**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Забайкальский аграрный институт-филиал ФГБОУ ВО**

**«Иркутский государственный аграрный университет**

**имени А.А. Ежевского»**

Технологический факультет

Кафедра землепользования и кадастров

**Методические указания по изучению дисциплины**

**Материаловедение**

**и выполнению самостоятельной работы**

направления подготовки

21.03.02 - «Землеустройство и кадастры»

Чита 2015

**УДК**

«Методические указания по изучению дисциплины Материаловедение и выполнению самостоятельной работы» для студентов направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» / Забайкальский аграрный институт – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»; сост. Ю.С. Шевченко. – Чита: ЗабАИ, 2015. – 33 с.

Составитель: к.т.н., доцент кафедры землепользования

 и кадастров Ю.С. Шевченко

Рецензенты: профессор кафедры землепользования

 и кадастров, д.б.н. Ральдин Б.Б.,

 доцент кафедры землепользования

 и кадастров Гайгул А.В.

Утверждено Методической комиссией технологического факультета ЗабАИ

 «13» ноября 2015 г., протокол №4

Рассмотрены основные сведения по материаловедению в приложении к изучению специальности «Землеустройство и кадастры»: металлические (металлы, сплавы) и неметаллические (композиционные, полимерные, древесные) материалы.

**© Ю.С. Шевченко, 2015**

**© ЗабАИ, 2015**

ВВЕДЕНИЕ

Материаловедение — дисциплина, которая дает необходимые знания о строении, свойствах и применении различных материалов в технике и промышленности, что позволяет сделать выбор соответствующих материалов для конретных изделий.

Для снижения материалоемкости, повышения качества, надеж­ности и экономичности изделий требуются новые материалы и высокоэффективные методы их обработки. Все конструкционные материалы можно подразделить на ме­таллические и неметаллические.

Металлические конструкционные материалы бывают на основе черных или цветных металлов: к черным металлам относят железо и сплавы на его основе - чугун и сталь, к цветным - медь, алюминий и др.

К неметаллическим конструкционным материалам относят пластмассы, резину, древесину, стекло и др.

Композиционные материалы применяют в авиа-, машино- и приборостроении, энергетике, в электронной, радиотехнической и электротехнической промышленности, на транспорте, в строи­тельстве и других отраслях хозяйства.

Производство машин не обходится без использования пластмасс и резины. Рассмотрены строение и свойства пластмасс, состав и классификация, приведены характеристики термопластичных, тер­мореактивных и слоистых пластмасс с примерами их применения.

Резина — важный конструкционный материал для производ­ства технических изделий. Перечислены основные направления применения резинотехнических изделий, приведены примеры применения.

Древесные материалы также широко используются в народном хозяйстве, в том числе и на объектах АПК.

Чтобы студенты могли самостоятельно работать над материа­лом, в пособии приведены вопросы и задания для самопроверки.

**МЕТАЛЛЫ**

**Строение и особенности металлов**

*Металлы* — это кристаллические тела, атомы которых располо­жены в геометрически правильном порядке и образуют кристал­лы. В аморфном веществе, например смоле, стекле, атомы распо­ложены беспорядочно. В металлах атомы образуют: в простран­стве — кристаллические решетки, в плоскости — атомную сетку (рис. 1).

Всего существует 14 типов кристаллических решеток, но основ­ными являются 3: объемно центрированная кубическая ОЦК (Сг, V, W, Мо, Nа, К, Nb и др.), гранецентрированная кубическая ГЦК (Аl, Ni, Сu, Рb, Аs, Аu, Рt и др.) и гексагональная плотноупакованная ГП (Мg, Ti, Zп, Ве, Сd и др.).

Кристаллическая решетка – это условное изображение строения металлов; реальный металл состоит из большого числа ячеек, а условных линий между атомами в действительности не существует; атомы колеблются возле условных точек с одинаковой амплитудой и со своего мес­та, т.е. узла, не уходят, так как обладают одинаковой средней энергией.

Практически все металлы имеют разного рода дефекты и определенные несовершенства кристаллического строения.

1. *Точечные несовершенства* — *вакансии* (свободные места в кристаллической решетке). Атомы, обладающие одинаковой (средней) энергией, соверша­ют колебательные движения возле узлов решетки. Но при определенных условиях (например, при высоких температурах) они могут уйти со своего места. Вот это освободившееся место называется вакансией.
2. *Дислокации –* сдвиги, смещения в кристаллической решетке, т.е. смещения атомов. Атомы, образующие дислокацию стремятся вернуться в исходное положение. И чем легче происходят данные смещения, тем ниже прочность металла.
3. *Поверхностные несовершенства* – *границы зерен металла*.

В кристаллической решетке расстояния между атомами в разных направлениях различны, вследствие чего свойства металлов в этих направлениях различны. Такое состояние называется *анизотропией* *свойств*.

Металлы получают из руды, которую плавят в домнах. В конце процесса происходит кристаллизация - образование кристаллов при переходе металлов из жидкого состояния в твердое. Основной формой кристаллов являются дендриты (древовидные кристаллы). Чем медленнее спадает температура, тем крупнее формирующиеся кристаллы. Кроме того, размер зерен зависит от посторонних примесей, которые тоже могут стать центрами образования кристаллов.

Некоторые металлы в твердом состоянии при разных температурах могут иметь различные кристаллическое строение и свойства (это, например, Fe, Mn, Ti, Ca, Se, Zr). Такое явление называется *полиморфизмом* или *аллотропией.*

Помимо физических и химических свойств, которые обусловли­вают поведение металлов в природе, выделяются механические и технологические. При сопротивлении металлов воздействию внешних сил проявляются механически­е свойства. А свойства, определяющие способ­ность металлов подвергаться различным способам технологической обра­ботки для получения изделия (ковка, сварка, литье и т.п.), называются технологическими.

Под внешним воздействием, особенно если оно превышает предел прочности, металлы деформируются, т.е. изменяют свою форму и свойства.

Деформацией называется изменение формы и размеров метал­ла под действием внешних сил. При этом различают упругую деформацию (исчезает после снятия нагрузки) и пластическую деформацию (сохраняется после снятия нагрузки).­

Физическая сущность деформации металла заключается в из­менении расстояний между атомами в кристаллической решетке. Если нагрузка не превышает предела упругости, то после ее сня­тия атомы возвращаются на прежние места и кристаллическая ре­шетка принимает первоначальный вид, в результате чего восста­навливаются форма и размеры упругодеформированного тела. Пластическая деформация происходит только под действием на­пряжений сдвига (скольжения) одной части кристалла относи­тельно другой в результате перемещения атомов по определенным плоскостям кристаллической решетки.

Очевидно, что чем больше в кристаллической решетке таких плоскостей и направлений, тем большей способностью к пласти­ческой деформации обладает металл. Наиболее пластичны метал­лы с кубической гранецентрированной решеткой ГЦК (алюми­ний, медь, никель, у-железо), а наименее пластичны металлы с гексагональной решеткой (магний, титан, цинк и др.).

**Сплавы**

Чистые металлы не обеспечивают требуемых механических и технологических свойств изделий, поэтому в технике применяют сплавы.

*Металлический сплав —* вещество, состоящее из двух или более компонентов, обладающее металлическими свойствами. *Компо­нентами* называют химические элементы или их соединения в со­ставе сплава. В качестве компонентов сплавов могут присутство­вать металлы (железо Fe), неметаллы (углерод C) или химические соединения (Fе3С).

Если элементы сплава в жидком состоянии растворимы друг в друге, то они образуют жидкий раствор, атомы элементов переме­шаны. В твердом сплаве компоненты могут образовывать: твердый раствор, механическую смесь или химическое соединение.

Твердый раствор образуется, когда один элемент растворяется в другом и при кристаллизации сохраняется однородность распре­деления атомов элементов сплава, из которых выстраивается одна кристаллическая решетка. Узлы такой кристаллической решетки заняты атомами элементов сплава.

Различают твердый раствор замещения (рис. 1, *а)* и твердый раствор внедрения (рис. 1, б).



Рис. 1 – Расположение атомов в твердых растворах: а – замещение, б – внедрение.

Механическая смесь получается, когда элементы сплава не ра­створяются в твердом состоянии друг в друге и не вступают в хи­мическое взаимодействие. Атомы элементов сплава создают от­дельные кристаллические решетки, каждый элемент кристаллизу­ется самостоятельно.

Химическое соединение компонентов происходит тогда, когда элементы вступают в химическое взаимодействие между собой, образуется решетка, отличающаяся от решеток отдельных элемен­тов сплава.

Любой сплав образует фазы, которые характеризуют его состо­яние.

*Фаза —* это однородная часть системы (сплава), имеющая опре­деленный состав, свойства, отделенная от других частей поверхно­стью раздела. *Система* — это совокупность фаз, находящихся в равновесии при определенных внешних условиях (давлении и температуре).

Сплавы могут быть одно-, двух- и многофазными.

Железоуглеродистые сплавы.

Наиболее распространены так называемые *железоуглеродистые сплавы* – стали и чугуны, основными компонентами которых являются железо и углерод. Данные компоненты образуют твердые растворы и химические соединения.

Помимо указанных форм в сплавах происходит образование механических смесей (например, феррита – твердого раствора углерода и других элементов в железе и цементита – карбида железа).

