность бетона при растяжении компенсируется высокой прочностью стальной арматуры, а высокая деформативность арматуры – весьма низкой деформативностью отвердевшего бетона. От коррозии армату3ру защищает бетон.

Достоинства железобетона заключаются в следующем:

* Производство работ в течение всего года;
* Снижение расхода опалубочных материалов;
* Сокращение сроков и стоимости строительства;
* Максимальная индустриализация его производства и возведения сооружений.

К важнейшим классификационным признакам сборных элементов относятся: характеристика напряженного состояния, способ предварительного обжатия, модуль поверхности и конфигурации, особые признаки.

В бетоне разрушения начинаются задолго до исчерпания несущей способности сечения, вследствие развития трещин бетона сдерживается арматурой. Начало трещинообразования соответствует пределу прочности бетона при растяжении. Нагрузка, соответствующая началу трещинообразования, может быть значительна повышена, если растянутую зону бетона предварительно каким то образом сжать. Это достигается использованием упругих устройств арматуры в предварительно напряженном железобетоне.

*Строительные растворы* — это смеси из вяжущего вещества, воды и мелкого заполнителя, приобретающие в результате процесса твердения однородную камнеподобную структуру. До затвердевания их называют растворными смесями и используют для каменной кладки стен, фундаментов и оштукатуривания поверхностей различных конструкций. По виду вяжущих веществ и добавок различают растворы *цементные*, *известковые*, *цементно-известковые*, *цементно-глиняные* и некоторые другие комбинации.

*Свойства строительных растворов.*

*Удобоукладываемость* **–**это свойство растворной смеси легко укладываться плотным и тонким слоем на пористое основание и не расслаиваться при хранении, перевозке и перекачивании растворонасосами. Она зависит от подвижности и способности смеси.

*Подвижность смесей* характеризуется глубиной погружения металлического конуса (массой 300 г) стандартного прибора. Подвижность назначают в зависимости от вида и отсасывающей способности основания. Для кирпичной кладки подвижность раствора составляет 9-13 см, для заполнения швов между панелями и другими сборными элементами – 4-6 см, а для вибрирования бутовой кладки – 1-3 см.

*Водоудерживающая способность* ***–***это свойство растворной смеси сохранять воду при укладке на пористое основание, что необходимо для сохранения подвижности смеси, предотвращения расслоения и хорошего сцепления раствора с пористым основанием. Водоудерживающую способность увеличивают путем введения в растворную смесь неорганических дисперсных (состоящих из мелких частиц)добавок и органических пластификаторов. Смесь с этими добавками отдает воду пористому основанию постепенно, при этом он становится плотнее, хорошо сцепляется с кирпичом, отчего кладка становится прочнее.

Удобоукладываемую растворную смесь получают, если правильно назначен зерновой состав ее твердых составляющих, определяемой соотношением песка, вяжущего и дисперсной добавки. Тесто вяжущего заполняет пустоты между зернами песка и равномерно покрывает песчинки тонким слоем, уменьшая внутреннее трение. С удобоукладываемой растворной смесью удобно работать, в результате повышается производительность труда. От удобоукладываемости растворной сети зависит качество каменной кладки. Правильно подобранная растворная смесь заполняет неровности, трещины, углубления в кирпиче или камне, поэтому получается большая площадь контакта между раствором кирпичом (камнем), в результате прочность и монолитность кладки возрастает. Увеличивается долговечность стен.

Основными свойствами строительных растворов являются: *прочность (марка) к заданному сроку твердения, сцепление с основанием, морозостойкость* и *деформативные характеристики* (усадка в процессе твердения, влияющая на трещиностойкость; модуль упругости; коэффициент Пуассона).

*Классификация строительных растворов*

По **плотности в сухом состоянии** растворы делят: на тяжелые сплотностью 1500 кг/м3 и более, для их изготовления применяют тяжелые кварцевые или другие пески; легкие растворы, имеющие плотность менее 1500 кг/м3 , заполнителями в них являются легкие пористые пески из пемзы, туфов, шлаков, керамзита и других легких мелких заполнителей.

