

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Блинова Светлана Павловна
Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе
Дата подписания: 12.12.2023 05:57:21
Уникальный программный ключ:
1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Заплярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Политехнический колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для студентов заочной формы обучения по общепрофессиональной
дисциплине «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

для специальности:
21.02.17 Подземная разработка месторождений полезных ископаемых.

Методические указания для студентов заочной формы обучения по общепрофессиональной дисциплине «Материаловедение» разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 21.02.17 Подземная разработка месторождений полезных ископаемых.

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Разработчик:

С.И. Кудрявцев, преподаватель

Рассмотрена на заседании предметно-цикловой комиссии естественнонаучных и горных дисциплин

Председатель комиссии  Олейник М.В.

Утверждены методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Протокол заседания методического совета № 2 от «30» 10 2024г

Начальник УМО  С.В. Федичкина

1 ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся **должен уметь:**

- определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;

- определять твердость материалов;

- определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;

подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации;

- подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием) для изготовления различных деталей;

В результате освоения дисциплины обучающийся **должен знать:**

- виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов;

- виды прокладочных и уплотнительных материалов;

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, защиты от коррозии;

- классификацию, основные виды, маркировку, область применения и виды обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве;

- методы измерения параметров и определения свойств материалов;

- основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов;

- основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;

- основные свойства полимеров и их использование;

- особенности строения металлов и сплавов;

- свойства смазочных и абразивных материалов;

- способы получения композиционных материалов;

- сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием.

**Тематический план общеобразовательной дисциплины
«Материаловедение»**

Номера разделов и тем	Наименование разделов и тем
Введение	
Раздел 1	Физико-химические закономерности формирования структуры материалов
Тема 1.1	Строение, свойства и методы испытания металлов и их сплавов
Раздел 2	Материалы, применяемые в машиностроении и приборостроении.
Тема 2.1	Железоуглеродистые сплавы. Стали. Чугуны.
Тема 2.2	Основы термической обработки.
Тема 2.3	Цветные металлы и их сплавы
Раздел 3	Неметаллические материалы
Тема 3.1	Пластмассы, древопластики, полимеры, изоляционные, абразивные и композиционные материалы
Раздел 4	Основные эксплуатационные материалы
Тема 4.1	Горюче- смазочные материалы и рабочие жидкости
Раздел 5	Технология металлов
Тема 5.1	Основные способы обработки металлов

2 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ КУРСА

Введение

Материаловедением называют прикладную науку о связи состава, строения и свойств материалов. Решение важнейших технических проблем, связанных с экономией материалов, уменьшением массы машин и приборов, повышением точности, надежности и работоспособности механизмов и приборов во многом зависит от развития материаловедения. Непрерывный процесс создания новых материалов для современной техники обогащает науку тем, что сделали попытку отступить от традиционного изложения «систематики» о материалах, которая стимулирует появление новых технических идей. Революционную роль сыграли полупроводниковые материалы и жидкие кристаллы в электронике, композиционные материалы в авиации и ракетостроении, сверхпроводники и аморфные сплавы в электронике и радиотехнике и т. д.

Теоретической основой материаловедения являются соответствующие разделы физики и химии, однако наука о материалах в основном развивается экспериментальным путем. Поэтому разработка новых методов исследования строения (структуры) и физико-механических свойств материалов способствует дальнейшему развитию материаловедения.

Электронная микроскопия тончайших металлических фоль и нейтронография позволяют изучать элементы кристаллической структуры, ее дефекты и закономерности превращений под воздействием внешних факторов (температура, давление и др.).

Изучение физических (плотность, электропроводимость, теплопроводность, магнитная проницаемость и др.), механических (прочность, пластичность, твердость, модуль упругости и др.), технологических (жидкотекучесть, ковкость, обрабатываемость резанием и др.) и эксплуатационных свойств (сопротивление коррозии, изнашиванию и усталости, жаропрочность, хладостойкость и др.) позволяет определить области рационального использования различных материалов с учетом экономических требований.

Вопросы для самопроверки

1 Что изучает материаловедение?

2 На какие группы подразделяются конструкционные материалы по признакам их свойств и структуры?

3 Что является важнейшим промышленным металлом?

4 Перечислите материалы металлургических процессов?

5 Что называется шихтой?

Литература: (1.с.5-7)

Раздел 1 Физико-химические закономерности формирования структуры материалов.

Техническое значение материалов зависит от строения и выражается в их свойствах. Строение материалов характеризует структура.

Структура - совокупность устойчивых связей материала, обеспечивающих его целостность и сохранение основных свойств при внешних и внутренних изменениях.

Структура материалов определяется множеством факторов: строением атомов, ионов, молекул, распределением в них электронов, типом связей между частицами и т. Д. В материаловедении принято рассматривать три уровня строения материалов: атом - молекула - фаза.

Тема 1.1 Строение, свойства и методы испытания металлов и их сплавов.

Всякое вещество не является чем-то сплошным, а состоит из отдельных очень маленьких частиц. Различия между веществами обусловлены различием между их частицами; частицы одного вещества одинаковы, частицы различных веществ различны. При всех условиях частицы вещества находятся в движении; чем выше температура тела, тем интенсивнее это движение.

Для большинства веществ частицы представляют собой молекулы. Молекулы в свою очередь состоят из атомов.

Молекула - наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.

Атом - наименьшая частица химического элемента, обладающая его химическими свойствами.

В состав молекулы может входить различное число атомов. При этом атомы могут соединяться друг с другом не только в различных соотношениях, но и различным образом. Поэтому при сравнительно небольшом числе химических элементов число различных веществ очень велико.

Атом, вступив во взаимодействие с атомами другого простого вещества, нарушает свое стабильное строение и утрачивает химические свойства исходного простого вещества. Он образует с другими атомами молекулу нового химического вещества с новым комплексом химических и физических свойств. Молекулы сложных веществ состоят из различных атомов, вступивших в химическое взаимодействие. Молекулы простых веществ состоят из одинаковых атомов, также взаимодействующих между собой.

Атом представляет собой сложную систему из отрицательно заряженных электронов и положительно заряженного ядра. Благодаря взаимодействию

электрических полей, создаваемых электронами и ядрами атомов, участвующих в образовании молекулы или кристалла, возникает химическая связь.

Ковалентная химическая связь образуется двумя электронами, причем эта электронная пара принадлежит двум атомам. Образование химической связи между атомами является результатом взаимопроникновения («перекрывания») электронных облаков, происходящего при сближении взаимодействующих атомов. Вследствие такого взаимопроникновения плотность отрицательного электрического заряда в межъядерном пространстве возрастает. Положительно заряженные ядра атомов притягиваются к области перекрывания электронных облаков, что и приводит к образованию устойчивой молекулы.

Ковалентная связь тем прочнее, чем в большей степени перекрываются взаимодействующие электронные облака.

Ионная связь осуществляется в результате взаимного электростатического притяжения противоположно заряженных ионов. Во время химических реакций атомы присоединяют электроны атомов других элементов или отдают электроны другим атомам.

Атомы, отдавшие часть электронов, приобретают положительный заряд и становятся положительно заряженными ионами. Атомы, присоединившие электроны, превращаются в отрицательно заряженные ионы. Разноименно заряженные ионы удерживаются друг около друга силами электростатического притяжения.

Металлическая связь - это связь, в которой электроны каждого отдельного атома принадлежат всем атомам, находящимся в контакте. При этом валентные электроны способны свободно перемещаться в объеме кристалла. Металлическая связь характерна для металлов, их сплавов и интерметаллических соединений.

Металлическое состояние возникает в комплексе атомов, когда при их сближении внешние электроны теряют связь с отдельными атомами, становятся общими, т. е. коллективизируются, и свободно перемещаются между положительно заряженными и периодически расположенными ионами. Устойчивость металла, представляющего собой таким образом ионно-электронную систему, определяется электрическим притяжением между положительно заряженными ионами и обобщенными электронами. Такое взаимодействие между ионным скелетом и электронным газом получило название металлической связи.

Специфическими свойствами металлической связи объясняются характерные свойства металлов. Высокая электропроводность металлов объясняется присутствием в них свободных электронов, которые перемещаются в потенциальном поле решетки. С повышением температуры усиливаются колебания ионов (атомов), что затрудняет движение электронов, в результате чего электросопротивление возрастает. При низких температурах колебательное движение ионов (атомов) сильно уменьшается и электропроводность возрастает.

Высокая пластичность металлов объясняется периодичностью их атомной структуры и отсутствием направленности металлической связи. При механическом воздействии на твердое тело отдельные слои его кристаллической решетки смещаются относительно друг друга. В кристаллах с атомной структурой это приводит к разрыву ковалентных связей между атомами, принадлежащими различным слоям, и кристалл разрушается. В кристаллах с ионной структурой при взаимном смещении слоев неизбежно создается такое положение, при котором рядом оказываются одноименно заряженные ионы; при этом возникают силы электростатического отталкивания, и кристалл так же разрушается. В случае же металла при смещении отдельных слоев его кристаллической решетки происходит лишь некоторое перераспределение электронного газа, связывающего друг с другом атомы металла, но разрыва химических связей не происходит - металл деформируется, не разрушаясь.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Работоспособность машин и агрегатов в значительной степени зависит от свойств материалов, которые характеризуются конкретными параметрами. Параметры материалов определяют с помощью опытных измерений, используя специальные технические средства.

Механические свойства

Механические свойства материалов характеризуют возможность их использования в изделиях, эксплуатируемых при воздействии внешних нагрузок. Основными показателями свойств материалов являются:

Прочность - свойство материалов сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы под действием внешних нагрузок. Она обусловлена силами взаимодействия атомных частиц, составляющих материал.

Если при растяжении образца сила внешнего воздействия на пару атомов превосходит силу их притяжения, то атомы будут удаляться друг от друга. Напряжение, возникающее в материале и отвечающее силе межатомного притяжения, соответствует **теоретической прочности**.

Деформирование - изменение относительного расположения частиц в материале (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сдвиг). Таким образом, деформация - изменение формы и размеров изделия или его частей в результате деформирования. Деформацию называют упругой, если она исчезает после снятия нагрузки, или пластичной, если она не исчезает (необратима).

Предел упругости - напряжение, при котором остаточные деформации (т. е. деформации, обнаруживаемые при разгрузке образца) достигают значения, установленного техническими условиями. Предел упругости ограничивает область упругих деформаций материала.

Предел текучести - напряжение, отвечающее нижнему положению площадки текучести на диаграмме для материалов, разрушению которых предшествует заметная пластическая деформация. Прочие материалы

характеризуют условным пределом текучести - напряжением, при котором остаточная деформация достигает значения, установленного техническими условиями. Обычно остаточная деформация не превышает 0,2 %. Предел текучести является основной характеристикой прочности пластичных материалов.

Предел прочности - напряжения или деформации, соответствующие максимальному (в момент разрушения образца) значению нагрузки. Отношение наибольшей силы, действующей на образец, к исходной площади его поперечного сечения называют временным сопротивлением (разрушающим напряжением).

Предел прочности - основная характеристика механических свойств хрупких материалов, т. е. материалов, которые разрушаются при малых пластических деформациях.

Динамическая прочность - сопротивление материалов динамическим нагрузкам, т. е. нагрузкам, значение, направление и точка приложения которых быстро изменяются во времени.

Усталость материалов - процесс постепенного накопления повреждений под действием переменных напряжений, приводящих к изменению свойств материалов, образованию и разрастанию трещин. Свойство материалов противостоять усталости называется выносливостью.

Ползучесть - непрерывное пластическое деформирование материалов под действием постоянной нагрузки. Любые твердые материалы в той или иной степени подвержены ползучести во всем диапазоне температур эксплуатации. Вредные последствия ползучести материалов особенно проявляются при повышенных температурах.