Углеродистые сплавы (стали)

В химический состав углеродистой стали входят железо Fе, уг­лерод С, марганец Мn, кремнийSi, сераS и фосфор Р, а также газы: кислород, водород, азот. Углеродистые стали обладают высокой пластичнос­тью, хорошо деформируются. Они выплавляют в мартеновских печах, конвертерах, электрических печах (90 % уг­леродистой стали, 10% легированной). Лучшими свойствами об­ладает электросталь (меньше вредных примесей S и Р, неметалли­ческих включений и газов). Ее применяют для изготовления наи­более ответственных деталей.

С увеличением концентрации углерода в структуре стали воз­растает содержание цементита (карбида железа Fe3C). При этом увеличиваются ее твердость, проч­ность, уменьшаются вязкость и пластичность, ухудшаются сваривае­мость стали и способность деформироваться в горячем и особенно в холодном состоянии.

Хорошо обрабатываются резанием среднеуглеродистые стали (содержание С 0,3...0,4 %). Низкоуглеродистые при механичес­кой обработке дают плохую поверхность. Высокоуглеродистые стали имеют повышенную твердость и снижают стойкость инст­румента.

Полезные примеси — крем­ний и марганец — всегда при­сутствуют в стали, растворяют­ся в феррите, упрочняя его. Марганец увеличивает прока- ливаемость стали, уменьшает влияние серы. Кремний и мар­ганец применяют для раскис­ления стали. В углеродистой стали содержится до 0,8 % Мп и до 0,4 %Si.

Постоянные примеси – сера и фосфор, источником которых в стали является чугун, из которого производят сталь в металлургических пе­чах.

Сера и фосфор — вредные примеси. Сера понижает пластич­ность, вязкость, придает стали *красноломкость* при прокатке и ковке. Фосфор при концентрации до 1,2% растворяется в феррите. Располагаясь вблизи границ зерен, увеличивает их хрупкость при низких темпе­ратурах. Это явление называется *хладноломкостью.*

Газы, присутствующие в стали, образуют химические соедине­ния, в свободном состоянии находятся в порах или в виде твердых растворов — в феррите. Кислород и азот дают хрупкие неметалли­ческие включения, снижают вязкость и пластичность стали. Водо­род находится в твердом растворе и значительно увеличивает хрупкость стали, способствует образованию внутренних трещин в хромистых и хромоникелевых сталях (флокены).

Углеродистые стали различают по структуре, способу производства (мартеновские, конвертерные, электростали), качеству (качественные и высококачественные в зависимости от содержания серы и фосфора) и применению (конструкционные мягкой и средней твердости и инструментальные с высокой твердостью).

Чугуны

Чугун — сплав железа с углеродом, в котором содержание угле­рода превышает 2,14 %. Имеет низкую пластичность, хо­рошие литейные свойства и более низкую стоимость. Выплавляют чугун в доменных печах, в которых получают пе­редельные (белые), специальные (ферросплавы) и литейные (се­рые) чугуны. Литейные чугуны переплавляют в вагранках или электропечах.

В химический состав чугуна входят Fе, С, Si, Мn, S, Р. В зави­симости от формы выделения углерода различают чу­гуны: белый, половинчатый, серый, с отбеленной поверхностью, высокопрочный, ковкий (в последних трех чугунах свойства зависят еще и от формы свободного углерода – графита).

Микроструктура чугуна состоит из металлической (стальной) основы и включений графита. От них же зависят и свойства чугуна.

Цветные металлы и сплавы

Цветные металлы и сплавы дороже черных, но обладают рядом ценных свойств и широко применяются в техни­ке и промышленности. В зависимости от свойств они подразделяются на тяжелые (Сu, Ni, РЬ,Zn*,* Sn), легкие (А1, Мg, Са, Ве, Ti, Ва и др.), благородные (Аu, Аg, Рt, Оs, Ru, Pd, Rh) и редкие. Последние, в свою очередь, — на тугоплавкие (W, Мо, V, Та, Nb, Zг), редкоземельные (Sс, Y,La*,* Се, Рг, Nd и др.), рассеян­ные (Gе, Re, Sе и др.) и радиоактивные (U, Rа, Тh, Ра).

Некоторые металлы иногда встречаются в виде самородков (зо­лото, платина, свинец, медь), но в основном их добывают из недр земли в виде минералов. Первое место по содержанию в земной коре занимает алюминий (7,45 %), затем идут железо (4,2 %), оло­во (0,08 %), медь (0,01 %), золото (несколько миллиардных долей процента). Алюминий, магний, свинец и другие металлы получа­ют не только из руд, но и из вторичного сырья (стружка, обрезки, опилки, лом и т. д.).

Из сплавов цветных металлов наибольшее распространение в промышленности получили конструкционные сплавы на основе меди, титана, алюминия и магния.

Медь — металл красного цвета, плотность 8,9 г/см3, температу­ра плавления 1083 °С, кристаллическая решетка кубическая гране- центрированная, не имеет полиморфных превращений. Твердость меди (НВЗ,5) почти в 2 раза меньше, чем железа. Она обладает высокими электропроводностью (на втором месте после серебра), теплопроводностью, пластичностью, коррозионной стойкостью в пресной и морской воде. Предел прочности чистой меди невысок (150...250 МПа), поэтому как конструкционный материал ее не применяют. Половину производимой чистой меди использу­ют в электро- и радиотехнике в качестве токопроводящего мате­риала. Из нее изготовляют провода, контакты и др. Для повыше­ния прочности медных проводов, например трамвайных или троллейбусных, их дополнительно легируют кадмием (пример­но 1 %). При этом электропроводность меди уменьшается на 10 %, зато прочность увеличивается в 2 раза. Высокая теплопро­водность меди обеспечила ее применение в нагревателях и хо­лодильниках.

Медь хорошо деформируется, сваривается и паяется, но плохо обрабатывается резанием.

По применению в промышленности сплавы меди занимают одно из первых мест. Они устойчивы против коррозии, обладают хорошими антифрикционными, механическими и технологичес­кими свойствами. Медь и ее сплавы традиционно используют в технике при низких температурах.

По химическому составу сплавы меди подразделяют на латуни и бронзы, по способу обработки — на литейные и деформируе­мые.

*Латунь –* это сплав меди с цинком*.*

По химическому составу латуни подразделяют на простые и сложные, в которых кроме меди и цинка присутствуют добавки марганца, никеля, железа, олова, кремния и др. Количество леги­рующих элементов не превышает 7...8 %. Латуни прочнее и тверже чистой меди, устойчивее против корро­зии, обладают лучшими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением. Кроме того, латуни дешевле меди.

Литейные латуни применяют в судостроении, для изготовления арматуры и деталей, гаек, нажимных болтов, втулок, червячных винтов, вкладышей подшипников и т.д. Из деформируемых латуней изготовляют трубы, прутки, поло­сы, проволоку, уплотни тельные кольца, радиаторные и конденса­торные трубки, шайбы трубопроводов, краны, ленты, гильзы пат­ронов, трубки теплообменников. Латуни с содержанием меди бо­лее 90 % (Л90, Л96) золотистого цвета применяют для ювелирных и декоративных изделий. Их называют томпаками. Латуни, леги­рованные оловом (Л070-1, Л062-1), называемые морскими, обла­дают высокой коррозионной стойкостью. Латунь марки ЛС59-1 — автоматная, предназначена для обработки на станках-автоматах. Латунь ЛА85-0Д отличающаяся высокой коррозионной стойкос­тью, служит заменителем золота при изготовлении знаков отли­чия, фурнитуры и украшений. Из латуни Л85 изготовляют гибкие шланги, детали холодильного оборудования, конденсаторные трубки. Латунь Л80 идет на изготовление проволочных сеток в целлюлозно-бумажной и строительной промышленности. Латунь Л70 применяют в химической аппаратуре.

БРОНЗЫ

Сплавы меди с Sn, А1, РЬ, Ве, Si, Сг, Р, Zn и другими химичес­кими элементами, в которых цинк не является основным легиру­ющим компонентом, называют *бронзами.*

По химическому составу бронзы подразделяют на оловянные и специальные**.** Оловянные бронзы содержат олова не более 10... 12 %, но из-за высокой стоимости применяют их редко. Они обладают антифрикционными свойствами, хорошо обрабатываются резанием, имеют отличные литейные свойства.

В состав специальных бронз вводят легирующие элементы, усиливающие некоторые ценные свойства меди. Алюминиевые бронзы обладают наибольшей пластичностью и высокой прочностью (БрАЖ9-4), из них изготовляют различные втулки, фланцы, шестерни и другие ответственные детали. Более дешевые кремнистые бронзы (БрКМцЗ-1) отличаются повышенной стойкостью против коррозии в щелочных средах и превосходят оловянные по прочности, твердости и износостойко­сти. Из таких бронз изготовляют детали, работающие в агрессивных средах и при температуре до 500 °С. Высокие прочность и упругость бериллиевых бронз сочетаются с хорошей электропроводностью, поэтому их применяют в прибо­ростроении для изготовления пружин, мембран, сильфонов, кон­тактов и т.п. Жаропрочную марганцевую бронзу (0рМц5) используют для изделий, работающих при повышенных температурах, а свин­цовую (БрСЗО), обладающую высокими антифрикционными свойствами и теплопроводностью - для ответственных тяжелонагруженных подшипников, работающих при больших ско­ростях.

МЕДНО-НИКЕЛЕВЫЕ СПЛАВЫ

В промышленности широкое распространение находят также медно-никелевые сплавы: мельхиор, константан, монель-металл, манганин и др.