По **виду вяжущего** строительные растворы бывают: цементные, приготовленные на портландцементе или его разновидностях; известковые — на воздушной или гидравлической извести, гипсовые — на основе гипсовых вяжущих веществ — гипсового вяжущего, ангидритовых вяжущих; смешанные — на цементно-известковом вяжущем. Выбор вида вяжущего производят в зависимости от назначения раствора, предъявляемых к нему требований, температурно-влажностного режима твердения и условий эксплуатации здания или сооружения.

По **назначению** строительные растворы делят: на кладочные для каменных кладок и кладки стен из крупных элементов; отделочные для штукатурки, изготовления архитектурных деталей, нанесение декоративных слоев на стеновые блоки и панели; специальные, обладающие некоторыми ярко выраженными или особыми свойствами (акустические, рентгенозащитные, тампонажные и т.д.). Специальные растворы имеют узкое применение.

По **физико-механическим свойствам** растворы классифицируют по двум важнейшим показателям: прочности и морозостойкости, характеризующим долговечность раствора. По величине прочности при сжатии строительные растворы подразделяют на восемь марок: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150 и 200. Растворы М4 и 10 изготовляют на местных вяжущих (воздушной и гидравлической извести и др.). По степени морозостойкости в циклах замораживания растворы имеют девять марок морозостойкости: от F10 до F300.

Состав раствора обозначают количеством (по массе или объему) материалов на 1 м3 раствора или относительным соотношением (также по массе или объему) исходных сухих материалов. При этом расход вяжущего принимают за 1. Для простых растворов, состоящих из вяжущего и не содержащих минеральных добавок (цементных или известковых растворов) состав будет обозначен, например, 1:6, т. е. на 1 ч. вяжущего приходится 6 ч. песка. Состав смешанных растворов, состоящих из двух вяжущих или содержащих минеральные добавки, обозначают тремя цифрами, например 1:0,4:5 (цемент:известь:песок). Однако следует учитывать, что в цементных смешанных растворах за вяжущее принимают цемент совместно с известью.

*В качестве мелкого заполнителя* применяют: для тяжелых растворов — кварцевые и полевошпатовые природные пески, а также пески, полученные дроблением плотных горных пород; для легких растворов — пемзовые, туфовые, ракушечные, шлаковые пески. Для обычной кладки кирпича, камней правильной формы, в том числе и блоков, наибольший размер зерен песка не должен превышать 2,5 мм; для бутовой кладки, а также замоноличивания стыков сборных железобетонных конструкций и для песчаного бетона — не более 5 мм; для отделочного слоя штукатурки— не более 1,2 мм.

*Минеральные и органические добавки* применяют для получения удобоукладываемой растворной смеси при использовани портландцементов. В качестве эффективных минеральных добавок в цементные растворы вводят известь в виде теста. Добавка извести в цементных растворах повышает водоудерживающую способность, улучшает удобоукладываемость и дает экономию цемента. В качестве неорганических дисперсных добавок применяют активные минеральные добавки — диатомит, трепел, молотые шлаки и т. д.

*Поверхностно-активные добавки* используют для повышения пластичности растворной смеси и уменьшения расхода вяжущего, вводят в растворы десятые и сотые доли процента от количества вяжущих. В качестве поверхностно-активной органической добавки применяют сульфитно-дрожжевую бражку (СДБ), гидролизированную боенскую кровь (ГК), мылонафт, гидрофобнопластифицирующую добавку «флегматор» и др.

*Применение строительных растворов*

* Цементные растворы нередко используются в каменной и кирпичной кладке в случаях, когда конструкция расположена ниже уровня подпочвенных вод, а также для оштукатуривания цоколей, наружных стен, карнизов, заливания стяжек пола. Для помещений с влажностью выше 60% это оптимальный тип строительного раствора.
* Глиняные смеси обычно используют как кладочные — для труб, очагов и печей, а также для наземной части строений, не подверженной воздействию влаги. Пластичность материала обуславливает малую степень усадки, однако и твердеет такой состав относительно медленно.
* Сложные растворы — в состав которых входит несколько типов вяжущих веществ — наиболее популярны благодаря тому, что они обладают достоинствами смесей на основе различных компонентов. Они также обладают более высокой прочностью по сравнению с простыми растворами и широко используются для кладочных и штукатурных работ. Наиболее часто в данной категории находят применение цементно-известковые смеси.