Твердость является механической характеристикой материалов, отражающей их прочность, пластичность и свойства поверхностного слоя изделия. Она выражается сопротивлением материала местному пластическому деформированию, возникающему при внедрении в материал более твердого тела - индентора. В зависимости от способа внедрения и свойств индентора твердость материалов оценивают по различным критериям, используя несколько методов:

- вдавливание индентора;
- динамические методы;
- царапанье.

Вдавливание индентора в образец с последующим измерением отпечатка является основным технологическим приемом при оценке твердости материалов. В зависимости от особенностей приложения нагрузки, конструкции инденторов и определения чисел твердости различают методы(рис.1):

- Бринелля;
- Роквелла;
- Виккерса.

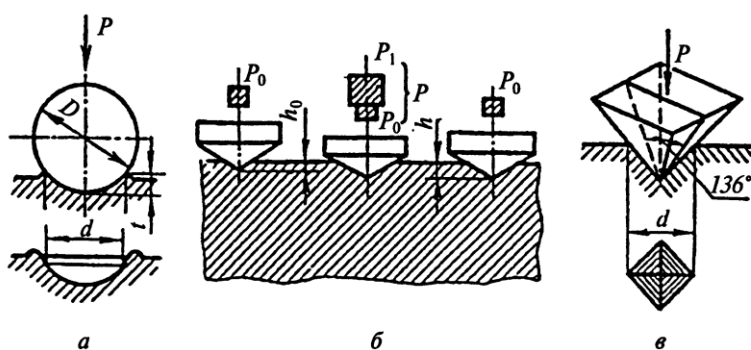


Рис. 1. Определение твердости металлов методами: Бринелля (а), Роквелла (б), Виккерса (в).

Метод Бринелля заключается в том, что шарик из закаленной стали под действием нагрузки вдавливается в зачищенную поверхность металла.

Испытание на твердость металла по методу Бринелля проводят на приборе ТБ (рис. 2). Стальной шарик закрепляется в шпинделе прибора. Испытуемый образец ставят на предметный столик,

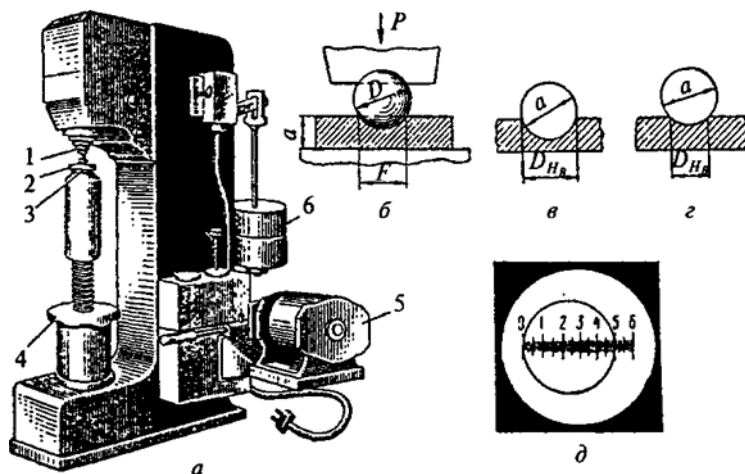


Рис. 2. Определение твердости металла по Бринеллю:

а - общий вид пресса; б - схема испытания; в - отпечаток на мягком металле; г - отпечаток на твердом металле;

д - проверка результатов испытания; 1 - шпиндель; 2 - испытуемый образец; 3 - столик; 4 - маховик; 5 - электродвигатель; 6 - груз

который подводят к шпинделю вращением маховика. При включении электродвигателя наложенный груз опускается и стальной шарик с помощью рычажной системы вдавливаются в образец. Сначала вдавливание производится медленно, затем нагрузка постепенно увеличивается и выдерживается определенное время для получения четких границ отпечатка. Испытуемый образец снимают со столика и измеряют диаметр полученного

отпечатка (лунки) при помощи специальной лупы со встроенной шкалой (цена деления 0,1 мм).

Твердость по Бринеллю обозначается буквами НВ и определяется как отношение нагрузки P (кг), приходящейся на 1 мм² сферической поверхности отпечатка F .

Метод Роквелла отличается от метода Бринелля тем, что измеряется не диаметр отпечатка (лунки), а его глубина. Чем больше глубина вдавливания, тем меньше твердость испытуемого образца (рис. 3).

Алмазный конус (или стальной шарик) вдавливается в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых

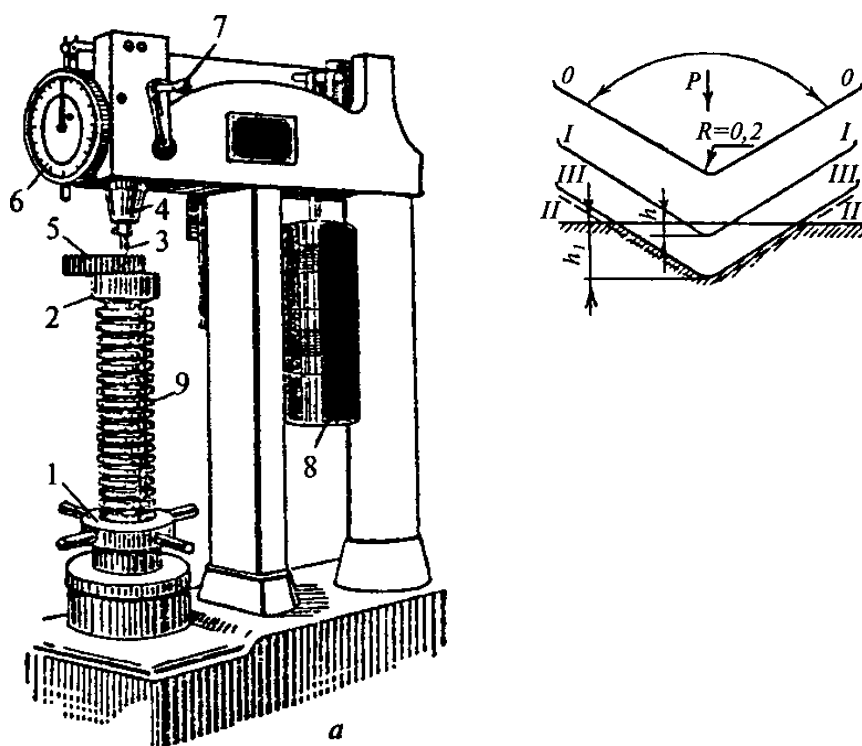


Рис. 3. Определение твердости металла по Роквеллу:

а - прибор ТР; б - схема испытания вдавливанием алмазного конуса; 1 - маховик; 2 - столик; 3 - алмазный конус; 4 - шпindelь; 5 - испытуемый образец; 6 - индикатор, показывающий величину вдавливания; 7 - ручка; 8 - грузы; 9 - подъемный винт; 1-1 - углубление конуса под действием предварительной нагрузки, 11-11 - углубление конуса под действием полной нагрузки, 111-111 - углубление конуса при уменьшении полной нагрузки до значения предварительной.

нагрузок- предварительной нагрузки равной 10 кг, а затем полной (предварительная плюс основная) нагрузки 60 кг (шкала А) или 150 кг (шкала С).

На приборе ТР величину вдавливания определяют непосредственно по шкалам А, В и С циферблата индикатора (без измерения отпечатка и математических расчетов).

При измерении твердости стандартной нагрузкой 150 кг значение твердости НR отсчитывается по шкале С индикатора, к обозначению твердости добавляется индекс шкалы, т. е. НRс.

При измерении твердости тонких образцов или поверхностного слоя металла со стандартной нагрузкой 60 кг отсчет ведется по шкале А; к обозначению твердости добавляется индекс данной шкалы, т. е. НРА.

При измерении твердости мягких металлов стальным шариком со стандартной нагрузкой 100 кг отсчет ведется по шкале В и к обозначению твердости добавляется индекс данной шкалы, т. е. НRV.

Метод Виккерса применяется для испытания металлов и сплавов высокой твердости, деталей малых сечений и твердых поверхностных слоев, полученных химико-термической обработкой (цементированных, азотированных и др.).

Этот метод дает очень точные показатели и применим к металлам любой твердости. Преимуществом метода Виккерса является возможность испытания тонкого поверхностного слоя металла после различных видов обработки.

Твердость металла определяется отношением нагрузки Р в кг, создаваемой прибором, к площади отпечатка F_v мм², вычисленной по его диагонали, и обозначается НV.

Динамические методы измерения твердости не приводят к возникновению дефектов поверхности изделий. Распространен способ определения твердости в условных единицах по высоте отскакивания легкого ударника (бойка), падающего на поверхность испытуемого материала с определенной высоты. Применяется и метод измерения твердости с помощью ультразвуковых колебаний, основанный на регистрации изменения частоты колебаний измерительной системы в зависимости от твердости исследуемого материала.

Путем царапанья сравнивают твердость исследуемого и эталонного материалов. В качестве эталонов приняты 10 минералов, расположенных в порядке возрастания их твердости: 1 - тальк, 2 - гипс, 3 - кальцит, 4 - флюорит, 5 - апатит, 6 - ортоклаз, 7 - кварц, 8 - топаз, 9 - корунд, 10 - алмаз.

Триботехнические характеристики определяют эффективность применения материалов в узлах трения.

Под триботехникой понимают совокупность технических средств, обеспечивающих оптимальное функционирование узлов трения.

Основные триботехнические характеристики материалов:

- износостойкость;
- прирабатываемость;
- коэффициент трения.

Триботехнические характеристики материалов зависят от следующих основных групп факторов, влияющих на работу узлов трения:

- внутренних, определяемых природой материалов;
- внешних, характеризующих вид трения (скольжение, качение);
- режима трения (скорость, нагрузка, температура);
- среды и вида смазочного материала.

Совокупность этих факторов обуславливает вид изнашивания: абразивное, адгезионное, эрозионное, усталостное и др.

Основная причина всех видов изнашивания - работа сил трения, под действием которых происходит многократное деформирование поверхностных слоев трущихся тел, изменение их структуры, и т. д.

Износостойкость - свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения. Отношение величины износа к интервалу времени, в течение которого он возник или к пути, на котором происходило изнашивание, представляет собой соответственно скорость изнашивания и интенсивность изнашивания. Износостойкость материалов оценивают величиной, обратной скорости и интенсивности изнашивания.

Прирабатываемость - свойство материала уменьшать силу трения, температуру и интенсивность изнашивания в процессе приработки. Обеспечение износостойкости напрямую связано с предупреждением катастрофического изнашивания и прирабатываемостью.

Коэффициент трения - отношение силы трения двух тел к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу. Его значения зависят от скорости скольжения, давления и твердости материалов трущихся поверхностей.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Назвать и охарактеризовать свойства металлов.
- 2 Что такое элементарная ячейка?
- 3 Что такое кристаллическая решётка?
- 4 Описать явление анизотропии.
- 5 Что такое аллотропия?
- 6 Какие характеристики прочности определяются при испытании на растяжение?
- 7 Как обозначается твёрдость по Бринеллю?
- 8 В чём достоинства и недостатки способа определения твёрдости по методу Роквелла?
- 9 Какова область применения способа определения твёрдости по методу Виккерса?
- 10 Как обозначается предел выносливости?
- 11 Как определяется предел ползучести? Как он обозначается?
- 12 В чём сущность определения дефектов в металлах методом магнитной и ультразвуковой дефектоскопии?

Литература: (3.с.22-73.5.с.18-54)

Раздел 2 Материалы, применяемые в машиностроении и приборостроении.

Номенклатура - перечень названий и терминов, употребляемых в определенной отрасли техники.

Номенклатура технических материалов служит для упорядочения описания огромной массы материалов, используемых для изготовления машин и других технических изделий. Знание номенклатуры материалов и принципов их классификации необходимо для обоснованного выбора материала, технологии его переработки и режимов эксплуатации в составе изделий. Установлены специальные правила изготовления и переработки материалов с соблюдением требований качества, безопасности труда и охраны окружающей среды - стандарты.