Мельхиор — сплав Си с № (18...20 %) — белого цвета, обладает высокой коррозионной стойкостью, идет на изготовление деталей в точной механике, химической промышленности и т.д.

**Константан** — сплав Си с № (39...41 %), обладает высоким элек­тросопротивлением, в виде проволоки и лент его используют в ре­остатах, электроизмерительных приборах, термопарах и т. д.

**Монель-металл** — сплав № с Си (28 %), Ре (2,5 %) и Мп (1,5 %), отличается высокой коррозионной стойкостью в агрессивных сре­дах; его широко применяют в судостроении, электротехнике, хи­мической и других отраслях промышленности, а также для изго­товления монет, хирургических инструментов.

Сплав **манганин** (МНМцЗ-12) применяют в приборах электро­сопротивления, в которых рабочая температура достигает 100 "С, в точных электроизмерительных приборах.

Из сплава **нейзильбер** (МНЦ15-20) изготовляют детали точной механики, телефонов.

Сплавы мельхиор и нейзильбер применяют также для изготов­ления ювелирных украшений.

АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Алюминий — серебристо-белый легкий металл плотностью 2,7 г/см3, отличается достаточной химической стойкостью, низкой прочностью и твердостью, высокой пластичностью, легко прокатывается в листы. Для алюминия и его сплавов характерны высокие электро- и теплопроводность.

На воздухе алюминий быстро образует тонкую прочную пленку окиси, которая защищает его от дальнейшей коррозии. Алюми­ний — самый распространенный и поэтому один из наиболее дос­тупных и относительно дешевых металлов. Промышленный алю­миний подразделяют на алюминий особой чистоты (А999), высо­кой чистоты (А995, А99, А97, А95) и технической чистоты (А85, А8, А7, А6, А5, АО). Последний получают электролизом. Для про­изводства алюминия более высоких марок требуется его дополни­тельное рафинирование.

Технический алюминий применяют в электротехнике в качестве проводникового ма­териала. Высокая коррозионная стойкость обусловила примене­ние алюминия для бытовой посуды, упаковки, транспортировки и хранения молочных продуктов, пива, конфет и др. Все шире ис­пользуют алюминий для производства консервных банок, они де­шевле и легче жестяных на основе олова. Тончайший слой алюми­ния, нанесенный на ткань, задерживает тепловые лучи, пропуская лишь световые. Из такой ткани изготовляют палатки, защитные костюмы и комбинезоны.

В качестве конструкционных материалов широко применяют сплавы на основе алюминия, которые по способу получения заго­товок и изделий подразделяют на деформируемые и литейные.

Деформируемые алюминиевые сплавы применяют для изготовления заготовок (полуфабрикатов) и изделий путем горячей и холодной пластической' деформации (прокатка, волочение, ковка, штамповка и т. д.). По способности упрочняться при термической обработке их разделяют на упрочняемые и неупрочняемые.

Неупрочняемые сплавы обладают низкой прочностью, но высокой пластичностью, хорошо свариваются, стойки против коррозии. Поэтому их применяют для слабонагруженных деталей, по­лучаемых холодной штамповкой, вытяжкой, сваркой. Упрочнение их происходит при холодной деформации в результате наклепа.

К неупрочняемым термической обработкой сплавам относят сплавы на основе А1 и Мn (АМц) и сплавы на основе А1 и Мg (АМг).

Упрочняемые сплавы – это дюралюмины - сплавы на основе А1-Сu-Мg-Мn. Медь и магний вводят для упрочнения, марганец — для повышения коррозионной стой­кости. Дюралюмины обозначают буквой Д и цифрами, означаю­щими условный номер сплава (Д1, Д18, Д16). К достоинствам дюралюминия относится его прочность, поэтому он находит широкое применение в самолетостроении; его применяют также в пищевой и холодильной промышленности для изготовления емкостей, ар­матуры, трубопроводов и т. п. Дюралюминий обладает, низкой коррозионной стойкостью, поэтому листы дюралюминия плаки­руют/

Сплав авиаль (АВ) уступает дюралюминам по прочности, но более пластичен в холодном и горячем состояниях, хорошо свари­вается и устойчив против коррозии. Используют авиаль для лег­ких конструкций, требующих гибких деформаций при монтаже.

Широкое применение находят коррозионно-стойкие алюми­ниевые (АД31, АДЗЗ) и жаропрочные (АК4, АК4-1) сплавы. Дета­ли сложной формы изготовляют ковкой и штамповкой из ковоч­ных сплавов повышенной пластичности (АК6, АК8).

ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Сплавы литейные алюминиевые обозначают буквами АЛ, пос­ле которых указывают номер сплава. По составу их подразделяют на пять групп: силумины (сплавы на основе Al и Si, облада­ют лучшими литейными свойствами; сплавы на основе А1 и Мg, они в 3 раза легче стали; сплавы на основе Al, Si и Сu (АЛЗ, АЛ5, АЛ6 и др.); сплавы на основе А1 и Сu (АЛ7, АЛ 19, они дороги, так как содержат много меди); сплавы на основе А1 и других компонентов.

Все алюминиевые литейные сплавы подвергают термической обработке — отжигу, закалке и старению.

МАГНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Магний — легкий металл серебристо-белого цвета. Плотность его на 30% меньше, чем алюминия, а прочность почти в 2 раза выше.

В машиностроении в основном применяют сплавы магния с А1, Мn, Zn, Zг, Nb, плотность которых невелика по сравнению с алю­миниевыми (1,7...1,8 г/см3). По способу обработки различают ли­тейные и деформируемые сплавы магния.

Литейные магниевые сплавы обозначают буквами МЛ, а де­формируемые — МА.

Для магниевых сплавов характерны низкие прочность и плас­тичность, поэтому они пригодны для малонагруженных деталей. Некоторые марки сплавов магния упрочняют термообработкой — закалкой и старением.

Сплавы магния применяют в авиа- и ракетостроении, транс­портном машиностроении, приборостроении.

ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

Титан по внешнему виду похож на сталь. Он почти вдвое легче желе­за и отличается высокой химической стойкостью.

В промышленности применяют технический титан двух марок: ВТ1-00 и ВТ1-0, в состав которых входят примеси С, О2, Н2, N2, Fе и Si.

Титан почти всегда легируют алюминием, который повышает его прочность и жаропрочность. Кроме алюминия в качестве ле­гирующих элементов в сплавах титана присутствуют Сг, Мп, Мо и др. Все сплавы титана высокопластичны, хорошо обрабатываются давлением, но плохо — резанием, имеют высокий коэффициент трения.

Сплавы титана обозначают буквами ВТ или ОТ, после которых ставят условный номер сплава по ГОСТу.

Вредная примесь сплавов титана - водород, вызывающий охрупчивание. Для увеличения износостойкости изделий из титановых сплавов производят их азотирование при 850...950°С в течение 10...50 ч. Сочетание высокой прочности с химической стойкостью при нормальной и повышенной температурах делает титан и его сплавы незаменимыми в современной авиационной и ракетной технике. О титановых сплавах говорят: легкие, как алюминий, и прочные, как сталь.

Из сплавов титана делают медицинский инструмент, внутрен­ние протезы.

**АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Антифрикционные материалы – это материалы обладающие низким коэффициентом трения, высокими износо- и коррозионостойкостью, достаточной прочностью, высо­кой теплопроводностью.

Антифрикционные свойства, например, вкладышей, используемых в двигателях автомобилей, обусловлены их струк­турой, которая состоит из мягкой пластичной основы и включе­ний твердых частиц. При вращении в подшипниках вал опирается на эти твердые частицы, а мягкая основа вкладыша поверхности соприкосновения с валом изнашивается, в результате чего образу­ется сеть микроканалов, в которых удерживается смазка. При этом износ вала уменьшается, работа трущегося узла (вкла­дыш - вал) облегчается, т.е. снижается коэффициент трения.

Различают металлические, неме­таллические (полимерные, древес­ные, графитовые и др.) и комбини­рованные (металлополимерные, графитометаллические и др.) анти­фрикционные материалы.

**Металлические антифрикционные материалы** — сплавы на основе свин­ца и олова (баббиты), медные (брон­зы и латуни), алюминиевые и цин­ковые, антифрикционные чугуны и порошковые материалы.

Специальные подшипниковые сплавы — баббиты (ГОСТ 1320—74) характеризуются низкой твердостью (НВ 130...320), невысокой температурой плавления (240...320 °С), хорошими антифрикцион­ными свойствами. Марки баббитов обозначают буквой Б, справа от которой ставят цифру, отражающую содержание олова, или букву, характеризующую элемент, входящий в состав сплава. На­пример, марки Б83, Б16 означают, что в эти баббиты входит соот­ветственно 83 и 16 % 8п; БН — сплав содержит №.

Лучшими антифрикционными и механическими свойствами обладают оловянистые баббиты, их применяют для вкладышей подшипников тяжелонагруженных машин, например турбин, ди­зелей и др. Для более легких условий работы применяют баббиты, у которых значительная часть олова заменена свинцом.

Для подшипников железнодорожного транспорта применяют баббиты, состоящие почти из одного свинца (БКА, БК2), их уп­рочняют натрием (Н), кальцием (К) и алюминием (А).

Сплавы меди, используемые для вкладышей подшипников, — это бронзы (оловянистые, свинцовые) и латуни (кремнистые, марганцовистые, алюминиевые и др.). Бронзы с повышенным содержанием свинца без олова (БрСЗО) или с оловом (БрОС5-25) применяют для вкладышей подшипников мощных двигателей (авиационные, дизельные и др.). В тяжелонагруженных трущих­ся деталях дорожных машин, станочного оборудования применя­ют вкладыши подшипников из высокопрочных алюминиевых бронз.