Учебный вопрос 2.

Классификация, состав и свойства топлива. Твёрдое и жидкое топливо.

Топливом называется горючее вещество, используемое в качестве источника получения теплоты в энергетических, промышленных и отопительных установках.

Основные требование к топливу: оно должно встречаться в природе в достаточно больших количествах, быть доступным для добычи, выделять большое количество тепла, сохранять свои свойства при длительном хранении, быть транспортабельным и др.

Классификация топлива может быть проведена по различным признакам.

По методу получения: естественное (дрова, торф, каменный уголь, нефть) и искусственное (кокс, бензин, генераторный газ).

По агрегатному состоянию топлива разделяются на твердые, жидкие и газообразные (каменные угли, торф, горючие сланцы; керосин, дизельное топливо, мазут; природный горючий газ, коксовый газ и др.).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Топливо | Агрегатное состояние | | |
| Твердое | Жидкое | Газообразное |
| Природное | Дрова, торф, бурые и каменные угли, антрацит, горючие сланцы | Нефть | Природный газ |
| Искусственное | Древесный уголь, полукокс, кокс, угольные и торфяные брикеты | Мазут, керосин, бензин, соляровое масло, газойль, печное топливо | Газы нефтяной, коксовый, генераторный, доменный, газ подземной газофикации |

Таблица 1. Классификация органических топлив по агрегатному состоянию

*Ископаемые твердые топлива* (за исключением сланцев) являются продуктами разложения органической массы растений. Самое молодое из них – торф, представляет собой плотную массу, образовавшуюся из перегнивших остатков болотных растений.

Следующими по "возрасту" являются бурые угли – землистая или черная однородная масса, которая при длительном хранении на воздухе частично окисляется ("выветривается") и рассыпается в порошок. Затем идут каменные угли, обладающие, как правило, повышенной прочностью и меньшей пористостью. Органическая масса наиболее старых из них – антрацитов – претерпела наибольшие изменения и на 93 % состоит из углерода. Антрацит отличается высокой твердостью. Наша страна располагает громаднейшими запасами топлива: угля – 57 % мировых запасов, нефти – 30 %, газа – 27 %. Добыча всех видов топлива непрерывно растет.

Характерно, что топливный баланс страны постоянно изменяется в сторону увеличения добычи нефти и особенно газа, так как добыча, транспортировка и сжигание их намного экономичней

Твердые и жидкие топлива состоят из горючих (углерода - С, водорода - Н, летучей серы - Sл == Sор + Sк) и негорючих (азота - N и кислорода - О) элементов и балласта (золы - А, влаги - W).

Углерод С – основной горючий элемент топлива, содержится в нем в виде органических соединений типа СN. При сгорании одного килограмма С выделяется 33,9 МДж тепла. Правда, и это надо хорошо запомнить, при неправильной организации процесса горения (обычно при недостатке воздуха) продуктом сгорания является очень токсичный оксид углерода СО и выделяется всего только 9,2 МДж теплоты. Углерод содержится в топливе от 40 до 95 % (солома и антрацит). С увеличением геологического возраста топлива содержание С увеличивается.

Водород при сгорании выделяет вчетверо больше тепла, чем углерод. Содержится он в виде углеводородных соединений СmHn, во внутренней влаге топлива.

Кислород О находится в химических соединениях с горючими элементами. Связывая часть водорода, он тем самым обесценивает топливо. Кислород участвует в горении, в топливах обычно содержится 1 … 30 % кислорода. Азот – инертный газ, содержится 1 … 6 %. Азот является весьма вредным компонентом, поскольку при сгорании азотсодержащих соединений в высокотемпературных топках образуются очень токсичные оксиды NO и NO2. Зола А – негорючий остаток, полученный после полного сгорания топлива. Это смесь различных минеральных веществ, находящихся в топливе: глины, кремнезема, окислов железа, извести и т.д. Каменный уголь содержит 4 … 25 % золы, дрова 0,6 %. Зольность жидких топлив зависит от количества растворенных в нем солей и наличия механических примесей. Газы сгорают без остатка.