Стандартизация материалов базируется на передовых достижениях техники и направлена на повышение эффективности промышленного производства.

Главным критерием классификации материалов по структурным признакам является агрегатное состояние, в зависимости от которого материалы подразделяются на следующие типы:

- твердые материалы;
- жидкости;
- газы;
- плазма.

В зависимости от количества фаз и степени неоднородности структуры материалы подразделяются на:

- простые, состоящие из одного элемента или соединения и имеющие однородную макроструктуру;
- композиционные, состоящие из нескольких фаз и имеющие неоднородную структуру;
- сплавы, материалы с однородной макроструктурой, образовавшиеся в результате затвердения расплава химически разнородных веществ.

По назначению технические материалы делят на следующие группы.

Конструкционные материалы - твердые материалы, предназначенные для изготовления изделий, подвергаемых механическим нагрузкам. Они должны обладать комплексом механических свойств, обеспечивающих требуемые работоспособность и ресурс изделий при воздействии рабочей среды. К ним предъявляются технологические требования, определяющие наименьшую трудоемкость изготовления изделий, и экономические, касающиеся стоимости и доступности материала.

Конструкционные материалы подразделяют на типы:

- металлы;
- силикаты и керамика;
- полимеры;
- резина;
- древесина;
- композиционные материалы.

Электротехнические материалы характеризуются особыми электрическими и магнитными параметрами и предназначены для изготовления изделий, применяемых для производства, передачи, преобразования и потребления электроэнергии.

Триботехнические материалы предназначены для применения в узлах трения с целью регулирования параметров трения и изнашивания для обеспечения заданных работоспособности и ресурса этих узлов. Основными видами таких материалов являются:

- смазочные- смазки в твердой (графит, тальк), жидкой (моторные, трансмиссионные масла), газообразной (воздух, пары и другие газы) фазах;
- антифрикционные- сплавы цветных металлов (баббиты, бронзы и др.), серый чугун, пластмассы (текстолиты, фторопласты и др.), металлокерамические композиционные материалы (бронзографит, железографит и др.), древесина и древесно-слоистые пластики, резины;
- фрикционные, имеющие большой коэффициент трения и высокое сопротивление изнашиванию (некоторые виды пластмасс, чугунов и металлокерамики и другие композиционные материалы).

Инструментальные материалы отличаются высокими показателями твердости, износоустойчивости и прочности. Они предназначены для изготовления режущего, измерительного, слесарно-монтажного и другого инструмента (инструментальная сталь и твердые сплавы, алмаз, некоторые виды керамических материалов, многие композиционные материалы).

Рабочие тела - газообразные или жидкие материалы, с помощью которых энергию преобразуют в механическую работу (масла в гидроприводе, воздух в пневматических системах, газообразные продукты сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания).

Топливо - горючие материалы, основной частью которых является углерод, применяемый с целью получения при их сжигании тепловой энергии. По происхождению топливо делят на:

- природное (нефть, уголь, природный газ, древесина);
- искусственное (кокс, моторные топлива, генераторные газы).

По типу машин, в которых сжигается топливо, его делят на: ракетное, моторное, реакторное, турбинное и т. д.

Технологические материалы - обширная группа вспомогательных материалов, используемых для обеспечения оптимального протекания технологических процессов переработки основных технологических материалов в изделия или обеспечения нормальной работы машин и механизмов. К ним относятся: клеи и герметики, лакокрасочные материалы; флюсы, припой, сварочные электроды, применяемые при сварке и пайке; смазочно-охлаждающие жидкости; консервационные материалы (смазки, пленки, мастики), обеспечивающие защиту изделий от коррозии; моющие материалы и т. д.

В технике сложилась традиция группировать материалы по наиболее важным эксплуатационным параметрам, а именно:

- по электропроводности (проводники, полупроводники и диэлектрики);

- по магнитной восприимчивости (диа-, пара-, ферромагнетики);
- по тепловым характеристикам (теплоизоляционные и огнеупорные);
- по стойкости к воздействию рабочей среды (жаростойкие, кислотоупорные, коррозионностойкие и др.).

Такая классификация не является строгой, но ее термины и понятия приняты в технике и используются в практике машиностроения.

Тема2.1 Железоуглеродистые сплавы. Стали.

Основную долю разнообразных металлических материалов, используемых в технике, составляют сплавы. Чистые металлы в технике не применяют, потому что они характеризуются низким пределом прочности. Путем сплавления или спекания нескольких металлов или металлов с неметаллическими элементами получают сплавы, которые обладают высокой прочностью, пластичностью, хорошо обрабатываются резанием, свариваются и т. д. При этом улучшаются эксплуатационные и технологические свойства металлического материала.

Сплавом называется макроскопически однородная система, состоящая из двух и более химических элементов. Вещества, образующие систему, называют компонентами.

Компонентами сплава могут быть металлы (железо, медь, алюминий, никель и т. д.) и неметаллические элементы (углерод). Компонентом могут быть и химические соединения, если в рассматриваемых интервалах температур они не диссоциируют на свои составные части. Количество компонентов, составляющих систему (сплав), может быть различным. Чистый металл - это однокомпонентная система; сплав двух металлов - двухкомпонентная, и т. д.

Выбор базового компонента сплава определяется техническим заданием на его свойства. В зависимости от базового компонента все сплавы делятся на:

- черные, основу которых составляет железо (стали, чугуны);
- цветные, основу которых составляет любой металл, кроме железа (алюминиевые, медные, никелевые, титановые и др.).

Выбор других компонентов сплава производится на основе оценки взаимодействия элементов периодической системы с базовым компонентом и между собой. Их взаимодействие учитывается и в жидком, и в твердом состояниях, так как сплавление проводится при температурах, превышающих температуру плавления базового компонента, а затем сплав, охлаждаясь, кристаллизуется и остывает до температуры окружающей среды. При этом изменяется не только агрегатное состояние системы, но и ее фазовый состав в зависимости от температуры и скорости охлаждения.

Сплавы железа с углеродом являются основой так называемых черных сплавов - сталей и чугунов, которые служат важнейшими конструкционными материалами в технике. Структура и свойства любого сплава зависят прежде всего от свойств базового компонента и элементов-добавок, а также от характера их взаимодействия.

Железо и его свойства

Чистое железо - металл серебристо-белого цвета, тугоплавкий. Температура плавления железа 1539 °С. Железо имеет две полиморфные модификации, α и γ .

При температурах ниже 910°С железо имеет объемно-центрированную кубическую решетку. Эту модификацию называют α -железо; α -железо магнитно до температуры 768 °С (точка Кюри).

При нагреве железа его объемно-центрированная кубическая решетка при 910 °С превращается в гранцентрированную кубическую решетку, α -железо превращается в γ -железо; γ -железо существует при температуре 910-1392 °С.

В интервале температур 1392-1539 °С существует α -железо, которое обозначают также Б-железо.

Углерод и его свойства

Углерод является неметаллическим элементом. Температура плавления углерода 3500°С. Углерод в природе может существовать в двух полиморфных модификациях: алмаз и графит. Форма алмаза в сплавах не встречается.

В железоуглеродистых сплавах в свободном виде углерод находится в форме графита. Кристаллическая структура графита слоистая. Прочность и пластичность его весьма низкие.

Углерод растворим в железе в жидком и твердом состояниях, может образовывать химическое соединение - цементит, может находиться в свободном виде в форме графита.

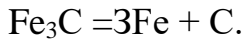
Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов

Железоуглеродистые сплавы могут иметь следующие структурные составляющие.

Феррит (Ф) - твердый раствор внедрения углерода и других элементов в α -железе. Имеет объемно-центрированную кубическую решетку. Растворимость углерода в феррите очень мала: при комнатной температуре до 0,005 %; наибольшая растворимость 0,02 % при 727 °С. Феррит высокопластичен и мягок, хорошо обрабатывается давлением в холодном состоянии.

Аустенит (А) - твердый раствор углерода и других элементов в γ -железе. Существует только при высоких температурах. Предельная растворимость углерода в γ -железе 2,14 % при температуре 1147 °С и 0,8 % при 727 °С. Эта температура является нижней границей существования аустенита в железоуглеродистых сплавах. Аустенит высокопластичен, но более тверд, чем феррит. Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe_3C). В цементите содержится 6,67 % углерода. Температура плавления цементита около 1600 °С. Имеет сложную кристаллическую решетку. Самая твердая и хрупкая составляющая железоуглеродистых

сплавов. Цементит неустойчив и в определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита по реакции



Чем больше цементита в железоуглеродистом сплаве, тем выше его твердость.

Графит - аллотропическая модификация углерода. Графит мягок, прочность его очень низкая. В чугунах и графитизированной стали содержится в виде включений различных форм. Форма графитовых включений влияет на механические и технологические свойства сплава.

Перлит (П) - механическая смесь феррита и цементита, содержащая 0,8 % углерода. Образуется при перекристаллизации (распаде) аустенита при температуре 727 °С. Этот распад называется эвтектоидным, а перлит-эвтектоидом. Перлит обладает высокими прочностью, твердостью и повышает механические свойства сплава.

Ледебурит - механическая смесь аустенита и цементита, содержащая 4,3 % углерода. Образуется в результате эвтектического превращения при температуре 1147 °С. При температуре 727 °С аустенит превращается в перлит, и после охлаждения ледебурит представляет собой смесь перлита с цементитом. Ледебурит имеет высокую твердость и большую хрупкость. Содержится во всех белых чугунах.

Диаграмма состояния железо-цементит

Диаграмма состояния железо-цементит представлена в упрощенном виде на рис.4. Она показывает фазовый состав и структуру железоуглеродистых сплавов с концентрацией от чистого железа до цементита (6,67 % углерода).

В рассматриваемой системе существуют следующие фазы: жидкий сплав, твердые растворы (феррит и аустенит), химическое соединение (цементит).

Жидкий сплав (Ж.) существует выше линии ликвидус ACD. Цементит Fe₃C (Ц) - вертикальная линия DFKL. Область феррита (Ф) располагается левее линии GPQ. Область аустенита (А)-AESG.

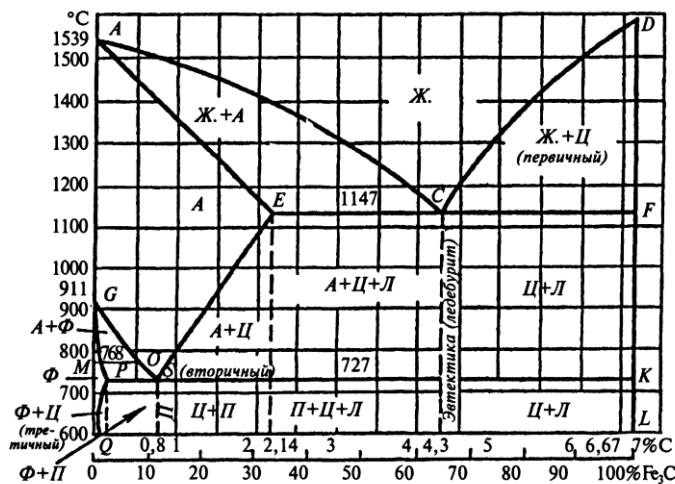


Рис.4(в упрощенном виде): А- аустенит, П- перлит, Л- ледебурит, Ф - феррит, Ц - цементит

На диаграмме точка А (1539 °С) соответствует температуре плавления железа, а точка D (1600 °С) - температуре плавления цементита. Точка G (911 °С) - температура полиморфного пре- вращения железа $\alpha \leftrightarrow \gamma$.

Точка E соответствует предельному содержанию углерода в аустените (2,14 % при температуре 1147 °С). При понижении температуры растворимость углерода в аустените уменьшается по линии ES. В точке S она составляет 0,8 % при 727°С.