Алюминиевые антифрикционные сплавы обладают высокой теплопроводностью, твердость их выше, чем баббитов. К ним от­носятся сплавы АН-2,5 (2,7...3,3 % №), АС (0.3...0.7 % М§, 3,5... 6,5 % 5Ь).

Сплавы на основе цинка содержат 9...12% А1, 1...5,5% Си, 0,03...0,06% М§, остальное 2п (ЦАМ10-5; ЦАМ9-1,5), обладают низкой температурой плавления (= 400 °С), при нагреве размяг­чаются, поэтому хорошо прирабатываются. По этой причине подшипники из цинковых сплавов меньше изнашиваются. Под­шипники и другие детали из цинковых сплавов получают лить­ем, а также прокаткой и прессованием. После горячей обработки давлением прочность и пластичность цинковых сплавов повы­шаются.

Антифрикционные чугуны получают из серого (АЧС), высоко­прочного (АЧВ) и ковкого (АЧК) чугунов, которые легируют Сг, Сu, Ni, Ti. Антифрикционные чугуны предназначены для легких условий работы.

**Неметаллические антифрикционные материалы –** это материалы на основе древе­сины, резины и фторопластовых тканей. К ним относится древеси­на твердых пород (бука, бакаута, самшита), содержащая смолис­тые, обладающие смазочным действием вещества. Менее ценные породы древесины уплотняют, пропитывают смазочными матери­алами, полимерами. При смазке водой в качестве антифрикцион­ного материала применяют резину различного состава.

Расширяется применение тканевых антифрикционных матери­алов, состоящих из волокон фторопласта-4 («полифена»), соткан­ных вместе с волокнами из других материалов (полимеров, метал­лов и др.).

Углеграфитовые антифрикционные материалы вырабатывают из нефтяного кокса с добавками природного графита. Получае­мый материал пористый, поры заполняют металлами или полиме­рами, что повышает его плотность и прочность. Эти материалы применяют при изготовлении поршневых колец компрессоров для сжатия газов и холодильных агрегатов, подшипников сколь­жения.

Подшипники скольжения, уплотнения, подпятники изготовля­ют из антифрикционных порошковых материалов, которые полу­чают методами порошковой металлургии, т. е. прессованием или прокаткой порошков на железной и медной основе с последую­щим спеканием. Таким способом получают пористые антифрик­ционные детали, которые перед установкой пропитывают маслом или вводят в них порошок графита в качестве твердой смазки. Масло или графит заполняют поры, обеспечивая низкие износ и коэффициент трения. Антифрикционные порошковые материалы обладают высокой износостойкостью, хорошо прирабатываются, выдерживают значительные нагрузки. Для пористых подшипни­ков характерна самосмазываемость, когда в процессе их работы масло нагревается и вытесняется из пор с образованием смазочной пленки на рабочей поверхности. При остановке и охлаждении подшипник всасывает масло обратно. Этот эффект наблюдается в течение 3000...5000 ч работы.

Среди антифрикционных порошковых материа­лов, используемых для изготовления подшипников, работа­ющих в разных условиях, выделяют разновидности в зависимости от добавок (графита, молибдена, суль­фидов, серы и др). Кроме того, имеются железографитовые, металлографитовые с добавками стеклопорошка, сульфидированные и сульфоборированные, металлопластмассовые, металлофторопластовые антифрикционные порошко­вые материалы, используемые каждый по своему предназначению в зависимости от свойств.

*Вопросы и задания для самопроверки*

* 1. Какие сплавы называют латунями?
	2. Как маркируют латуни и бронзы по ГОСТу?
	3. Как влияет олово на свойства оловянной бронзы?
	4. Расшифруйте марку бронзы БрКМцЗ-1. Укажите ее свойства и область при­менения.
	5. Какими свойствами обладает бериллиевая бронза?
	6. Какими свойствами обладают алюминиевые сплавы типа АМц и АМг?
	7. Как маркируют дюралюмины?
	8. Какой термической обработке подвергают алюминиевые сплавы?
	9. Какие сплавы называют силуминами? Назовите область их применения.
	10. Перечислите основные свойства титановых сплавов.
	11. Как маркируют баббиты?
	12. Сравните свойства баббитов и бронз как антифрикционных материалов.
	13. Расшифруйте марки Л90, ЛЦ40МцЗ, БрАЖ9-4 и БрА11Ж6Н7. Укажите на­звания сплавов по способу обработки.

**ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Для технологического процесса производства изделий (порошковая металлургия) порошки изготовляют физико-механическими (дробление, размол стружки, распыление жидкого металла сжатым воздухом, грануляция металла в жидкость и др.) или химико-металлургическими (восстановление металлов из оксидов, электролитичес­кое осаждение металлов из водных растворов их солей и др.) спо­собами. Данный процесс состоит из получения порошков, их подготовки, формования изделий, спекания и дополнительной обработки. Подготовка включает отжиг (для по­вышения пластичности порошков), разделение по величине час­тиц и смешивание. Формование заключается в придании (прессованием) заготовкам из порошка форм, размеров, плотности и механической прочности, необходи­мых для последующего получения изделий. При спекании в нагревательных печах в за­щитной атмосфере или в вакууме, чтобы частицы порошка не окислялись, непрочные прессованные заготовки превраща­ются в прочное спеченное тело, которое по своим свойствам сходно с беспористыми компактными материалами.

Для придания высоких механических и техно­логических свойств, повышения точности размеров изделия до­полнительно подвергают горячему прессованию, штамповке, про­катке, а для пористых материалов предусматривают также термичес­кую и химико-термическую обработку: закалку, цементацию, нитроцементацию, азотирование для повышения твердости, из­носостойкости, прочности и коррозионной стойкости поверх­ностного слоя. Иногда применяют сульфидирование и оксиди­рование.

Методами порошковой металлургии изготовляют конструкци­онные, антифрикционные, фрикционные, фильтрующие матери­алы, твердые сплавы и другие материалы.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Конструкционные детали — наиболее распространенный вид продукции порошковой металлургии. Стоимость и трудоем­кость их минимальны, отходы производства почти полностью отсутствуют. Различают конструкционные порошковые матери­алы общего назначения, заменяющие обычные углеродистые и легированные стали, чугуны и цветные металлы, и материалы, обладающие специальными свойствами, — высокими износо­стойкостью, твердостью, жаропрочностью, коррозионной стой­костью, магнитными и электрическими характеристиками. В зависимости от условий нагружения статическими и динами­ческими нагрузками детали подразделяют на мало-, средне- и тяжелонагруженные, а в зависимости от пористости — на четы­ре группы по плотности.

Для обозначения порошковых конструкционных материалов принята буквенно-цифровая маркировка. Материалы на основе порошков железа, графита, хрома и т. д. обозначают так: Ж — же­лезо, Гр — графит, Д — медь, Н — никель, О — олово, М — молиб­ден. Цифры, стоящие после букв, показывают содержание эле­ментов в процентах, а в конце марки, после дефиса — плотность материала (г/см3). Например, ЖГрО,5-7,3; ЖГр1Д2,5МЗ-7,6; ЖГрО,4Д4НЗ-7,3.

Детали из порошковых материалов применяют для изготовле­ния крышек, шайб, колец, втулок, кулачков, рычагов, поршневых колец, фланцев, подшипников, деталей насосов, пишущих и счет­ных машинок и др.

Конструкционные материалы на основе цветных металлов и сплавов изготовляют из порошков алюминия, магния, бериллия, меди, никеля, бронзы, латуни, титана, хрома и др.

ФРИКЦИОННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Фрикционные материалы предназначены для работы в тормоз­ных и передаточных узлах автомобилей, гусеничных машин, до­рожных и строительных механизмов, самолетов, станков, прессов и т. п. Фрикционные элементы изготовляют в виде дисков, сек­торных накладок и колодок разной формы.

Различают неметаллические и металлические фрикционные материалы. К первым относятся асбофрикционные материалы на основе асбеста, каучука и смол. Металлические порошковые фрикционные материалы получают на основе меди и железа. Ма­териалы на основе меди — оловянистые и алюминиевые бронзы, содержащие свинец, графит, железо. Порошковые материалы на основе железа содержат добавки меди, графита, кремния оксида, асбест, сернокислый барий ВаС03.

Порошковые фрикционные материалы в тормозных передаточ­ных устройствах обеспечивают долговечность, надежность и эф­фективность фрикционных узлов машин и механизмов и позволя­ют создавать новые конструкции фрикционных узлов с более вы­соким коэффициентом трения, повышенными износо- и термо­стойкостью.

ПОРИСТЫЕ ФИЛЬТРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Обычно в качестве фильтрующих элементов применяют ткани, войлок, керамику, фарфор, а также сетчатые фильтры. К их недо­статкам относятся низкие коррозионная стойкость, термостой­кость и жаропрочность, невысокая механическая прочность.

Порошковые металлические материалы выдерживают резкие колебания температур, легко обрабатываются, свариваются и пая­ются, обеспечивают достаточную коррозионную стойкость, жаро­стойкость, теплопроводность. Благодаря высокой пористости они обладают хорошей проницаемостью для жидкостей и газов при достаточно тонкой фильтрации (размер частиц до 30 мкм).