Влага W является вредной примесью топлива, так как уменьшает долю горючих веществ в одном килограмме топлива. Часть тепла, выделяемого при сгорании топлива тратится на испарение влаги. Влага топлива состоит из внешней и внутренней. И если первая зависит от условий добычи, транспортирования и хранения топлива, то внутренняя влага зависит только от свойств самого топлива. Она заполняет микроскопические поры топлива и не может быть удалена простым высушиванием. Чтобы удалить внутреннюю влагу топлива, его нагревают до температуры t = 103 … 110 °С и выдерживают примерно четыре часа. Влаги в топливах содержится обычно 5 … 60 %.

Элементарный состав твердого и жидкого топлива дается в процентах к массе 1 кг топлива.

При этом различают рабочую, сухую, горючую и органическую массу топлива.  
Рабочая масса – это масса и состав топливо, в котором поступает к потребителю и подвергается сжиганию.

*Характеристика топлива.*

Влажность воздуха. Средняя влажность топлива в рабочем состоянии составляет в %: для торфа 50; сланцев 13-17; каменного угля 5-14 и антрацита 5-8. Бурые угли в зависимости от влажности делят на 3 группы: группа Б1 – более 40% влажности; группа Б2 – 30-40%; группа Б3 – менее 30%.

Зола топлива. В состав золы входят преимущественно соли щелочных и щелочно-земельных металлов, окислы железа, алюминия, а также сульфатная сера. Минеральные остатки, образующиеся после сгорания топлива, имеют вид либо сыпучей массы (зола), либо сплавленных кусков (шлак). Различные виды топлива содержат разное количества золы. Например, в %: древесина – 1; торф – 10; кузнецкий уголь – 10-20; подмосковный бурый уголь – 30; сланцы – 60. Жидкое топливо (мазут) содержит 0,2-1% минеральных примесей.

Летучие вещества. При нагревании твердого топлива до 870-1100 К без доступа окислителя, выделяются парогазообразные вещества, которые называются летучими. Они являются продуктами распада сложных органических веществ, содержащихся в органической массе топлива. В состав летучих веществ входят: азот N2, кислород О2, водород Н2, окись углерода СО, углеводородные газы СH4, С2H4 и т.д, а также водяные пары.

Кокс. Твердый остаток, который получается после нагревания топлива (без доступа окислителя) и выхода летучих веществ. В состав кокса входят остаточный углерод и зола. При низких температурах в твердом остатке кроме золы может оказаться часть элементов (C, H, Sл, N). Тогда твердый остаток называется полукоксом. По своим механическим свойствам кокс может быть порошкообразным, слабоспекшимся и спекшимся.  
В зависимости от выхода летучих веществ и характеристики кокса каменные угли разделяются на 10 марок: длиннопламенный - Д, газовый - Г, газовый жирный – ГЖ, жирный – Ж, коксовый жирный = КЖ, коксовый - К, коксовый второй – К2, отощенный спекающийся – ОС, слабоспекающийся – СС, тощий – Т.

Теплота сгорания. Одной из основных характеристик любого вида топлива является теплота сгорания, т.е. то количество теплоты, которое может быть получено при полном сгорании единицы массы или объема топлива. Полным сгоранием называется такое, при котором горючие компоненты топлива С, Н и S полностью окисляются кислородом. Теплоту сгорания твердого и жидкого топлива относят к 1 кг, а газового – к 1 м3 при нормальных условиях.

*Физический процесс горения топлива.*

Горение топлива – химическая реакция соединения горючих элементов топлива с окислителем при высокой температуре, сопровождающийся интенсивным выделением теплоты. В качестве окислителя используют кислород воздуха.