Точка P - предельное содержание углерода в феррите 0,02 % при 727 °С. При охлаждении до комнатной температуры растворимость углерода в феррите уменьшается по линии PQ до 0,005 %.

При температуре 1147 °С жидкий сплав, содержащий 4,3 % углерода, кристаллизуется с образованием эвтектики (механической смеси двух фаз аустенита и цементита). При этом образуется структура ледебурита. Точка C на диаграмме - точка эвтектики, линия ECF - линия кристаллизации эвтектики.

При температуре 727°С аустенит, содержащий 0,8% углерода, распадается на две фазы - цементит и феррит, т. е. происходит эвтектоидное превращение. При этом образуется структура, называемая перлитом. На диаграмме точка S - точка эвтектоида, линия PSK - линия эвтектоидного превращения.

Рассмотрим кристаллизацию сплавов, содержащих различное количество углерода.

Сплавы, содержащие до 2,14 % углерода, кристаллизуются в интервале температур, ограниченном линиями AC (линия ликвидус) и AE (линия солидус). После затвердевания сплавы имеют однофазную структуру - аустенит.

При кристаллизации доэвтектических сплавов, содержащих от 2,14 до 4,3% C, из жидкой фазы при температурах, соответствующих линии ликвидус AC, сначала выделяются кристаллы аустенита. При температуре 1147 °С оставшаяся жидкость, имеющая эвтектический состав (4,3 % C), кристаллизуется, образуя эвтектику ледебурит. После затвердения доэвтектические сплавы состоят из аустенита и ледебурита.

В заэвтектических сплавах, содержащих от 4,3 до 6,67% C, с понижением температуры до линии ликвидус CD зарождаются и растут кристаллы цементита. При температуре 1147°С жидкость достигает эвтектической концентрации и затвердевает с образованием ледебурита. После затвердевания заэвтектические чугуны состоят из первичного цементита (кристаллизовавшегося из жидкого сплава) и ледебурита.

Эвтектический сплав (4,3% C) кристаллизуется при постоянной температуре с образованием только эвтектики - ледебурита (A + Fe₃C).

После затвердевания железоуглеродистые сплавы претерпевают фазовые и структурные изменения. Это связано с полиморфным превращением железа и с изменением растворимости углерода в аустените и в феррите с понижением температуры.

Сплавы, содержащие до 0,02% C (точка P), испытывают при охлаждении и при нагреве полиморфное превращение $\gamma \leftrightarrow \alpha$ между линиями GOS и GP. Ниже линии GP существует только феррит. При дальнейшем медленном

охлаждении растворимость углерода в феррите уменьшается (линия PQ), из феррита выделяется цементит (третичный).

Сплавы, содержащие 0,02-0,8% С, называют доэвтектоидными. Эти сплавы после кристаллизации состоят из аустенита. При температурах ниже линии GOS начинают расти зерна феррита. При достижении 727 °С аустенит, не претерпевший превращения, имеет эвтектоидную концентрацию (0,8 % С) и распадается с одновременным выделением из него феррита и цементита, образующих эвтектоидную структуру перлит. После окончательного охлаждения доэвтектоидные сплавы имеют структуру феррит + перлит.

В эвтектоидном сплаве (0,8 % С) при температуре 727 °С (точка S) весь аустенит превращается в перлит.

При охлаждении заэвтектоидных сплавов (от 0,8 до 2,14% С) до температур, соответствующих линии ES, из аустенита выделяется цементит (вторичный) в результате уменьшения растворимости углерода в аустените. При температуре 727°С аустенит, содержащий 0,8% С, превращается в перлит. После охлаждения заэвтектоидные сплавы состоят из перлита и цементита.

В доэвтектических сплавах вследствие уменьшения растворимости углерода при охлаждении (линия SE) происходит частичный распад аустенита с выделением кристаллов вторичного цементита. При 727 °С аустенит эвтектоидного состава превращается в перлит. Структура доэвтектических сплавов после окончательного охлаждения состоит из перлита, вторичного цементита и ледебурита (перлит + цементит).

Эвтектический сплав (4,3 % С) при температурах ниже 727 °С состоит только из ледебурита (перлит + цементит).

Заэвтектические сплавы после полного охлаждения состоят из первичного цементита и ледебурита (перлит + цементит).

При температурах ниже 727°С железоуглеродистые сплавы имеют различную структуру, но фазовый состав их одинаков. Они состоят из двух фаз феррита и цементита.

Сплавы железа с углеродом

Согласно диаграмме состояния железо - цементит в результате первичной кристаллизации у сплавов, содержащих менее 2,14% углерода, получается структура аустенита, а у сплавов, содержащих более 2,14 % углерода, структура состоит из ледебурита с избыточным аустенитом или цементитом.

Это различие в структуре при высоких температурах создает существенное различие в технологических и механических свойствах сплавов. Присутствие эвтектики в высокоуглеродистых сплавах делает их нековкими, но позволяет применять в качестве литейных материалов, так как эти сплавы имеют низкую температуру плавления.

Низкоуглеродистые сплавы не содержат хрупкой структурной составляющей - ледебурита после затвердевания и при высоком нагреве обладают высокой пластичностью. Поэтому они легко деформируются при нормальных и повышенных температурах.

Сплавы, содержащие до 2,14 % углерода, называют сталями.

Сплавы, содержащие более 2,14 % углерода, называют чугунами.

Различают три группы сталей:

- эвтектоидные, содержащие около 0,8 % углерода, структура которых состоит из перлита;
- доэвтектоидные, содержащие углерода меньше 0,8 %, структура которых состоит из феррита и перлита;
- заэвтектоидные, содержащие углерода от 0,8 до 2,14 %, структура которых состоит из перлита и цементита.

Зависимость свойств железоуглеродистых сплавов от содержания углерода и постоянных примесей

Промышленные стали и чугуны - это многокомпонентные сплавы, в состав которых помимо железа и углерода входят так называемые постоянные примеси. Постоянными примесями являются марганец, кремний, наличие которых обусловлено технологическими особенностями производства, фосфор и сера, а также газы - кислород, азот, водород, которые невозможно полностью удалить из металла. Содержание углерода и примесей оказывает влияние на свойства железоуглеродистых сплавов. Углерод оказывает большое влияние на механические свойства сталей. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше в ее структуре содержится цементита. Так как цементит обладает высокой твердостью и хрупкостью, увеличение его количества приводит к повышению прочности и твердости стали, к уменьшению ее пластичности и вязкости. С увеличением содержания углерода в стали снижаются плотность, электропроводность, теплопроводность, магнитная проницаемость, растет электросопротивление.

Кремний и марганец считают полезными примесями. При выплавке стали их добавляют для раскисления. Соединяясь с кислородом окиси железа FeO, они в виде окислов переходят в шлак. В результате раскисления свойства стали улучшаются.

Кремний, оставшийся в стали после раскисления, повышает предел текучести, что снижает ее способность к холодной обработке давлением. Поэтому в сталях для штамповки содержание кремния должно быть снижено.

Марганец заметно повышает прочность стали, не снижая ее пластичности, резко уменьшает хрупкость при высоких температурах (красноломкость), удаляя серу из расплава.

Фосфор и сера являются вредными примесями. Фосфор уменьшает пластичность и вязкость стали, увеличивает ее склонность к образованию трещин при низких температурах (хладноломкость). Сера снижает ударную вязкость, пластичность, предел выносливости, свариваемость и коррозионную стойкость сталей. Сера вызывает охрупчивание стали при высоких температурах. Содержание серы и фосфора в стали строго ограничивается.

Кислород, азот, водород отрицательно влияют на свойства сталей.

В машиностроительных чугунах углерод присутствует в виде графита. Графит обладает очень низкими механическими свойствами. Поэтому чем больше графита присутствует в структуре чугуна и чем грубее его включения, тем хуже свойства чугуна. Но он способствует повышению обрабатываемости чугунов резанием, придает им антифрикционные свойства при трении и гасит влияние вибраций и ударов.

Кремний существенно влияет на структуру чугуна, усиливая его графитизацию. Марганец повышает механические свойства чугуна и препятствует их графитизации. Фосфор повышает износостойкость, но охрупчивает чугуны. Сера свойства чугуна ухудшает.

ЧУГУНЫ

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

В металлургическом производстве чугуны выплавляют в доменных печах. Получаемые чугуны подразделяют на: пердедельные, специальные (ферросплавы) и литейные. Пердедельные и специальные чугуны используют для последующей переработки в сталь. Литейные чугуны (около 20 % всего выплавляемого чугуна) отправляют на машиностроительные заводы для использования при изготовлении литых заготовок деталей (литья).

Нелегированный конструкционный чугун для производства отливок в машиностроении имеет следующий химический состав, %: 2,0-4,5 С; 1,0- 3,5 Si; 0,5-1,0 Mn; содержание примесей: не более 0,3 % S; не более 0,15 % P.

Широкое распространение чугуна в промышленности обусловлено оптимальным сочетанием различных свойств: технологических (литейных, обрабатываемости резанием), эксплуатационных (механических и специальных) и технико-экономических показателей.

Классификация чугунов

Характерной особенностью чугунов является то, что углерод в сплаве может находиться не только в растворенном и связанном состоянии (в виде химического соединения - цементита Fe_3C), но также в свободном состоянии - в виде графита. При этом форма выделений графита и структура металлической основы (матрицы) определяют основные типы чугуна и их свойства. Классификация чугуна с различной формой графита производится по ГОСТ 3443-87. По специально разработанным шкалам оценивают форму включений графита, их размеры, характер распределения и количество, а также тип металлической основы. Классификация чугуна осуществляется по следующим признакам:

- по состоянию углерода - свободный или связанный;
- по форме включений графита - пластинчатый, вермикулярный, шаровидный, хлопьевидный (рис.5);

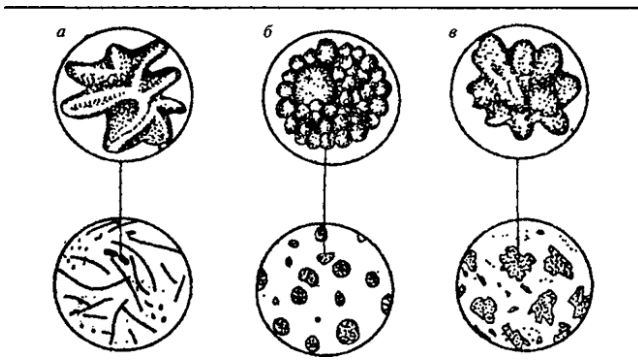


Рис.5. Структура чугуна с графитом различной формы:

а - пластинчатый графит в сером чугуне; б - шаровидный графит в высокопрочном чугуне; в - хлопьевидный графит в ковком чугуне

- по типу структуры металлической основы (матрицы)- ферритный, перлитный; имеются также чугуны со смешанной структурой: например, феррито-перлитные;

- по химическому составу - нелегированные чугуны (общего назначения) и легированные чугуны (специального назначения).

В зависимости от формы выделения углерода в чугуне различают:

- белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита Fe_3C ;

- половинчатый чугун, в котором основное количество углерода (более 0,8 %) находится в виде цементита;

- серый чугун, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита;

- отбеленный чугун, в котором основная масса металла имеет структуру серого чугуна, а поверхностный слой - белого;

- высокопрочный чугун, в котором графит имеет шаровидную форму;

- ковкий чугун, получающийся из белого путем отжига, при котором углерод переходит в свободное состояние в виде хлопьевидного графита.

Серый чугун

Серый чугун - это сплав системы Fe-C-Si, содержащий в качестве примесей марганец, фосфор, серу. Углерод в серых чугунах преимущественно находится в виде графита пластинчатой формы.