Фильтры небольших размеров изготовляют спеканием свобод­но засыпанного порошка. Крупные фильтры получают холодным прессованием и последующим спеканием. Для производства тон­ких пористых лент применяют прокатку.

Пористые фильтры изготовляют из порошков различных ме­таллов и сплавов: углеродистых и коррозионно-стойких сталей, сплавов никеля с хромом и молибденом, меди, титана, алюминия, вольфрама, молибдена и др. В технике наибольшее применение находят фильтры из коррозионно-стойкой стали, бронзы, сплавов никеля и титана.

Фильтры из порошков коррозионно-стойких сталей применя­ют для защиты воздуха от попадания пыли, водяного и масляного тумана, очистки различных жидкостей и газов, для перегородок, отделяющих газы от жидкостей.

Фильтры из порошков бронзы применяют для защиты топлив­ных насосов, форсунок и других устройств от попадания в них заг­рязнений из гидросистемы и трубопроводов, для очистки жидко­стей и газов, а также дизельного топлива в качестве влагомаслоот- делителей.

Фильтры из порошка титана применяют для очистки агрессив­ных водных растворов кислот и растворов в химико-фармацевти­ческой промышленности, а также в медицине и авиационной тех­нике.

Порошковые твердые сплавы были рассмотрены в главе 8.

*Вопросы для самопроверки*

1. Из каких этапов состоит технология получения порошковых материалов?
2. Как классифицируют порошковые материалы по назначению?
3. В чем заключаются преимущества порошковых конструкционных материа­лов по сравнению с обычными?
4. Как подразделяют фрикционные порошковые материалы в зависимости от металлической основы? I
5. Чем пористые фильтры лучше обычных?

**КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Композиционные (КМ) или компо­зиты надежно работа­ют в сложной комбинации силовых и температурных полей, под действием агрессивных сред, излучений, глубокого вакуума и высоких давлений. Они состоят из значительно различающихся по свой­ствам, взаимно нерастворимых компонентов. Композиционные материалы позволяют создавать элементы конструкции с заранее заданными или совершенно новыми свойствами.

Композиты состоят из матричного пластичного материала и упрочняющего наполнителя. Матрица связывает композицию и придает ей нужную форму. В зависимости от материала матрицы различают металлические композиционные материалы (МКМ), полимерные композицион­ные материалы (ПКМ) и керамические композиционные матери­алы (ККМ).

Упрочняющий наполнитель — твердое прочное вещество. По типу наполнителя композиты подразделяют на дисперсно-упроч­ненные, волокнистые и слоистые (рис.).



Рис. 45. Схемы строения композиционных материалов:

*а* — дисперсно-упрочненные; *6—* волокнистые; *в* — слоистые.

В дисперсно-упрочненных материалах матрица — основной не­сущий элемент. Чем мельче частицы наполнителя и меньше рас­стояния между ними, тем прочнее композиционный материал. В качестве примера можно привести равномерно распределенные тугоплавкие частицы карбидов, оксидов, нитридов и др., которые не взаимодействуют с матрицей и не растворяются в ней.

Арматурой в армированных композиционных материалах могут служить волокна различной формы (нити, ленты, сетки). Проч­ность таких композитов зависит от прочности армирующих воло­кон.

Слоистые композиционные материалы набирают из чередую­щихся слоев волокон и листов матричного материала. Слои воло­кон могут быть различно ориентированы.

ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ДКМ)

Наибольшее распространение получил материал типа САП (спеченная алюминиевая пудра). Сплавы типа САП применяют в авиастроении для изготовле­ния деталей с высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью, работающих при температурах до 300...500 °С (штоки поршней, лопатки компрессоров, оболочки тепловыделяющих элементов и трубы теплообменников).

В авиации, ракет­ной и ядерной технике в качестве конструкционного материала деталей несущих и корпусных изделий минимальной массы и по­вышенной прочности применяют дисперсно-упрочненные композиционные материалы на осно­ве бериллия (ВеО) и магния (Мg0).

Имеется ряд ДКМ на основе других элементов: ДКМ на основе N1 используют для работы при температурах выше 1000 "С, (лопатки газовых турбин, камер сгорания, трубопроводов и сосудов, работающих при температурах в агрессивных средах); ДКМ на основе Со - исполь­зуют при температуре 1100°С; ДКМ на основе С - для сопел плазмо­тронов.

ВОЛОКНИСТЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ВКМ)

Волокнистые материалы изготовляют путем укладывания воло­кон в матрицу (лист или фольга), спекания и прессования, про­катки или сварки взрывом. Используют металлические волокна в виде проволоки из бе­риллия, вольфрама, молибдена, стали, титановых сплавов, а также неметаллические — борные, углеродные, из карбида кремния, алюминия оксида, циркония оксида, нитевидные кристаллы кар­бида и нитрида кремния, алюминия оксида и нитрида и др.

Наиболее широкое распространение в качестве матричного композиционного материала получил алюминий. Например, из алюминиевых листов, армированных стальной и бериллиевой проволокой, которая обладает высокой прочностью и сравнитель­но недорога, изготовляют корпусные детали ракет и топливные баки.

Композит алюминий**-**волокна бора применяют в самолето­строении для изготовления обшивки крыльев, рулей, элементов хвостового оперения, лонжеронов. Композит алюминий—углерод применяют в конструкциях топ­ливных баков современных истребителей.

В конструкциях летательных аппаратов все чаще применяют полимерные композиционные материалы, которые позволяют значительно снизить массу, повысить прочность, жесткость и теп­лостойкость конструкции. Наиболее перспективен ВКМ на основе углеродных волокон, т. е. углепластик.

*Вопросы и задания для самопроверки*

1. Перечислите области применения композитов.
2. Расскажите о строении композитов.
3. Какая матрица у композитов типа МКМ и ПКМ?
4. Какой материал обозначают буквами САП?
5. Каким методом получают волокнистые металлические композиты?

**НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

ПЛАСТМАССЫ

Пластмассами (пластическими массами) называют неметаллические материалы на основе природных и синтетических полимеров, которые пере­рабатывают в изделия методами пластической деформации. Полимеры — высокомолекулярные органические соединения, образовавшиеся в результате взаимодействия большого числа низ­комолекулярных соединений. Молекулы полимеров состоят из многочисленных элементарных звеньев, имеющих одинаковое строение и многократно повторяющихся. Структура молекул может быть линейной, разветвленной и пространственной (рис.).

Часто макромолекулы представляют собой сочетание двух или трех раз­личных типов структур. Полимеры, состоящие из таких молекул, называют сополимерами.

Пластмассы не подвержены коррозии, многие стойки к агрес­сивным средам, обладают электроизоляционными (в качестве ди­электриков их применяют в устройствах радиосвязи, телевиде­ния), антифрикционными (например, текстолит заменяет бронзу и баббит в подшипниках), фрикционными (порошковые компо­зиционные материалы на основе асбеста, каучука и смол) свой­ствами, достаточно высокой пластичностью, что позволяет изго­товлять из них изделия различной формы.

Некоторые пластмассы прозрачны, бесцветны, пропускают лучи света (применяют для водомерных стекол, арматуры масля­ных и охлаждающих систем, линз смотровых отверстий и т. д.) и весьма прочны.

К недостаткам пластмасс относятся: низкие теплостойкость, теплопроводность (в 500...600 раз ниже, чем металлов; работают в основном в диапазоне от минус 60 до плюс 200 °С; композиции ПМ и фторопласта — до 300...400 "С) и твердость (НВ 6...60), недо­статочная жесткость (даже у стеклопластиков на один-два порядка ниже, чем у металлов), а также старение — утрачивают свои свойства под действием температуры, влажности, света и воды.



Рис. Структуры полимеров:

***а*** — линейная; ***б*** — разветвленная; ***в*** — простран­ственная

Как правило, пластмассы - это сложные смеси, состоящие из связующего вещества, наполнителя, пластификатора, красителя, отвердителя и др.

В качестве связующих веществ применяют синтетические смо­лы и соответственно их видам пластмассы подразделяют на термопластичные (при нагреве размягчаются, плавятся, при охлаждении исходные свой­ства восстанавливаются - полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, полистирол, полиметилметакрилат и поли­амиды) и термореактивные (плавят их только один раз, при затвердевании переходят в неплавкое и нерастворимое состо­яние, при последующих нагревах разлагаются химически – это материалы на основе фенолоформальдегидных, мочевиноформальдегидных, эпоксидных, полиэфирных и кремнийорганических смол).

Наполнители - вещества, равномерно распределенные в смоле и химически к ней инертные - порошкообразные (кварцевая мука, молотая слюда, каолин и др.), волокнистые (асбестовые, стеклянные и другие волокна) и слоистые (бумага, хлопчатобу­мажные и асбестовые ткани). Их вводят для изменения физико-механических свойств пластмасс, одновременно они снижают их стоимость, поскольку наполнители во много раз дешевле смол.

Пластификаторы повышают пластичность, что облегчает переработку пдастмасс, повышает их эластичность, уменьшить горючесть и во- допоглощаемость. В качестве пластификаторов обычно применя­ют малолетучие, высококипящие вязкие жидкости (дибутилфтолат, трикрезилфосфат, касторовое масло и др.).

Красители - минеральные пигменты (мумие, охра и др.) и органические вещества (нигрозин, родамин и пр.).вводят для окрашивания пластмасс.