Процесс горения может протекать с разной скоростью – от медленного до мгновенного. Медленное горение – самовозгорание твердого топлива при его хранении на складах. Мгновенное горение представляет собой взрыв. В теплоэнергетических установках практическое значение имеет такая скорость реакции, при которой происходит устойчивое горение, т.е. при постоянной подаче в зону горения топлива и окислителя. При этом соотношение концентрации топлива и окислителя должен быть определенным. При нарушении этого соотношения (богатая смесь, бедная смесь) скорость реакции снижается и уменьшается тепловыделение на единицу объема.

Горение газообразного топлива. Минимальная температура при которой происходит воспламенение смеси, называется температурой воспламенения. Значение этой температуры для различных газов неодинаково и зависит от теплофизических свойств горючих газов, содержания горючего в смеси, условий зажигания, условий отвода теплоты в каждом конкретном устройстве и т.д.

Горючий газ в смеси с окислителем сгорает в факеле. Различают два метода сжигания газа в факеле – кинетический и диффузионный. При кинетическом сжигании до начала горения газ предварительно смешивается с окислителем. Газ и окислитель подаются сначала в смешивающее устройство горелки. Горение смеси осуществляется вне пределов смесителя. При этом скорость горения не должна превышать скорости химических реакций горения.

Диффузионное горение происходит в процессе смешивания горючего газа с воздухом. Газ поступает в рабочий объем отдельно от воздуха. топлива.

Горение твердого топлива. Процесс горения состоит из следующих стадий:

1) подсушка топлива и нагревание до температуры начала выхода летучих веществ;

2) воспламенение летучих веществ и их выгорание;

3) нагревание кокса до воспламенения;

4) выгорание горючих веществ из кокса.

Эти стадии иногда частично накладываются одна на другую.

Выход летучих веществ у различных топлив начинается при различных температурах: у торфа при 550-660К, у бурых углей при 690-710К, у тощих углей и антрацита при 1050-1070К.

*Жидкое топливо*

Горение жидкого топлива. Основным жидким топливом, используемым в теплоэнергетике и промышленной теплотехнике является мазут. В установках небольшой мощности также используют смесь технического керосина со смолами.

Наибольшее применение получило метод сжигания в распыленном состоянии. Этот метод позволяет значительно ускорить его сгорание и получить высокие тепловые напряжения объемов топочных камер вследствие увеличения площади поверхности контакта топлива с окислителем.

Процесс горения жидкого топлива можно разделить на следующие стадии: 1) нагревание и испарение топлива; 2) образование горючей смеси; 3) воспламенение горючей смеси от постороннего источника (искры, раскаленной спирали и т.п.); 4) собственно горение смеси.

Основными моторными топливами являются бензины, керосины и дизельные топлива, получаемые путем переработки нефти. Кроме этого также используют сжатые и сжиженные газы; синтетические топлива, получаемые переработкой угля, сланцев, битумонозных песков; спирты; эфиры.

Автомобильные бензины представляют собой смеси углеводородов, выкипающих в диапазоне температур 35…205˚С и вырабатываются следующих марок: по ГОСТу 2084-77 А-76, АИ-93 (А-92), АИ-95, а также неэтилированный АИ-91; экспортные бензины А-80, А-92, А-96, с улучшенными экологическими свойствами – НОРСИ АИ-80, НОРСИ АИ-92, НОРСИ АИ-95. Цифры в марке бензина показывает октановое число (ОЧ), которое характеризует детонационную стойкость бензина.

Дизельные топлива вырабатываются в основном из гидроочищенных фракций прямой перегонки нефти. В Росиии вырабатывают три сорта дизельного топлива:

"л" (летнее) – для эксплуатации при температуре 0˚С и выше;

"з" (зимнее) - для эксплуатации при температуре -20˚С и выше;

"а" (арктическое) - для эксплуатации при температуре -50˚С и выше.

Углеводородные газообразные топливапри нормальных условиях подразделяют на сжатые (СПГ) и сжиженные (СНГ). В качестве сжатого газа используют природный газ (95% метана СН4). Сжиженные газы являются продуктами переработки попутных газов и газов газоконденсатных месторождений и восновном содержат бутанпропановые и бутиленпропиленовые смеси, находящиеся при нормальной температуре в жидком состоянии.