Структура отливок определяется химическим составом чугуна и технологическими особенностями его термообработки. Механические свойства серого чугуна зависят от свойств металлической матрицы, формы и размеров графитовых включений. Свойства металлической матрицы чугунов близки к свойствам стали. Графит, имеющий невысокую прочность, снижает прочность чугуна. Чем меньше графитовых включений и выше их дисперсность, тем больше прочность чугуна. Графитовые включения вызывают уменьшение предела прочности чугуна при растяжении. На прочность при сжатии и твердость чугуна частицы графита практически не оказывают влияния. Свойство графита образовывать смазочные пленки

обуславливает снижение коэффициента трения и увеличение износостойкости изделий из серого чугуна. Графит улучшает обрабатываемость резанием.

Согласно ГОСТ 1412-85 серый чугун маркируют буквами

«С• - серый и «Ч• - чугун. Число после буквенного обозначения показывает среднее значение предела прочности чугуна при растяжении. Например, СЧ 20 - чугун серый, предел прочности при растяжении 200 МПа.

Высокопрочный чугун

Отличительной особенностью высокопрочного чугуна являются его высокие механические свойства, обусловленные наличием в структуре шаровидного графита, который в меньшей степени, чем пластинчатый графит в сером чугуне, ослабляет рабочее сечение металлической основы и, что еще важнее, не оказывает на нее сильного надрезающего действия, благодаря чему вокруг включений графита в меньшей степени создаются концентраторы напряжений. Чугун с шаровидным графитом обладает не только высокой прочностью, но и пластичностью.

Получение шаровидного графита в чугуне достигается модифицированием расплава присадками, содержащими Mg, Ca, Ce и другие редкоземельные металлы (РЗМ).

Химический состав и свойства высокопрочных чугунов регламентируются ГОСТ 7293-85 и маркируются буквами «В» - высокопрочный, «Ч» - чугун и числом, обозначающим среднее значение предела прочности чугуна при растяжении. Например, ВЧ 100- высокопрочный чугун, предел прочности при растяжении 1000 МПа (или 100 кг/мм²).

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом является наиболее перспективным литейным сплавом, с помощью которого можно успешно решать проблему снижения массы конструкций при сохранении их высокой надежности и долговечности.

Высокопрочный чугун используют для изготовления ответственных деталей в автомобилестроении (коленчатые валы, зубчатые колеса, цилиндры и др.).

Белый и ковкий чугун

Белые чугуны характеризуются тем, что у них весь углерод находится в химически связанном состоянии - в виде цементита. Излом такого чугуна имеет матово-белый цвет. Наличие большого количества цементита придает белому чугуну высокие твердости, хрупкость и очень плохую обрабатываемость режущим инструментом.

Высокая твердость белого чугуна обеспечивает его высокую износостойкость, в том числе и при воздействии абразивных сред. Это свойство белых чугунов учитывается при изготовлении из них поршневых колец. Однако белый чугун применяют главным образом для отливки деталей с последующим отжигом на ковкий чугун.

Ковкий чугун получают путем отжига белого чугуна определенного химического состава, отличающегося пониженным содержанием графитизирующих элементов (2,4-2,9% С и 1,0- 1,6 % Si), так как в литом состоянии необходимо получить полностью отбеленный чугун по всему сечению отливки, что обеспечивает формирование хлопьевидного графита в процессе отжига .

Механические свойства и рекомендуемый химический состав ковкого чугуна регламентирует ГОСТ 1215-79. Ковкие чугуны маркируют буквами «К• - ковкий, «Ч• - чугун и цифрами. Первая группа цифр показывает преде.11 прочности чугуна при растяжении, вторая - относительное его удлинение при разрыве. Например, КЧ 33-8 означает: ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 33 кг/ мм² (330 МПа) и относительным удлинением при разрыве 8 %.

Легированные чугуны

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

Химический состав, механические свойства при нормальных температурах и рекомендуемые виды термической обработки легированных чугунов регламентируются ГОСТ 7769-82. В обозначении марок легированных чугунов буквы и цифры, соответствующие содержанию легирующих элементов, те же, что и в марках стали.

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

СТАЛИ

Сталью называются сплавы железа с углеродом и другими элементами, содержащие менее 2,14 % С.

Стали широко применяются во всех сферах жизнедеятельности человека. В промышленности сталь является основным материалом, широко применяемым в машиностроении, а также для изготовления различного инструмента. Она сравнительно недорога, обладает ценным комплексом механических, физико-химических и технологических свойств; производится в больших количествах.

Общая классификация сталей

Стали классифицируют по:

- химическому составу;
- структуре;
- назначению;

- качеству;
- степени раскисления.

По химическому составу стали подразделяют на:

- углеродистые (низкоуглеродистые до 0,2% С, среднеуглеродистые 0,2-0,45; высокоуглеродистые, содержащие более 0,5 % С);
- легированные (сумма легирующих элементов у низколегированных сталей до 2,5%; у среднелегированных 2,5- 10,0%; у высоколегированных - более 10,0 %).

При определении степени легирования содержание углерода во внимание не принимают, марганец и кремний считаются легирующими элементами при их содержании более 1 и 0,8 % соответственно.

При обозначении марок стали используют следующие обозначения химических элементов: Г - марганец, М - молибден, Д - медь, Р - бор, С - кремний, В - вольфрам, Ю - алюминий, П - фосфор, Н - никель, Ф - ванадий, Б - ниобий, А - азот, Х - хром, Т - титан, К - кобальт, Ц - цирконий.

Для маркировки стали в России пользуются определенным сочетанием цифр и букв, показывающих примерный химический состав стали.

Первые цифры в марке стали указывают содержание углерода в сотых долях процента. Если в начале маркировки перед буквами стоит одна цифра, то она выражает содержание углерода в десятых долях процента; при содержании углерода свыше 1 % цифру перед буквами не ставят.

Далее в маркировке следуют буквы, показывающие наличие соответствующих легирующих элементов в составе стали. Цифры за буквами показывают среднее (округленное до 1) процентное содержание легирующего элемента. При этом если содержание элемента до 1,5 %, цифра не ставится. В отдельных случаях может быть указано более точно содержание легирующего элемента. Например, сталь 32Х06Л - содержит в среднем 0,32 % С и 0,6 % Cr. Последняя буква «Л» указывает, что сталь литейная.

Для обозначения высококачественной легированной стали в конце маркировки добавляют букву «А». Высококачественная сталь содержит меньше серы и фосфора, чем качественная.

Некоторые стали специального назначения выделены в отдельные группы и имеют особую маркировку. Каждой группе присваивается своя буква и ставится впереди:

- Ж - хромистая нержавеющая сталь;
- Я - хромоникелевая нержавеющая сталь;
- Р - быстрорежущая сталь;
- Ш - шарикоподшипниковая сталь;
- Е - электротехническая сталь.

Углеродистые стали

Углеродистые стали относятся к числу самых распространенных конструкционных материалов. Объем их производства достигает 80 % от общей выплавки стали.

Достоинствами конструкционных углеродистых сталей являются удовлетворительные механические свойства в сочетании с технологичностью обработки, недостатками - высокая критическая скорость закалки, небольшая прокаливаемость (до 15 мм).

Выпускают углеродистые стали трех групп:

- обыкновенного качества;
- качественную (общего назначения);
- специального назначения (автоматную, котельную и др.).

Углеродистые стали обыкновенного качества характеризуются значительным содержанием вредных примесей, неметаллических включений и газов. Стали обыкновенного качества выпускают в виде проката.

В зависимости от гарантированных свойств стали подразделяются на три группы - А, Б, В; по нормируемым показателям на шесть категорий. Маркируют их буквами «Ст». Индексы, стоящие справа от номера марки, означают: кп - кипящая, пс - полуспокойная, сп - спокойная сталь. Между индексом и номером марки может стоять буква «Г», что означает повышенное содержание марганца. В обозначениях марок слева от букв «Ст» указаны группы (Б и В, группа А не указывается) стали. Категорию стали (по требованиям к нормируемым показателям химического состава и механических свойств) обозначают соответствующей цифрой правее индекса степени раскисления.

Например, Ст5Гпс3 означает: сталь группы А, марки Ст5 с повышенным содержанием марганца, полуспокойная, третьей категории. Сталь первой категории пишется без указания номера последней, например, Ст4пс.

Стали группы А только с гарантированными механическими свойствами; поставляются в отожженном состоянии без горячей обработки. Их химический состав не регламентируется.

Стали группы Б только с гарантированным химическим составом; используют для изготовления изделий с применением горячей обработки (штамповка, ковка).

Стали группы В имеют гарантированные механические свойства и химический состав. Их широко применяют при производстве сварных и других конструкций.

Углеродистые стали обыкновенного качества применяют для изготовления различных металлоконструкций, ненагруженных деталей машин и механизмов, крепежных изделий. Стали марок Ст5 и Ст6 предназначены для производства рельсов, железнодорожных колес, валов и шкивов грузоподъемных машин и механизмов.

Легированные стали

Высокая конструкционная прочность стали обеспечивается рациональным для улучшения физических, химических, механических и технологических свойств стали легируют, т. е. вводят в состав дополнительные элементы (хром,

никель, молибден и др.). Стали могут содержать один или несколько легирующих элементов, которые придают им специальные свойства.

Влияние легирующих элементов. Легирующие элементы вводят в сталь для повышения ее конструкционной прочности. Основной структурной составляющей в конструкционной стали является феррит. Растворяясь в феррите, легирующие элементы упрочняют его. Большинство легирующих элементов, упрочняя феррит и мало влияя на пластичность, снижают его ударную вязкость (за исключением никеля).

В значительной степени повышению конструкционной прочности при легировании стали способствует увеличение прокаливаемости.

содержанием в ней легирующих элементов. Избыточное легирование (за исключением никеля) после достижения необходимой прокаливаемости приводит к снижению вязкости и способствует хрупкому разрушению стали.

Хром в количестве до 2 % оказывает благоприятное влияние на механические свойства конструкционной стали.

Никель - наиболее ценный легирующий элемент. Его вводят в количестве от 1 до 5 %.

Марганец вводят в сталь до 1,5 %. Он заметно повышает предел текучести стали, но делает сталь чувствительной к перегреву.

Кремний значительно повышает предел текучести стали и при содержании более 1 % снижает вязкость и повышает порог хладноломкости.

Молибден и вольфрам в количестве 0,2-0,4 % и 0,8-1,2 % соответственно, в комплексно-легируемых сталях способствуют измельчению зерна, увеличивают прокаливаемость и улучшают некоторые другие свойства.

Ванадий и титан вводят в небольшом количестве (до 0,3 % V и 0,1 % Ti) в стали, содержащие хром, марганец, никель, для измельчения зерна.

Повышенное содержание ванадия, молибдена и вольфрама в конструкционных сталях недопустимо из-за образования труднорастворимых при нагреве карбидов этих элементов. Избыточные карбиды, располагаясь по границам зерен, способствуют хрупкому разрушению и снижают прокаливаемость стали.

Бор вводят для увеличения прокаливаемости и в очень небольших количествах (0,002-0,005 %).

Инструментальные стали и твердые сплавы

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего и измерительного инструмента. К этой группе сталей относят углеродистые и легированные стали с высокими твердостью и износостойкостью. Особенно перспективны быстрорежущие стали, отличающиеся высокой теплостойкостью, что позволяет производить обработку металлов резанием с повышенной скоростью. Методами порошковой металлургии получают сплавы повышенной твердости, износостойкости и теплостойкости, которые

используют при изготовлении инструмента, применяемого при высоких скоростях резания.

Стали для режущего инструмента. Основными критериями выбора стали для изготовления режущего инструмента являются ее износостойкость и теплостойкость, а также стали должны обладать твердостью, превышающей твердость обрабатываемого материала, и высокой прочностью в сочетании с достаточной вязкостью.

Углеродистые стали марок У7, У8, У10, У11, У12, У13 обыкновенного качества или высококачественные применяют при изготовлении инструмента для резания материалов низкой твердости с небольшими скоростями.