Отвердители вводят в пластмассы для ускорения процесса их затвердевания. В качестве отвердителей используют перекиси, кислоты, соли, ангидриды, амины и другие вещества.

I

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ПЛАСТМАССЫ

К этому виду пластмасс относятся полистирол, полихлорви­нил, поливинилацетат, полиэтилен, фторопласт, органическое стекло, целлулоид и др.

Термопласты выпускают в виде гранул, порошков или в виде полуфабрикатов — пленок, листов, профилей различного сечения, которые применяют для изготовления деталей механической об­работкой, штамповкой, сваркой, а также литьем под давлением, экструзией. Первыми полимерами, получившими широкое рас­пространение, были полиэтилен и полипропилен.

Из полиэтилена (низкого и высокого давления) делают бутылки, стаканы, щетки, ящики, проб­ки, а также покрытия, предохраняющие металл от коррозии.

Полипропилен - один из самых легких полимеров, термоплас­тичен, устойчив к истиранию, химически стоек к действию кис­лот, щелочей и растворителей. Широко используют для производства прочных пленок, труб, электроизоляционных материалов, деталей хими­ческой аппаратуры, волокон, упаковочной пленки. Устойчивость к истиранию позволяет получать из него прочные волокна для из­готовления канатов, сетей, фильтровальных тканей.

Полистирол - водо- и светостоек, тверд, хими­чески стоек к щелочам и кислотам и растворимости в бензо­ле, толуоле, хлороформе и других веществах, хороший элект­роизолятор.

Из полистирола изготовляют антенны, ламповые панели, кар­касы катушек, лабораторную химическую посуду, трубки, стерж­ни, пленки, ленты и нити различной толщины. Трубки примениют для изоляции проводов, деталей радиолокационной аппарату­ры, изоляторов, прозрачных деталей влагопоглотителей, футляров кнопочного управления. Из полистирола делают электротехни­ческий лак, бытовые изделия.

В целом в промышленности широко применяют такие термопластич­ные пластмассы, как фторопласт, полиамиды, саран, поликарбо­наты, полиформальдегид, пентопласт, органическое стекло, целлопласт, винипласт и пенопласт.

Фторопласт-3 и фторопласт-4 — диэлектрики в высокочастот­ной аппаратуре, уплотнительные детали (прокладки, набивки), детали клапанов кислородных приборов, мембран, химически стойкие детали (трубы, гибкие шланги, краны и т. д.), самосмазы­вающиеся вкладыши подшипников, реакторов, насосов, тара для пищевых продуктов и др.

Полиамид-68 и полиамид-66, капрон - машино- приборострое­ние; детали машин (шестерни, подшипники), клей, покрытия для стали, алюминия и других металлов, канаты, сети, ленты, щетины, пленки для облицовки подшипников скольжения, зубчатых колес, шкивы ременных передач, детали выключателей, трубы бензо- и маслопроводов, гидравлических систем.

Органическое стекло - окна самолетов и кораблей, оптические стекла и т. д.

Полиформальдегид - детали химических машин и аппаратов (зубчатые колеса, вкладыши, подшипники, трубы, клапаны).

Полихлорвинил (ПВХ) - в виде листов, пленок, труб, лент для изоляции кабеля и проводов, трансформаторной ленты, линолеу­ма, масло-, водо- и бензостойких прокладок и уплотнителей.

Винипласт (получают после обработки порошка ПВХ) - емкос­ти в химическом машиностроении, аккумуляторные баки, сепара­торы кислотных и щелочных аккумуляторов, вентили, краны, кла­паны, крышки, пробки, пленки для полов, детали насосов, венти­ляторов и др.

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ПЛАСТМАССЫ

Термореактивные пластические материалы, которые перераба­тывают в изделия прессованием, в зависимости от наполнителя могут быть порошковыми и волокнистыми.

Фенолоформальдегидные пресс-порошки применяют в приборо­строении для деталей радиотехнического назначения и электрон­ной аппаратуры, диэлектриков, сложноармированных деталей, для изготовления корпусов, крышек приборов. Эти изделия стой­ки к атмосферным воздействиям, воде, солям и кислотам.

Аминопласты - прессовочные материалы на основе мочевино- формальдегидной смолы, целлюлозы, красителей и смазывающих веществ. Детали из аминопластов стойки к воздействию слабых кислот, щелочей, керосина, смазочных масел, спирта, ацетона. Аминопласты применяют для деталей приборов зажигания, вык­лючателей авиационных и других двигателей, деталей электрообо­рудования, приборов (рукоятки, ручки, кнопки, клавиши, крыш­ки), бытовых изделий (посуда, тара).

Фенопласты представляют собой композиционные смеси смол с наполнителями и другими веществами. Изготовляют феноплас­ты в виде порошков, крошки и волокнистых материалов. Они обладают высокой твердостью, электроизоляционными свойствами, прочностью, химической- и теплостойкостью. При­меняют фенопласты для изготовления деталей, не несущих на­грузки, колпачков, пробок, рукояток, кнопок, деталей освети­тельной аппаратуры в нефтяном машиностроении, вагоно-, станкостроении, автомобильной и других отраслях промышлен­ности.

Волокниты - волокнистые наполнители на основе смол. Из­делия из них отличаются высокой ударной вязкостью (применяют для различных корпусных и других изделий, которые должны обладать повышенной прочнос­тью и ударной вязкостью). Для обыч­ных наполнителей в волокнитах используют хлопковые очесы и длинноволокнистый хлопок, а также асбестовое или стеклянное волокно.

Для асбестовых волокнитов на основе смол характерны фрик­ционные свойства и термическая стойкость. Их используют для тормозных колодок, деталей машин и приборов, работающих в ус­ловиях перегрева.

Стекловолокниты представляют собой материал, в котором со­четаются прочность и хорошие электроизоляционные свойства. Прессованием из стекловолокнитов производят крупногабарит­ные корпуса в машино- и приборостроении, кузова автомобилей, спортивных лодок и судов.

СЛОИСТЫЕ ПЛАСТМАССЫ

Материалы, которые получают из чередующихся слоев связую­щей смолы и наполнителей в виде ткани, бумаги, древесины и т. п., называют слоистыми. Промышленность выпускает такие слоис­тые пластмассы, как гетинакс, текстолит, асботекстолит, древесно-стружечные плиты (ДСП), стеклотекстолит и др.

Гетинакс - слоистая пластмасса на основе фенолоформальде- гидной смолы и листов бумаги. Применяют в электро- и радиотехнике для па­нелей, электроизоляторов, изолирующих шайб, прокладок, а также для труб и цилиндров в трансформаторах, фасонных изделий технического и бытового назначения. Выпускают декоративный гетинакс.

Текстолит - слоистая пластмасса, в которой в качестве напол­нителя используют хлопчатобумажную ткань, а в качестве связую­щего вещества — фенолоформальдегидную смолу. Характеризует­ся высокой прочностью, низкой плотностью, обладает антифрик­ционными и диэлектрическими свойствами, стойкостью к вибра­циям, износу. Текстолит применяют как заменитель цветных металлов для вкладышей подшипников прокатных станов, конст­рукционный и поделочный материал в авиа- и машиностроении; для бесшумных шестерен в автомобилях. Из него изготовляют зуб­чатые колеса, а также используют как электроизолятор в электри­ческих машинах и трансформаторах.

Асботекстолит - слоистая пластмасса с на­полнителем из асбестовой ткани и смолы, обладающая высокой теплостойкостью (250 °С). Применяют для изго­товления трущихся деталей дисков сцепления и тормозных ко­лодок.

Стеклотекстолит получают прессованием пакета стеклянной ткани, пропитанной смолой. Применяют для изготовления тяжелонагруженных конструкционных изделий, работающих при температурах до 350 °С. Применяется для круп­ногабаритных изделий — кузовов легковых автомобилей, автобу­сов, кабин грузовых автомобилей, лодок, катеров, авто- и желез­нодорожных цистерн, емкостей и аппаратуры в химической про­мышленности.

.1

ПЛАСТМАССЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Целлулоид - твердый раствор нитрата целлюлозы в камфаре (целлюлоза - главная составная часть кле­точных стенок растений). При обработке целлюлозы (хлопковой или древесной) азотной кислотой в присутствии серной получают нитрат целлюлозы, представляющий собой белое волокнистое вещество, похожее на целлюлозу, но взрывоопасное. Для получения целлулоида нитрат целлюлозы подвергают специальной обработке и выпускают в виде листов.

Технический целлулоид применяют для изготовления шкал из­мерительных приборов, линеек, угольников, кинолент, а также га­лантереи и игрушек.

Галалит изготовляют на основе казеина, который является про­дуктом створаживания обезжиренного молока специальными кис­лотами. Для получения изделий казеин замешивают на водных растворах красок с добавлением пластификаторов, затем прессуют в листы, отверждают формалином и сушат. Из галалита делают пу­говицы и другие галантерейные изделия.

Асфальтопековые пластмассы относятся к наиболее дешевым. При их производстве связующими веществами служат битумы и каменноугольный пек, а наполнителями — хлопковые очесы, ин­фузорная земля и др. Из асфальтопековых пластмасс изготовляют аккумуляторные баки, кислотоупорные трубы и емкости, теплоизоляторы и др.

РЕЗИНА И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

Резина - конструкционный материал для производ­ства технических изделий, обладающий механической прочнос­тью, износо-, вибро- и водостойкостью, высокой эластичностью, упругостью, стойкостью к изменению температуры, действию ра­створителей, масел, топлива. Она хороший диэлектрик, в виде го­тового изделия непластична.