Основным преимуществом газового топлива является их чистота, более легкий запуск в холодное время, высокие экологические качества.

Учебный вопрос 3.

Виды и свойства смазочных материалов.  
Жидкие и консистентные смазочные материалы

Смазочный материал – материал, вводимый на поверхность трения, в контакт трущихся тел для уменьшения силы трения и интенсивности изнашивания.

Во фрикционных передачах и устройствах смазочный материал вводят для одновременного увеличения силы трения и уменьшения интенсивности изнашивания.

Смазка – действие смазочного материала в контакте трущихся тел, приводящие к уменьшению интенсивности (скорости) изнашивания и силы трения.

Смазывание – подведение смазочного материала к поверхности трения.

Трибология – наука о явлениях, закономерностях и процессах трения, изнашивания и смазки.

Треботехника – включает в себя прикладную часть трибологии, методы и средства обеспечения работоспособности узлов трения.

Классификация смазочных материалов:

- Различаются по физическому состоянию (газовая, жидкостная, твердая);

- По условиям разделения поверхностей трения смазочным слоем (гидродинамическая, гидростатическая, граничная, полужидкостная).

*Жидкие смазочные материалы*

Смазочные масла применяются для уменьшения потерь энергии на трение и для снижения износа трущихся деталей автомобиля. Масло охлаждает и очищает от продуктов износа трущиеся поверхности, а также предохраняет их от коррозии. Потери энергии на преодоление трения составляют до 25% развиваемой мощности автомобильного двигателя.

Величина потерь на трение зависит от характера трения. При отсутствии слоя масла между трущимися деталями их непосредственное соприкосновение носит характер сухого трения. При сухом трении затрачивается энергия на преодоление зацепления неровностей, имеющихся на поверхности деталей, и преодоление сопротивления молекулярных сил притяжения, возникающих в точках контакта, а также схватывания (сваривания) в отдельных точках контакта металлических деталей. При грубо обработанных поверхностях основное усилие затрачивается на преодоление зацепления поверхностей, а при тщательно обработанных – на преодоление молекулярных сил сцепления. Затраты энергии будут тем больше, чем сильнее прижаты трущиеся детали одна к другой и чем больше шероховатость их поверхностей. Кроме того, влияние оказывают природа материала и скорости перемещения деталей. Сухое трение необходимо только для отдельных трущихся деталей таких механизмов, как тормозной, сцепление; в случаях, когда потери на трение должны быть минимальными, желательно, чтобы детали работали в условиях жидкостного трения.

Жидкостное трение имеет место, когда трущиеся поверхности разделены слоем масла. При этом происходит трение не между твёрдыми телами, а между слоями масла (на молекулярном уровне). В данном случае может быть только коррозионный и абразивный износ поверхностей деталей, когда размер механических примесей превышает толщину масляного слоя.

Граничное трение возникает между трущимися деталями, на поверхности которых остаётся лишь тончайший молекулярный слой масляной плёнки толщиной не более микрометра, находящийся под воздействием молекулярных сил металлической поверхности детали. Способность масла образовывать масляную плёнку зависит от наличия в нём поверхностно-активных полярных молекул, которые адсорбируются на поверхности трения. Наличие плёнки определяет величину потерь на трение и износы при граничном трении. Граничное трение часто наблюдается при работе автомобильных деталей (шестерённые передачи и др.), т.к. в некоторые моменты их работы (резкое изменение частоты вращения и направления движения, внезапное увеличение нагрузки и др.) не удаётся обеспечить жидкостное трение.

Полужидкостное (смешанное) трение имеет место тогда, когда в результате частичного выдавливания масла в местах наибольших неровностей происходит контакт трущихся поверхностей, который вызывает в этих местах сухое и граничное трение.