Сталь У9 применяется для изготовления деревообрабатывающего инструмента.

Стали У10, У11, У12 идут на изготовление металлорежущего инструмента: резцов, сверл, метчиков, плашек, напильников.

Стали У8, У9, У10 применяются при изготовлении измерительного инструмента - скобы, калибры и т. п.

Низколегированные стали с небольшой прокаливаемостью применяют для изготовления инструмента, работающего при температурах до 200-260 °С. Эти стали, для получения эксплуатационных характеристик, подвергают неполной закалке и низкому отпуску. Закалку производят в масле или горячих средах.

Сталь марки 7ХФ применяется при изготовлении инструмента, работающего с ударными нагрузками - зубила, пуансоны, стамески, долота и т. п.

Сталь марки ХВ4 отличается особой твердостью и износостойкостью и используется при изготовлении инструмента для чистовой обработки металлов (развертки, шаберы, гравировальные резцы, пилы по металлу и резцы для обработки твердых металлов резанием).

При изготовлении высокопроизводительного инструмента, предназначенного для работы с высокими скоростями резания, применяются быстрорежущие стали. Главным достоинством последних является высокая теплостойкость (обеспечивается введением значительного количества карбидообразующих элементов: W, Mo, V, Co).

Быстрорежущие стали подвергают термической обработке специальных видов. Для улучшения обрабатываемости резанием послековки быстрорежущую сталь отжигают при 800-860 °С. Требуемую теплостойкость быстрорежущие стали приобретают после закалки и многократного отпуска. Отличительной особенностью закалки этих сталей является медленный нагрев и прогревание при 480 и 850 °С в средах, предотвращающих их окисление и обезуглероживание. Для сокращения числа операций отпуска после закалки стали ее обрабатывают холодом (-80 °С). Для повышения износостойкости инструмент из быстрорежущих сталей подвергают цианированию.

По режущим свойствам быстрорежущие стали разделяют на:

- нормальной производительности (вольфрамовые Р18, Р12, Р9, Р9Ф5 и вольфраммолибденовые Р6М3, Р6М5), с теплостойкостью инструмента до 620 °С;

- повышенной производительности, имеющие в своем составе кобальт, или с повышенным содержанием ванадия (марок P18Ф2, P14Ф4, P14Ф4, P18K5Ф2, PУМ4K8); с теплостойкостью инструмента до 640°C.

Инструмент из быстрорежущих сталей применяют преимущественно для резания высокопрочных и труднообрабатываемых материалов.

Стали для измерительного инструмента обладают высокой износостойкостью и свойством сохранять стабильные размеры и форму изделий в течение длительного времени.

Высокоуглеродистые хромистые стали марок X, ХВГ, ХГ, 9ХС, 12Х1 нашли самое широкое применение для изготовления измерительного инструмента, закаливаемого до твердости 57-60 НRс. Закалку проводят в масле при температуре 840-880 °С. Инструмент повышенной точности подвергают обработке холодом при -50°C.

Стали марок 15, 20, 15Х, 20Х, 12ХН3А используют при изготовлении плоских и длинномерных измерительных инструментов. Закалку поверхностного слоя производят, как правило, токами высокой частоты (ТВЧ), что позволяет обеспечить высокую износостойкость поверхностного слоя инструментов при сохранении стабильности их размеров.

Сталь марки 38ХМЮА используют при изготовлении инструмента большого размера и сложной формы.

Твердые сплавы - материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов ванадия, титана, тантала с металлической связующей, полученные методами порошковой металлургии.

Порошки карбидов смешивают с кобальтовой связкой, прессуют и спекают при 1400-1550 °С в среде водорода или в вакууме.

В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы подразделяются на:

ВК - вольфрамовые;

ТК - титановольфрамовые;

ТТК - титанотанталовольфрамовые.

Маркируются твердые сплавы буквами и цифрами. В сплавах ВК и ТТК цифры показывают содержание кобальта, в сплавах ТК - содержание карбида вольфрама в процентах. Цифры после букв Т и ТТ указывают содержание карбидов титана и суммарное содержание карбидов титана и тантала.

Твердые сплавы имеют высокие пределы прочности при сжатии (до 6000 МПа), твердость (74-76 НRс), теплостойкость (до 1000°C). Главными недостатками твердых сплавов являются их хрупкость и трудность механической обработки.

Твердые сплавы в виде пластин механическим способом или латунным припоем крепят на режущем инструменте. Инструменты с твердосплавными пластинами применяют в наиболее тяжелых условиях резания с максимальными скоростями.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что называется сплавом железа с углеродом?
 - 2 Назовите структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.
 - 3 Какой сплав называется чугуном?
 - 4 Как подразделяются стали по процентному содержанию углерода?
 - 5 Расскажите о классификации сталей.
 - 6 Какие постоянные примеси содержатся в сталях? В каком количестве?
 - 7 Как обозначаются углеродистые стали?
 - 8 Расскажите о классификации чугунов.
 - 9 Для изготовления каких деталей используют белый и серый чугуны?
 - 10 Какие детали изготавливают из высокопрочного и ковкого чугунов?
 - 11 Как обозначаются высокопрочные и ковкие чугуны?
 - 12 Какие химические элементы используют для легирования стали?
 - 13 Как обозначаются легированные стали?
 - 14 Какие стали называют быстрорежущими?
 - 15 Назовите способы защиты металла от коррозии.
- Литература: (2.с.34-72, 6.с.24-68)

Тема2.2 Основы 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.

Термическая обработка используется в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости резанием, давлением и др. и как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень физико-механических свойств детали.

Основными факторами любого вида термической обработки являются температура, время, скорость нагрева и охлаждения. Режим термообработки обычно представляется графиком в координатах температура-время. Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.

Виды термической обработки стали

Различают три основных вида термической обработки металлов:

- собственно термическая обработка, которая предусматривает только температурное воздействие на металл;
- химико-термическая обработка, при которой в результате взаимодействия с окружающей средой при нагреве меняется состав поверхностного слоя металла и происходит его насыщение различными химическими элементами;
- термомеханическая обработка, при которой структура металла изменяется за счет термического и деформационного воздействия.

Основные виды собственно термической обработки стали:

- отжиг первого рода - нагрев, выдержка и охлаждение стального изделия с целью снятия остаточных напряжений и искажений кристаллической решетки после предшествующей обработки;

- отжиг второго рода - нагрев выше температуры фазового превращения и медленное охлаждение, для получения равновесного фазового состава стали;

- закалка - нагрев выше температур фазового превращения с последующим быстрым охлаждением для получения структурно неравновесного состояния;

- отпуск - нагрев закаленной стали ниже температур фазовых превращений и охлаждение для снятия остаточных напряжений после закалки. Если отпуск проводится при комнатной температуре или несколько ее превышающей, он называется старением.

Влияние термической обработки на механические свойства стали

Термическая обработка проводится для изменения механических свойств стали (прочности, твердости, пластичности, вязкости). Эти свойства зависят от структуры стали после термической обработки.

После отжига, отпуска, нормализации (отпуск с охлаждением на воздухе) структура стали состоит из пластичного феррита и цементита, обладающего высокой твердостью и хрупкостью. Включения карбидов оказывают упрочняющее действие на стали. При малом числе цементитных включений стали пластичны и имеют невысокую твердость. Измельчение частиц цементита при термической обработке приводит к упрочнению стали. При укреплении частиц цементита увеличивается способность стали к пластической деформации.

Повышение температуры отпуска закаленных изделий, ведущее к укрупнению цементитных частиц, снижает прочность. Прочность снижается при уменьшении скорости охлаждения в процессе закалки или повышении температуры из термического распада.

После закалки структура стали состоит из мартенсита и остаточного аустенита. Твердость определяется твердостью мартенсита и его количеством. Пластичность закаленной стали зависит не только от содержания мартенсита, но и от его дисперсности (размера игл). Для обеспечения высокого комплекса механических свойств стремятся получить после закалки мелкоигльчатую структуру, что достигается при мелкозернистой структуре аустенита до превращения.

Твердость стали зависит от температуры изотермического распада аустенита. Чем ниже температура изотермического распада аустенита, тем выше дисперсность перлитных фаз и вследствие этого выше твердость стали.

Заключительной операцией термической обработки является отпуск. При отпуске стальное изделие приобретает свои окончательные свойства. Чем выше температура отпуска, тем ниже прочность и выше пластичность стали. Наибольшая пластичность соответствует отпуску при температуре 600-650 °С.

Механические свойства стали после закалки и высокого отпуска оказываются выше по сравнению с отожженной или нормализованной сталью.

Двойная термическая обработка, состоящая в закалке с последующим высоким отпуском, ведущая к существенному улучшению общего комплекса механических свойств, называется улучшением и является основным видом термической обработки конструкционных сталей.

Отжиг и нормализация

Отжиг - термическая обработка, при которой сталь нагревается до определенной температуры, выдерживается при ней и затем медленно охлаждается в печи для получения равновесной, менее твердой структуры, свободной от остаточных напряжений.

К отжигу I рода, не связанному с фазовыми превращениями в твердом состоянии, относятся:

- диффузионный отжиг (или гомогенизация) -нагрев до 1000-1100 °С для устранения химической неоднородности, образовавшейся при кристаллизации металла. Гомогенизации подвергают слитки или отливки высоколегированных сталей. Получается крупнозернистая структура, которая измельчается при последующем полном отжиге или нормализации;

- рекристаллизационный отжиг, который применяется для снятия наклепа после холодной пластической деформации. Температура нагрева чаще всего находится в пределах 650-700 °С;

- отжиг для снятия внутренних напряжений. Применяют с целью уменьшения напряжений, образовавшихся в металле при литье, сварке, обработке резанием и т. д. Температура отжига находится в пределах 200-700 °С, чаще 350- 600 °С.

Отжиг II рода (или фазовая перекристаллизация) может быть полным и неполным:

- полный отжиг - нагрев стали на 30-50 ° выше верхней критической точки (линия GS) с последующим медленным охлаждением. При этом отжиге происходит полная перекристаллизация: при нагреве феррито-перлитная структура переходит в аустенитную, а при охлаждении аустенит превращается обратно в феррит и перлит.

Полному отжигу подвергают отливки, поковки, прокат для измельчения зерна, снятия внутренних напряжений. При этом повышаются пластичность и вязкость.

- неполный отжиг отличается от полного тем, что сталь нагревают до более низкой температуры (на 30-50° выше температуры перлитного превращения). При этом произойдет перекристаллизация только перлитной составляющей. Это более экономичная операция, чем полный отжиг, так как нагрев производится до более низких температур.

При неполном отжиге улучшается обрабатываемость резанием в результате снижения твердости и повышения пластичности стали.

Изотермический отжиг заключается в нагреве и выдержке при температуре на 30-50 ° выше верхней критической точки, охлаждении до 600-700°C, выдержке при этой температуре до полного превращения аустенита в перлит и последующем охлаждении на воздухе. При таком отжиге уменьшается время охлаждения, улучшается обрабатываемость резанием. Применяется для легированных сталей.

Нормализация - разновидность отжига; при нормализации охлаждение проводится на спокойном воздухе. Скорость охлаждения несколько больше, чем при обычном отжиге, что определяет некоторое отличие свойств отожженной и нормализованной стали.

При нормализации сталь нагревают до аустенитного состояния (выше линии GSE). Благодаря полной фазовой перекристаллизации устраняется крупнозернистая структура, полученная при литье, прокатке или ковке. Охлаждение на воздухе, вне печи, снижает экономические затраты на термообработку. Нормализацию применяют для низкоуглеродистых сталей вместо отжига, а для среднеуглеродистых сталей вместо улучшения (закалка + высокий отпуск).