Свойства резины зависят в основном от свойств каучука, кото­рый служит основным компонентом для ее получения. Каучук бы­вает натуральный (природный) и синтетический (бута­диеновый – в основе этиловый спирт, ацетилен, бутан, этилен, бензол и др.).

В состав резиновой смеси на основе каучука входят следую­щие компоненты: мягчители (стеарин, олеиновая кислота) — по­вышают пластичность сырой резины и резиновых изделий; на­полнители (сажа, каолин, мел, тальк, корд и др.) — увеличивают прочность и твердость резиновых изделий; вулканизирующее ве­щество (2...3 % серы); ускорители вулканизации (2п0, М§0); противостарители (вазелин, воск, парафин); красители (охра, ультрамарин и др.).

Технология изготовления изделий состоит из приготовления резиновых смесей (сырой резины) путем смешивания компонен­тов, получения полуфабрикатов или изделий с последующей вул­канизацией. Сырая резина представляет собой однородную плас­тическую массу, которой легко придать нужную форму.

Резинотехнические изделия получают прессованием, литьем под давлением (изделия сложной формы); выдавливанием через матрицу (резиновые профили — трубки, шнуры и т. п.); каландрованием — пропусканием сырой резины через пустотелые подогре­ваемые валки из чугуна (узорчатая и гладкая листовая резина, про­резиненные ткани).

Процесс формования изделий из сырой резины заканчивается вулканизацией, т. е. процессом химического взаимодействия кау­чука с серой, при этом структура его молекул изменяется и полу­чается резина. Усложнение и укрупнение молекул придают резине упругость, эластичность, тепло- и химическую стойкость. Вулка­низацию ведут с нагревом или без него. Обычно температура вул­канизации составляет 120...150 °С.

В зависимости от содержания серы различают резину мягкую (1...3% 8 — автомобильные камеры, мячи и др.); твердую (4... 7 % 8) и повышенной твердости — эбонит (30...50 % 8, инертен, водостоек, широко применяется в автотрак­торной, химической, электрорадиотехнической промышленности как диэлектрик).

*Вопросы и задания для самопроверки*

1. Какие материалы называют пластмассами?
2. В чем состоит сущность реакций полимеризации и поликонденсации? Ка­кая между ними разница?
3. Какие пластмассы называются термопластичными, термореактивными?
4. Как классифицируют пластмассы?
5. Зачем в пластмассы вводят наполнители?
6. Перечислите общие свойства пластмасс.
7. Укажите достоинства пластмасс как конструкционных материалов.
8. Перечислите основные термореактивные полимеры, которые находят наи­более широкое применение в промышленности.
9. Какие пластмассы называются слоистыми?
10. Назовите состав, свойства и область применения гетинакса.
11. Какие пластмассы обладают высокими диэлектрическими свойствами?
12. Какими свойствами обладают фторопласты? Назовите область их примене­ния.
13. Какие материалы называются резиной?
14. Какое исходное сырье используют для получения синтетических каучуков?
15. Каково назначение основных составляющих резиновых смесей?
16. Сколько серы входит в состав мягкой и твердой резины?
17. В чем заключается сущность процесса вулканизации?
18. Из каких основных процессов состоит технология получения резиновых изделий?
19. Перечислите основные свойства резиновых изделий.

**ДРЕВЕСИНА**

По запасам древесины и величине лесных массивов СССР занимает первое место в мире. Из 3 млрд. га площади поверхности земли, покрытой лесами, на долю нашей страны приходится более 1100 млн. га. В отличие от полезных ископаемых лес восстанав­ливается и при рациональном использовании может стать неубывающим источником сырья. Главным по­требителем лесоматериалов является строительство, вместе с тем древесину в качестве конструкционного материала широко используют в сельскохозяйственном машиностроении.

Древесина обладает редкостным сочетанием ценных свойств. Вы­сокая прочность и упругость древесины сопровожда­ются малой плотностью, а следовательно, низкой теп­лопроводностью. Древесина морозостойка, не раство­ряется в воде и органических растворителях. Она яв­ляется материалом, способным гасить вибрации и вос­принимать ударные нагрузки. Легка в обработке и удобстве скрепления дере­вянных элементов с по­мощью клея, гвоздей и пр.

Древесиной называют ос­вобожденную от коры ткань волокон, содержащихся в стволе дерева. В качестве кон­струкционного материала используют в основном ствол, который составляет до 90 % объема дерева. Строение древесины на поверхностях разрезов в различных направлениях по отношению к оси ствола имеет разный вид, неодинаковы в разных направлениях и свойства древесины. I

На разрезах ствола различают серд­цевину (рыхлая первичная ткань), ядро (спелая древесина - внутренняя часть ствола) и заболонь (кольца более моло­дой древесины, окружающей ядро, имеет: большую влажность, легко загнивает и вслед­ствие значительной усушки усиливает коробление пило­материалов).

Основную массу древесины состав­ляют клетки веретенообразной формы (опорная ткань древесины), вытянутые вдоль ствола. У лиственных пород различают также проводящие клетки — сосуды. У хвойных пород роль проводящих клеток играют трахеиды, составляющие основной объем (до 95 %) дре­весины. Некоторое количество клеток вытянуто в го­ризонтальном направлении (клетки сердцевинных лу­чей). Стенки клеток древесины состоят в основном из целлюлозы — природного линейного полимера.

Все древесные породы делятся на хвойные (ель, сосна, лиственница, кедр, пихта) и лист­венные (дуб, ясень, ильм, вяз, кара­гач, береза, бук, граб, осина, ольха, липа, клен и др.). Последние в зависимости от особенностей расположения сосудов в годовых слоях подразделяются на кольцесосудистые и рассеянососудистые. У кольцесосудистых пород (дуб, ясень) сосуды расположены кольцевыми рядами в ран­ней части годового слоя, у рассеянососудистых пород (береза, бук) сосуды равномерно рассеяны по всей ши­рине годового слоя. Древесина всех кольцесосудистых пород является твердой, а рассеянососудистых может быть и твердой, и мягкой.

У древесины основными являются физические и механические свойства. Свойства древесины, определяемые без изменения химического состава и наруше­ния целостности материала (взвешивание, высушива­ние, измерение, внешний осмотр и т. п.), называют физическими. К ним относятся цвет, блеск, запах, тек­стура, плотность, теплопроводность, влажность, усуш­ка, разбухание, коробление и растрескивание.

Свойства древесины оказы­вать сопротивление действующим на нее внешним ме­ханическим нагрузкам называются механическими. К ним относятся: прочность, упругость, вязкость, хруп­кость, твердость и т. п.

У древесины различают так называемые пороки, т.е. различные отклонения от нормы, а также повреждения древесины: сучки, грибные окраски и гнили, по­вреждения насекомыми, деформации и растрескивание, пороки формы ствола и строения древесины, раны, не­нормальные отложения в древесине, механические по­вреждения и дефекты обработки. Все они влияют на качество древесины.

ДРЕВПЛАСТЫ

*Древпласты* — материалы, состоящие из древесины и синтетических смол. Благодаря широкому распрост­ранению они все более вытесняют древесину и некото­рые конструкционные материалы.

В практике частое применение находят фенольные пресс-порошки, прессовочные древесные массы (МДП) и древесные слоистые пластики (ДСП). Их свойства определяются составом, структурой и технологией получения. Основные из них - плотность, прочность, деформируемость, теплоемкость, водостойкость и некоторые другие.

 Плотность древпластов или готового изделия из них зависит от вида связующего компонента и наполнителя (например, пенопласта). Прочность древпластов существенно зависит от ори­ентации и размеров частиц древесины.

Под действием приложенной нагрузки древпласты деформируются. Обычно величина относительных де­формаций древпластов очень мала и определяется де­формациями связующего и наполнителя.

Одно из основных и важных свойств древпластов – водостойкость, которая характеризуется водопоглощением, влагопоглощением, разбуханием, формоустойчивостью. От водостойкости древпластов зависят такие свой­ства, как влажность и усушка.

Перерабатывать древпласты в изделия можно прес­сованием при высоком давлении; литьем под давле­нием; литьем без давления — заливкой; экструзией; пневматическим формованием; намоткой (фанерные трубы) и другими методами.

В большинстве случаев процесс получения изделий из древпластов сопровождается их нагревом. Тепло­проводность древпластов невысока, поэтому при их переработке очень важно правильно выбрать оптималь­ные технологические параметры: температуру нагрева, давление, длительность выдержки в пресс-форме.

Обычно из ДСП изготовляют детали механической обработкой. При этом очень важно помнить о направ­лении частиц древесного волокна относительно обра­батываемой поверхности и так выбирать направление резания, чтобы свести к минимуму возможности вы­крашивания кромок деталей под действием силы ре­зания.

Режущих инструментов, оборудования и специаль­ных технологических процессов для обработки древпла­стов почти нет. Часто используют инструмент, сконст­руированный для обработки металлов или древесины. Это создает некоторые трудности эффективной обра­ботки древпластов резанием, особенно из-за многооб­разия их типов и марок.

При выборе марки древпласта с целью замены из­ношенной металлической детали при ремонте машин необходимо учитывать: изменения, происходящие в древпласте под воздействием нагрузок, влаги и тем­пературы. Главное, что общие деформации древпластов под нагрузками невелики, что обеспечивает конструктивную стабиль­ность деталей из них. Чем больше частиц древесного наполнителя имеет расположение волокон вдоль направления приложения нагрузки, тем больше прочность и меньше удлинение древпласта при растяжении (по изменению прочности при различных скоростях деформации древпласты занимают промежуточное по­ложение между металлами и пластмассами).