Требования к автомобильным смазочным маслам сводятся к следующему:

а) разделять трущиеся детали надежным масляным слоем для обеспечения жидкостного трения или же в особо трудных условиях создавать на их поверхности прочную масляную пленку для обеспечения граничного трения, предохраняя детали от сухого трения;

б) удерживаться на поверхности не работающих деталей для предохранения их от коррозии;

в) отводить тепло от трущихся деталей;

г) обладать способностью смывать с трущихся поверхностей продукты износа и легко отделятся от них;

д) не изменять длительное время свои свойства в процессе работы и хранения;

е) быть экономным и недефицитным.

Эти общие требования уточняются, когда выбираются смазочные масло для конкретных деталей и механизмов, работающих в определенных условиях. Так, к маслам для двигателей дополнительно предъявляется требование быть устойчивым при высокой температуре, а при сгорании образовывать минимальное количество нагара.

Смазочные масла, используемые в двигателях внутреннего сгорания, называют *моторными маслами* и предназначены они для смазывания двигателей под давлением и разбрызгиванием.

Моторные масла представляют собой смесь на масляной основе, в которой содержится ряд присадок, улучшающих те или иные свойства масла, в частности, присадки, увеличивающие вязкость, предохраняющие от окисления, уменьшающие износ трущихся поверхностей и т.д. Вид масла зависит от его основы, а также от наличия и характера присадок, придающих маслу необходимые эксплуатационные свойства. Моторное масло – это 80-85% масляной основы (базового масла) и 15-20% присадок. Потребителям предлагают минеральные, синтетические и полусинтетические моторные масла.

Принципиально минеральные моторные масла отличаются от синтетических тем, что основой их служат масляные фракции нефти, очищенные от нежелательных вредных примесей. Они относительно дёшевы и удовлетворительно зарекомендовали себя в процессе эксплуатации.

Основой синтетических моторных масел служат синтезированные путём целенаправленных химических реакций однородные органические соединения (углеводороды, эфиры или полиальфаолефины), обладающие низкой температурой застывания, хорошими пусковыми характеристиками при низких температурах, стойкостью к окислению, хорошей смазочной способностью, лучшими вязкостно-температурными свойствами, меньшей склонностью к образованию отложений на деталях двигателей и хорошей экологичностью. Они обладают лучшими эксплуатационными свойствами и большим сроком службы. Но синтетические масла более дорогостоящие, хуже сочетаются с резинотехническими изделиями, в них труднее растворяются некоторые присадки, а некоторые компоненты синтетических масел нестойки при попадании воды.

Полусинтетические моторные масла (а точнее, частично синтетические) изготавливают на основе высококачественных смесей минеральных базовых компонентов с синтетическими компонентами в пропорции 70-80% минерального и 30-20% синтетического масел. Полусинтетические масла значительно дешевле синтетических, но при этом сохраняют часть их преимуществ перед минеральными. В умеренно жёстких условиях эксплуатации применение полусинтетических масел бывает более целесообразным, т.к. их расход меньше, а срок службы больше, чем минеральных. Они имеют преимущество и при холодном пуске двигателя.

Вязкость моторных масел изменяется в зависимости от их температуры. Чем ниже температура, тем выше вязкость.

Всесезонное масло может использоваться в диапазоне температур от –35˚С (пуск холодного двигателя зимой) до 150-200˚С при работе двигателя летом при полной нагрузке и с соответствующим изменением вязкости масла. В настоящее время летние и зимние масла практически вытеснены всесезонными благодаря их универсальным свойствам, отсутствию необходимости замены масла при наступлении нового сезона.

*Трансмиссионные масла* – продукт прямой перегонки нефти содержат значительное количество природных поверхностно-активных смолистых веществ. Трансмиссионные масла применяются для смазывания сборочных единиц трансмиссии различных механизмов; коробок передач, гипоидных передач, рулевого управления, трущихся деталей задних мостов, раздаточных коробок, различных редукторов.

Условия, в которых работают трансмиссионные масла, значительно отличаются от условий работы моторных масел. Трансмиссионные масла: а) не соприкасаются с горячими поверхностями камер сгорания двигателя; б) не имеют контакта с продуктами сгорания топлива; в) подвергаются высокому контактному давлению; г) работают в условиях высоких скоростей скольжения сопряжённых поверхностей.