Закалка

Закалка - это термическая обработка, которая заключается в нагреве стали до температур, превышающих температуру фазовых превращений, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении со скоростью, превышающей критическую минимальную скорость охлаждения. Основной целью закалки является получение высокой твердости, упрочнение. В основе закалки лежит аустенитно-мартенситное превращение.

В зависимости от температуры нагрева различают:

- полную закалку, при которой нагрев осуществляется в однофазную аустенитную область (на 30-50° выше линии GSE). При быстром охлаждении происходит полное превращение аустенита в мартенсит;

- неполную закалку, при которой нагрев осуществляется в двухфазную область (на 30-50° выше линии PSK, но ниже линии GSE) и при охлаждении формируется в доэвтектоидных сталях феррито-мартенситная, а в заэвтектоидных сталях - мартенсито-цементитная структура.

На практике полную закалку применяют для доэвтектоидных сталей, неполную для заэвтектоидных сталей.

Температура нагрева под закалку легированных сталей обычно выше, чем для углеродистых. Диффузионные процессы в легированных сталях протекают медленнее, поэтому для них требуется более длительная выдержка. Нагрев легированных сталей до более высокой температуры и более длительная выдержка не сопровождается ростом зерна, так как легирующие элементы снижают склонность к росту зерна при нагреве. После закалки структура состоит из легированного мартенсита.

Для достижения максимальной твердости при закалке стремятся получать мартенситную структуру. Минимальная скорость охлаждения, необходимая

для переохлаждения аустенита до мартенситного превращения, называется критической скоростью закалки. Скорость охлаждения определяется видом охлаждающей среды.

Обычно для закалки используют кипящие жидкости:

- воду;
- водные растворы солей и щелочей;
- масла.

Выбор конкретной закалочной среды определяется видом изделия. Например, воду с температурой 18-25°C используют в основном при закалке деталей простой формы и небольших размеров, выполненных из углеродистой стали. Детали более сложной формы из углеродистых и легированных сталей закаляют в маслах. Для закалки легированных сталей часто используют водные растворы NaCl и NaOH с наиболее высокой охлаждающей способностью. Для некоторых легированных сталей достаточная скорость охлаждения обеспечивается применением спокойного или сжатого воздуха.

Из-за пониженной теплопроводности легированных сталей их нагревают и охлаждают медленнее.

Важными характеристиками стали, необходимыми для назначения технологических режимов закалки, являются закаливаемость и прокаливаемость. Закаливаемость характеризует способность стали к повышению твердости при закалке и зависит главным образом от содержания углерода в стали. Закаливаемость оценивают по твердости поверхностного слоя стального образца после закалки.

Прокаливаемость характеризует способность стали закаливаться на требуемую глубину. Прокаливаемость оценивается по расстоянию от поверхности изделия до слоя, в котором содержится не менее 50% мартенсита. Зависит прокаливаемость от критической скорости охлаждения: чем меньше критическая скорость закалки, тем выше прокаливаемость. На прокаливаемость оказывают влияние химический состав стали, характер закалочной среды, размер и форма изделия и многие другие факторы. Легирование стали способствует увеличению ее прокаливаемости. Прокаливаемость деталей из среднеуглеродистой стали при закалке в масле ниже, чем при закалке в воде. Прокаливаемость резко уменьшается с увеличением размеров заготовки. При сквозной прокаливаемости по сечению изделия механические свойства одинаковы, при несквозной прокаливаемости в сердцевине наблюдается снижение прочности, пластичности и вязкости металла. Прокаливаемость является важной характеристикой стали и при выборе марки стали рассматривается наряду с ее механическими свойствами, технологичностью и себестоимостью.

Способы закалки стали:

- закалка в одном охладителе, при которой нагретая деталь погружается в охлаждающую жидкость и остается там до полного охлаждения. Наиболее простой способ. Недостаток - возникновение значительных внутренних напряжений. Закалочная среда - вода для углеродистых сталей сечением более 5 мм, масло - для деталей меньших размеров и легированных сталей;

- закалка в двух средах, при которой деталь до 300-400°C охлаждают в воде, а затем переносят в масло. Применяют для уменьшения внутренних напряжений при термообработке изделий из инструментальных высокоуглеродистых сталей. Недостаток - трудность регулирования выдержки

- ступенчатая закалка, при которой деталь быстро охлаждается погружением в соляную ванну с температурой, немного превышающей температуру мартенситного превращения, выдерживается до достижения одинаковой температуры по всему сечению, а затем охлаждается на воздухе. Медленное охлаждение на воздухе снижает внутренние напряжения и возможность коробления. Недостаток - ограничение размера деталей;

- изотермическая закалка, при которой деталь выдерживается в соляной ванне до окончания изотермического превращения аустенита. Применяют для конструкционных легированных сталей. При такой закалке обеспечивается достаточно высокая твердость при сохранении повышенной пластичности и вязкости;

- закалка с самоотпуском, при которой в закалочной среде охлаждают только часть изделия, а теплота, сохранившаяся в остальной части детали после извлечения из среды, вызывает отпуск охлажденной части. Применяют для термообработки ударного инструмента типа зубил, молотков, которые должны сочетать высокую твердость и вязкость;

- обработка холодом состоит в продолжении охлаждения закаленной стали ниже 0°C до температур конца мартенситного превращения (обычно не ниже -75°C). В результате обработки холодом повышается твердость и стабилизируются размеры деталей. Наиболее распространенной является охлаждающая среда смеси ацетона с углекислотой.

Отпуск и искусственное старение

Отпуск - это заключительная операция термической обработки стали, которая заключается в нагреве ниже температуры перлитного превращения (727°C), выдержке и последующем охлаждении. При отпуске формируется окончательная структура стали. Цель отпуска - получение заданного комплекса механических свойств стали, а также полное или частичное устранение закалочных напряжений.

Различают следующие виды отпуска:

- низкий отпуск проводят при 150-200°C для снижения внутренних напряжений и некоторого уменьшения хрупкости мартенсита. Закаленная сталь после низкого отпуска имеет структуру отпущенного мартенсита, твердость ее почти не снижается, а прочность и вязкость повышаются. Низкий отпуск применяют для углеродистых и низколегированных сталей, из которых

изготавливается режущий и измерительный инструмент, а также для машиностроительных деталей, которые должны обладать высокой твердостью и износостойкостью;

- средний отпуск проводят при 350-450 °С для некоторого

снижения твердости при значительном увеличении предела упругости. Структура стали представляет троостит отпуска, обеспечивающий высокие пределы прочности, упругости и выносливости, а также улучшение сопротивляемости действию ударных нагрузок. Этот отпуск применяют для пружин, рессор и для инструмента, который должен иметь значительную прочность и упругость при достаточной вязкости;

- высокий отпуск проводят при 440-650 °С для достижения оптимального сочетания прочностных, пластических и вязких свойств. Структура стали представляет собой однородный сорбит отпуска с зернистым строением цементита. Высокий отпуск применяется для конструкционных сталей, детали из которых подвергаются действию высоких напряжений и ударным нагрузкам. Термическая обработка, состоящая из закалки с высоким отпуском (улучшение), является основным видом термической обработки конструкционных сталей.

Отпуск легированных сталей проводят при более высоких температурах, чтобы ускорить диффузию легирующих элементов. Все легирующие элементы, особенно хром, молибден, кремний, затрудняют процесс распада мартенсита при нагреве. Структура отпущенного мартенсита может сохраняться при 400-600 °С.

При одинаковой температуре отпуска прочность и пластичность легированных сталей выше, чем углеродистых.

Искусственное старение - это отпуск при невысоком нагреве. При искусственном старении детали нагревают до температуры 120-150 °С и выдерживают при ней в течение 10-35 часов. Длительная выдержка позволяет, не снижая твердости закаленной стали, стабилизировать размеры деталей.

Искусственное старение значительно ускоряет процессы, которые происходят при естественном старении. Естественное старение заключается в выдержке деталей и инструмента при комнатной температуре и длится три и более месяцев.

Термомеханическая и механотермическая обработка

Повысить комплекс механических свойств стали по сравнению с обычной термической обработкой позволяют методы, сочетающие термическую обработку с пластическим деформированием.

Термомеханическая обработка (ТМО) заключается в сочетании пластической деформации стали в аустенитном состоянии с закалкой. После закалки проводят низкотемпературный отпуск.

В зависимости от температуры, при которой сталь подвергают пластической деформации, различают два основных способа термомеханической обработки:

- высокотемпературную термомеханическую обработку (ВТМО), при которой деформируют сталь, нагретую до однофазного аустенитного состояния (выше линии GS на диаграмме железо-цементит). Степень деформации составляет 20-30 %. После деформации следует немедленная закалка (рис. 30, а);

- низкотемпературную термомеханическую обработку (НТМО), при которой сталь деформируют в области устойчивости переохлажденного аустенита (400-600°C); температура деформации ниже температуры рекристаллизации, но выше температуры начала мартенситного превращения. Степень деформации составляет 75-95%. Сразу после деформации проводят закалку.

В обоих случаях после закалки следует низкотемпературный отпуск (100-300 °C).

Термомеханическая обработка позволяет получить очень высокую прочность при хорошей пластичности и вязкости. Наибольшее упрочнение достигается при НТМО, но проведение ее более сложно по сравнению с ВТМО, так как требуются более высокие усилия деформации. ВТМО более технологична, она обеспечивает большой запас пластичности и лучшую конструктивную прочность.

Механотермическая обработка, так же как и термомеханическая, сочетает закалку и деформирование, но имеет обратный порядок этих процессов: сначала сталь подвергают термической обработке, а затем деформируют. Одним из видов механотермической обработки является патентирование.

Патентирование заключается в термической обработке на троостит с последующей деформацией на 90-95%. Такая обработка позволяет достичь предела прочности тонкой проволоки из высокоуглеродистой стали до 5000 МПа.

В практике механотермической обработки также используется деформирование образца на 3-5 % после мартенситного превращения, что позволяет повысить предел прочности на 10- 20 %.

Поверхностная закалка

Поверхностная закалка - это термическая обработка, при которой закаливается только поверхностный слой изделия на заданную глубину, тогда как сердцевина изделия остается незакаленной. В результате поверхностный слой обладает высокой прочностью, а сердцевина изделия остается пластичной и вязкой, что обеспечивает высокую износостойкость и одновременно стойкость к динамическим нагрузкам.

В промышленности применяют следующие методы поверхностной закалки:

- закалку с индукционным нагревом токами высокой частоты при массовой обработке стальных изделий;

- газопламенную поверхностную закалку пламенем газовых или кислород-ацетиленовых горелок (температура пламени 2400-3000 °C) для единичных крупных изделий;

- закалку в электролите для небольших деталей в массовом производстве;
- лазерную закалку, позволяющую существенно увеличить износостойкость, предел выносливости при изгибе и предел контактной выносливости.

Закалка с индукционным нагревом (нагрев ТВЧ) - наиболее распространенный способ поверхностной закалки.

Деталь помещают в индуктор, который представляет собой медные трубки с циркулирующей внутри водой для охлаждения. К индуктору подводят переменный электрический ток. Внутри индуктора возникает переменное магнитное поле. Магнитный поток индуцирует в металле изделия вихревые токи, вызывающие нагрев поверхности. Основное количество тепла выделяется в тонком поверхностном слое. Глубина нагрева зависит от свойств металла и частоты тока. Чем больше частота тока, тем тоньше получается закаленный слой.

После нагрева в индукторе деталь охлаждается с помощью специального охлаждающего устройства. Через имеющиеся в нем отверстия на поверхность детали разбрызгивается охлаждающая жидкость. Закаленные изделия подвергают отпуску при 160-200 °С.

Преимущества поверхностной закалки ТВЧ:

- регулируемая глубина закаленного слоя;
- высокая производительность;
- возможность автоматизации;
- отсутствие обезуглероживания и окалинообразования;
- минимальное коробление детали.