Древесно-слоистые пластики (ДСП) изготовляют из древесного шпона на основе феноло- или крезолоформальдегидных смол путем горячего прессования под высоким давлением. Шпон для производства ДСП по­лучают путем лущения древесины; толщина шпона ко­леблется от 0,55 до 1,5 мм.

Для изготовления деталей машин применяют дре­весно-слоистые пластики общего назначения: ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В и ДСП-Г. ДСП-А, ДСП-Б и ДСП-В выпускают в виде листов и плит толщиной 1...60 мм, шириной 800...1200 мм и длиной 700...5300 мм; ДСП-Г — в виде восьмигранных плит толщиной 15...60 мм, рас­стояние между параллельными сторонами восьмигран­ника 600...1000 мм.

Кроме ДСП общего назначения, выпускают пласти­ки: с повышенной механической прочностью — ДСП- Б-А (авиационный); с повышенной химической стой­костью— ДСП-Ф; для деталей высоковольтной аппа­ратуры — ДСП-Б-э и ДСП-В-э; пластики, пропитанные минеральным маслом,— ДСП-Б-м и ДСП-В-м. Приме­няют также специальные виды древесных пластиков: арктилит — древесный пластик, армированный березо­вым шпоном, хлопчатобумажной тканью и тонкой стальной сеткой; капролит — пластик, содержащий, по­мимо древесного наполнителя, вторичный капрон; древовинил — слоистый пластик, в котором шпон пропи­тан полимерами дивиниладетилен и др.

Из древесно-слоистых пластиков изготовляют зуб­чатые колеса, втулки, шкивы, ползуны пилорам, ша­туны косилок, лопасти мотовил и другие детали машин.

Широко применяют древесные композиционные пла­стики (ДКП), содержащие, помимо древесных напол­нителей (опилок и крошек шпона), графит, тальк, алю­миниевую пудру и другие недревесные наполнители. Из композиционных пластиков методом прессования в пресс-формах получают втулки, шкивы, кольца, про­кладки и др. Особенно целесообразно из ДКП делать самосмазывающиеся втулки для узлов трения, где за­труднена подача с'мазывающего вещества. При изготов­лении самосмазывающихся втулок в композицию до­бавляют графит и минеральное машинное масло.

Применяют в ремонтном деле и прессованную древесину (ДП) для изготовления подшипников скольже­ния, уплотнительных колец, зубчатых колес и других деталей машин. Прессованная древесина — хороший за­менитель чугуна и бронзы при ремонте строительного, подъемно-транспортного и другого оборудования.

1. Контрольные вопросы и задания.
2. В каких разрезах изучают строение древе­сины?
3. Что такое целлюлоза?
4. Какие деревья относятся к ли­ственным, хвойным породам?
5. Какое место в мире занимает наша страна по запа­сам древесины?
6. Как определяются физи­ческие свойства древесины?
7. Какие свойства относятся к физи­ческим?
8. Какие свойства относятся к механическим?

9. Что следует понимать под пороками древесины?

10. Какие материалы называют древпластами?

11. Какие древпласты находят наиболее широкое применение?

12. Какими способами перерабатывают древпласты?

**СЛОВАРЬ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ**

*Азотирование* — вид химико-термической обработки, заключающийся в насы­щении поверхности изделий азотом при нагреве в атмосфере аммиака.

*Аллотропия (полиморфизм*) — способность металлов в твердом состоянии иметь различное кристаллическое строение, а следовательно, и свойства при различных температурах.

*Анизотропия свойств —* различие свойств кристалла в разных направлениях испытания.

*Бронза —* сплав меди с оловом, кремнием, железом, бериллием и другими эле­ментами.

*Вакансии* — точечные несовершенства в кристаллической решетке реального металла (вакансия — свободное место).

*Вязкость* — способность металла воспринимать ударные нагрузки.

*Графит* (гр. нарисованный) — разновидность углерода.

*Графитизация* — процесс выделения графита при кристаллизации или охлаж­дении сплавов железа с углеродом.

*Дендрит —* древообразный кристалл, образующийся при первичной кристал­лизации металла из жидкости.

*Дислокации —* линейные несовершенства, смещения, сдвиги в кристалличес­кой решетке.

*Диффузионная металлизация* — процесс диффузионного насыщения поверхно­стного слоя изделий различными металлами и металлоидами (алитирование, борирование, хромирование, силицирование и др.).

*Диффузия —* проникновение молекул одного вещества в другое, обусловленное тепловым движением молекул газа, жидкости, твердого тела.

*Закаливаемость —* способность металла приобретать высокую твердость в ре­зультате закалки.

*Закалка* — вид термической обработки, который заключается в нагреве метал­ла выше критических температур, выдержке и последующем быстром охлаж­дении.

*Износостойкость* — способность материала противостоять изнашиванию.

*Изотермический* (гр. равный, одинаковый) — протекающий при постоянной температуре.

*Компонент —* составная часть сплава (металл, неметалл, химическое соединение).

*Красноломкость —* повышенная хрупкость стали в нагретом состоянии.

*Кристалл —* твердое тело, частицы которого расположены в определенном, пе­риодически повторяющемся порядке.

*Критические точки* — температуры, при которых происходят изменения в структуре сплавов.

*Латунь* — сплав меди с цинком.

*Легирование* — процесс насыщения металла легирующими элементами для улучшения его свойств.

*Металлический сплав* — вещество, состоящее из двух или более элементов и обладающее металлическими свойствами.

*Модифицирование* — процесс измельчения зерна металла путем введения моди­фикаторов.

*Наклеп* — повышение твердости путем создания внутренних напряжений при холодной деформации.

*Нитроцементация* — вид химико-термической обработки, заключающийся в насыщении поверхности изделий одновременно углеродом и азотом.

*Отжиг —* вид термической обработки, заключающийся в нагреве металла до определенной температуры, выдержке и последующем медленном охлажде­нии.

*Пластичность* — способность материала деформироваться под действием вне­шних нагрузок и восстанавливать полученную форму после их снятия.

*Порог хладноломкости* — температура, при которой происходит переход от вяз­кого разрушения к хрупкому.

*Прочность —* способность металла под действием нагрузок не разрушаться.

*Раскисление* — процесс удаления из стали избыточного кислорода путем доба­вок в сталь раскислителей (алюминий, ферросилиций, ферромарганец).

*Рекристаллизация —* образование новых зерен в металле на границах деформи­рованных.

*Система —* совокупность фаз, находящихся в равновесии при определенных внешних условиях (давление и температура).

*Сталь —* сплав железа с углеродом с содержанием последнего до 2,14 %.

*Старение —* вид термической обработки, при котором свойства закаленного сплава с течением времени изменяются без заметного изменения его структуры.

*Структура —* внутреннее строение металла.

*Твердость* — способность металла сопротивляться проникновению в него дру­гого более твердого тела.

*Теплопроводность* — способность материала проводить тепло.

*Теплостойкость —* свойство материала сохранять твердость при высоких тем­пературах.

*Термическая обработка —* процесс нагрева, выдержки при определенной тем­пературе и последующего охлаждения металла.

*Фаза —* однородная часть системы со своими физическими и химическими свойствами.

*Химико-термическая обработка —* процесс насыщения поверхности изделий углеродом, азотом и другими химическими элементами при нагреве для улучше­ния свойств.

*Хладноломкость —* повышенная хрупкость стали в холодном состоянии.

*Цементация —* вид химико-термической обработки, который заключается в насыщении поверхности изделий углеродом при нагреве их в углероде или углеродсодержащих средах.

*Цементит* — химическое соединение железа с углеродом Ре3С.

*Цианирование* — вид химико-термической обработки, который заключается в насыщении поверхности изделий углеродом и азотом при нагреве в цианистых солях.

*Чугун* — сплав железа с углеродом с содержанием последнего более 2,14 %.

*Шлиф* (нем.) — хорошо отшлифованная поверхность образца металла для изу­чения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкционные материалы / Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. - М.: Машиностроение, 1990.
2. Кузьмин Б.А. Металлур­гия, металловедение и конструкционные материалы / Б.А. Кузьмин, А.И. Самохоцкий, Т.Н. Кузнецова— М.: Высшая школа, 1971.
3. Кузьмин Б.А. и др. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы. - М.: Высшая школа, 1977.
4. Солнцев Ю.П. Металловедение и технология металлов / Ю.П. Солнцев В.А. Весе­лое, В.П. Демянецвич и др. - М.: Металлургия, 1988.
5. Митрохович Н.Н. и др. Методическое пособие по материаловедению. - Пермь: ПГТУ, 1998.
6. Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материа­лы. — М.: Высшая школа, 1980.

7. Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материа­лы. — Л.: Машиностроение, 1987.

8. Строганов Г. Б. Общая металлургия и технология обработки цветных металлов. — М.: Металлургия, 1971.

9. Технология металлов и конструкционные материалы / Под общ. ред. Б.А. Кузьмина. — М.: Ма­шиностроение, 1989.

10. Рогачева Л.В. Материаловедение. – М.: Колос-Пресс, 2002. – 136 с.

11. Кондратьев Е.Т., Кондратьев В.Е. Неметаллические материалы в сельскохозяйственной технике. – М.: ВО «агропромиздат», 1988. – 96 с.

-