Основными функциями трансмиссионных масел являются следующие: а) уменьшение коэффициента трения; б) снижение износа; в) отвод теплоты от трущихся поверхностей; г) удаление продуктов износа и загрязнения; д) защита от коррозии; е) подавление вибрации и смягчение ударных нагрузок; ж) обеспечение прочного контакта соприкасающихся поверхностей.

Все механизмы трансмиссий в агрегатах, за редким исключением, находятся в масле, которое служит и как смазочный материал, и как гидравлическая среда, и как среда фрикционного сцепления.

Согласно ГОСТ 17479.2-85 обозначение трансмиссионных масел включает в себя буквы **ТМ** (трансмиссионное масло) и две цифры, из которых первая – группа масла, характеризующая эксплуатационные свойства, а вторая – класс вязкости масла. Например: **ТМ-2-9; ТМ-2-18; ТМ-3-9; ТМ-1** (для тракторов и сельскохозяйственных машин)

*Консистентные смазочные материалы*

Для смазки автомобилей наряду с жидкими маслами применяются пластичные смазки, находящиеся в пластическом мазеобразном состоянии. Применяются они в таких узлах автомобилей, где трудно создать герметичность для жидкого масла и трудно защитить поверхность деталей от проникновения влаги, пыли, грязи.

Консистентные смазки обладают более низкими смазочными качествами, чем жидкие масла, и поэтому применяются там, где относительно невелики потери на трение. В некоторых случаях пластичная смазка применяется только или главным образом для защиты от коррозии.

Требования к автомобильным пластичным смазкам вытекают из их назначения и сводятся к следующему:

а) разделять трущиеся детали прочной смазочной пленкой для уменьшения износов и потерь на трение;

б) удерживаться в узлах трения, не вытекая из них;

в) защищать трущиеся детали от попадания пыли, влаги и грязи;

г) не вызывать коррозионного износа деталей;

д) легко пропрессовываться (прокачиваться) по смазочным каналам, не требуя для этого слишком больших давлений;

е) не изменять длительное время своих свойств в процессе работы и хранения;

ж) быть экономичными и недефицитными.

Основой любой пластичной смазки является жидкое масло (75-90%).

По типу масла различают пластичные смазки:

1) на нефтяных маслах (полученных переработкой нефти);

2) на синтетических маслах (искусственно синтезированных);

3) на растительных маслах;

4) на смеси выше перечисленных масел (в основном нефтяных и синтетических).

Вторым непременным составным элементом смазки является загуститель. Добавление к жидкому минеральному маслу загустителя превращает его в пластическую смазку , т.е. густую малоподвижную мазеобразную массу. От вида загустителя зависят такие важные эксплутационные свойства пластических смазок, как температурная стойкость и влагостойкость.

По природе загустителя смазки бывают:

*мыльные* – в качестве загустителя применяют мыла (соли высших карбоновых кислот), на их долю приходится 80% ;

*углеводородные* – в качестве загустителя используются парафин, церезин, петролатум и др.;

*неорганические* – в качестве загустителя применяют силикагели, бетониты и др.;

*органические* – в качестве загустителя используются сажа, полимочевина, полимеры.

По области применения пластичные смазки делятся на:

*антифрикционные* – снижают силу трения и износ трущихся поверхностей;

*консервационные* – предотвращают коррозию металлических поверхностей механизмов при их хранении и эксплуатации;

*уплотнительные* – герметизируют и предотвращают износ резьбовых соединений и запорной арматуры (вентилей, задвижек, кранов);

*канатные* – предотвращают износ и коррозию стальных канатов.

В автомобилях наибольшее распространение получили антифрикционные смазки многоцелевые (**Литол-24, Фиол-2М, Зимол, Лита**) и антифрикционные смазки автомобильные (**ЛСЦ-15, Фиол-2У, ШРБ-4, ШРУС-4, КСБ, ДТ-1,№ 158, ЛЗ-31**)