Недостатком является высокая стоимость индуктора, индивидуального для каждой детали.

Поверхностную закалку применяют для углеродистых сталей, почти не содержащих около 0,4 % углерода, для легированных сталей ее почти не применяют. Высокочастотной закалке подвергают шейки коленчатых валов, гильзы цилиндров, поршне- вые пальцы, пальцы рессоры и т. д. Толщина упрочняемого слоя составляет 1,5-3 мм, если требуется только высокая износостойкость, и возрастает до 5-10 мм в случае высоких контактных нагрузок и возможной перешлифовки.

Химико-термическая обработка стали

Химико-термической обработкой называется тепловая обработка металлических изделий в химически активных средах для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев. Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагреве в среде, содержащей эти элементы.

Любой вид химико-термической обработки состоит из следующих процессов:

- диссоциация - распад молекул и образование активных атомов насыщенного элемента, протекает во внешней среде;

- адсорбция - поглощение (растворение) поверхностью металла свободных атомов, происходит на границе газ-металл;

- диффузия - перемещение атомов насыщающего элемента с поверхности вглубь металла.

Насыщающий элемент должен взаимодействовать с основным металлом, образуя твердые растворы или химические соединения, иначе процессы адсорбции и диффузии невозможны. Глубина проникновения диффундирующих атомов (толщина диффузионного слоя) зависит от состава стали, температуры и продолжительности насыщения.

Цементация - это процесс диффузионного насыщения по- верхностного слоя стали углеродом. Целью цементации является

получение твердой и износостойкой поверхности в сочетании с вязкой сердцевиной. Для этого поверхностный слой обогащают углеродом до концентрации 0,8-1,0 % и проводят закалку с низким отпускком.

Цементацию проводят при температурах 920-950°C, когда устойчив аустенит, растворяющий углерод в больших количествах. Для цементации используют низкоуглеродистые стали (0,1-0,3 % C), поэтому сердцевина стального изделия сохраняет вязкость. Толщина (глубина) цементированного слоя составляет 0,5-2,5 мм.

Структура слоя после цементации обычно получается круп- нозернистой, так как выдержку проводят при высокой температуре. Для исправления структуры, измельчения зерна и повышения комплекса механических свойств поверхностного слоя проводят термообработку: закалку (820-850°C) и низкий отпуск (150-170°C).

После термической обработки структура поверхностного слоя представляет собой мартенсит или мартенсит с небольшим количеством карбидов (твердость HRC 60-64). Структура сердцевины деталей из углеродистых сталей - феррит и перлит; из легированных сталей - низкоуглеродистый мартенсит, троостит или сорбит (твердость HRC 20-40) в зависимости от марки стали и размеров изделия.

Науглероживающей средой при цементации служат:

- твердые карбюризаторы (науглероживающие вещества), в качестве которых применяют смесь древесного угля с углекислым барием, кальцием и натрием;

- жидкие соляные ванны, в состав которых входят поваренная соль, углекислый натрий, цианистый натрий и хлористый барий;

- газы, содержащие углерод (природный, светильный и др.). Газовая цементация является основным процессом для массового производства.

Цементируют детали, работающие в условиях трения, при больших давлениях и циклических нагрузках, например, шестерни, поршневые пальцы, распределительные валы и др.

Азотирование - это процесс диффузионного насыщения по- верхностного слоя стали азотом для придания этому слою высокой твердости, износостойкости и устойчивости против коррозии.

Процесс азотирования состоит в выдержке в течение довольно длительного времени (до 60 часов) деталей в атмосфере аммиака при температуре 500-600°C. Аммиак при нагреве разлагается на азот и водород:



Активные атомы азота проникают в решетку железа и диффундируют в ней. При этом образуются нитриды железа, но они не обеспечивают достаточной твердости. Высокую твердость азотированному слою придают нитриды легирующих элементов, таких как хром, молибден, алюминий, титан.

Поэтому азотированию подвергают легированные стали, со- держащие указанные элементы. Углеродистые стали подвергают только антикоррозионному азотированию.

Азотированию подвергают готовые изделия, уже прошедшие механическую и окончательную термическую обработку (закалку с высоким отпуском). Они имеют высокую прочность и вязкость, которые сохраняются в сердцевине детали и после азотирования. Высокая прочность металлической основы необходима для того, чтобы тонкий и хрупкий азотированный слой не продавливался при работе детали. Глубина азотированного слоя составляет 0,3-0,6 мм. Высокая твердость поверхностного слоя достигается сразу после азотирования и не требует последующей термической обработки.

Преимущества азотирования по сравнению с цементацией:

- более высокая твердость и износостойкость поверхностного слоя;
- сохранение высоких свойств поверхностного слоя при нагреве до 400-600 °С;
- высокие коррозионные свойства;
- после азотирования не требуется закалка. Недостатки азотирования по сравнению с цементацией:
- более высокая длительность процесса;
- применение дорогостоящих легированных сталей.

Поэтому азотирование применяют для более ответственных деталей, от которых требуется особо высокое качество поверхностного слоя. Азотированию подвергают детали автомобилей: шестерни, коленчатые валы, гильзы, цилиндры и др.

Цианирование (нитроцементация) - это процесс совместного насыщения поверхности стальных изделий азотом и углеродом. Основной целью цианирования является повышение твердости и износостойкости деталей.

Цианирование может производиться:

- в расплавленных солях, содержащих цианистый натрий NaCN или цианистый калий KCN , либо
- в газовой среде (нитроцементация), состоящей из эндотермического газа с добавлением природного газа и аммиака. Состав и свойства цианированного слоя зависят от температуры проведения цианирования. С повышением температуры содержание азота в слое уменьшается, а углерода увеличивается.

В зависимости от температуры процесса различают:

- высокотемпературное цианирование. Проводится при $850-950^{\circ}\text{C}$. После цианирования детали охлаждают на воздухе, а затем подвергают закалке и низкому отпуску. Применяют для деталей из низко- и среднеуглеродистых, а также легированных сталей;
- низкотемпературное цианирование. Температура цианирования $500-600^{\circ}\text{C}$. Поверхностный слой насыщается преимущественно азотом. Применяют для деталей из среднеуглеродистых сталей и инструмента из быстрорежущей стали.

Преимущества цианирования по сравнению с цементацией:

- более высокая твердость и износостойкость цианированного слоя;
- более высокое сопротивление коррозии;
- меньше деформация и коробление деталей сложной формы;
- выше производительность.

Недостатки цианирования по сравнению с цементацией:

- высокая стоимость;
- высокая токсичность цианистых солей.

Цианирование широко применяют в тракторном и автомобильном производстве.

Диффузионная металлизация - это процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали различными металлами (алюминием, хромом, кремнием, бором). После диффузионной металлизации детали приобретают ряд ценных свойств, например, жаростойкость, окалиностойкость и др.

Диффузионная металлизация может проводиться:

- в твердой среде; металлизатором является ферросплав (феррохром, ферросилиций и т. д.) с добавлением хлористого аммония (NH_4Cl);

- в расплавленном металле с низкой температурой плавления (цинк, алюминий), которую проводят погружением детали в расплав;

- в газовой среде, содержащей хлориды различных металлов. При твердой и газовой металлизации насыщение происходит с помощью летучих соединений хлора с металлом $AlCl_3$, $SiCl_4$ и др., которые при $1000-1100^\circ C$ вступают в обменную реакцию с железом с образованием активного диффундирующего атома металла.

Алитирование - это процесс диффузионного насыщения

поверхностного слоя алюминием. Проводится в порошкообразных смесях или расплавленном алюминии. Толщина алитированного слоя составляет $0,2-1,0$ мм; концентрация алюминия в нем до 30%. Алитирование применяют для повышения коррозионной стойкости и жаростойкости деталей из углеродистых сталей, работающих при высокой температуре.

Хромирование - это процесс диффузионного насыщения поверхности хромом. Толщина слоя составляет $0,2$ мм. Хромирование используют для изделий из сталей любых марок. При хромировании обеспечивается высокая стойкость против газовой коррозии до $800^\circ C$, окалиностойкость и износостойкость деталей в агрессивных средах (морская вода, кислоты).

Силицирование - это процесс диффузионного насыщения поверхности кремнием. Толщина слоя составляет $0,3-1,0$ мм. Силицирование обеспечивает наряду с повышенной износостойкостью высокую коррозионную стойкость стальных изделий в кислотах и морской воде. Применяется для деталей, используемых в химической и нефтяной промышленности.

Борирование - это процесс диффузионного насыщения поверхности бором. Толщина борированного слоя достигает $0,4$ мм. Борирование придает поверхностному слою исключительно высокую твердость, износостойкость и устойчивость против коррозии в различных средах.

Дефекты и брак при термической обработке

При термической обработке могут возникнуть дефекты, связанные как с режимом и технологией ее проведения, так и с особенностями конструкции изделия. Одни виды дефектов неисправимы (трещины, пережог), другие можно устранить последующими операциями механической или термической обработки.

При отжиге и нормализации могут появиться следующие дефекты:

- коррозия - окисление металла при взаимодействии поверхности стальных деталей с печными газами. При этом образуется окалина, повреждается

поверхность детали, что затрудняет обработку металла режущим инструментом. Окалину удаляют травлением в растворе серной кислоты, очисткой в дробеструйных установках или галтовочных барабанах;

- обезуглероживание - выгорание углерода с поверхности детали, происходит при окислении стали. Приводит к резкому снижению прочности, может вызвать образование закалочных трещин и коробление. Для предохранения деталей от окисления и обезуглероживания при отжиге, нормализации и закалке в рабочее пространство печи вводят безокислительные (защитные) газы;

- перегрев - образование крупнозернистой структуры стали при нагреве выше определенных температур и длительной выдержке. Перегрев ведет к понижению пластичности, образованию трещин при закалке. Исправляется повторным отжигом или нормализацией;

- пережог может возникнуть в результате нагрева при еще более высоких температурах и длительной выдержке металла при высокой температуре в окислительной атмосфере печи. Пережог сопровождается окислением и частичным оплавлением границ зерен. Металл становится хрупким. Пережог является неисправимым браком.

В процессе закалки могут возникнуть следующие дефекты:

- закалочные трещины (наружные или внутренние) образуются вследствие высоких внутренних напряжений и являются неисправимым браком. Трещины возникают при неправильном нагреве (перегреве) и большой скорости охлаждения деталей, а также если в изделии имеются резкие переходы от тонких сечений к толстым, выступы, заостренные углы и т. п.;

- деформация - изменение формы и размеров изделия, происходит в результате внутренних напряжений, вызванных неравномерным охлаждением и фазовыми превращениями;

- коробление - несимметричная деформация изделий. Коробление может происходить вследствие причин, вызывающих деформацию, а также при неправильном положении детали при погружении ее в закалочную среду;

- мягкие пятна - участки на поверхности инструмента с пониженной твердостью. Образуются в местах, где имелись окалина, загрязнения, участки с обезуглероженной поверхностью, а также при недостаточно быстром движении деталей в закалочной среде;

- низкая твердость инструмента является следствием недогрева, недостаточной выдержки или недостаточно быстрого охлаждения в

закалочной среде. Для исправления такого дефекта деталь подвергают высокому отпуску и повторной закалке;

- перегрев и недогрев под закалку приводят к снижению механических свойств. Исправляют эти дефекты отжигом, после которого снова проводят закалку;

- окисление и обезуглероживание поверхности изделия предупреждается строгим соблюдением режима термической обработки и нагревом в среде нейтральных газов (азот, аргон).

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что называется термической обработкой металлов?
Какие структурные превращения происходят при термической обработке стали?
- 2 С какой целью проводится термическая обработка сталей?
- 3 Назовите виды термической обработки стали.
- 4 Объясните, что такое отжиг первого и второго рода.
- 5 В чём заключается процесс нормализации стали?
- 6 Что такое закалка стали?
- 7 Что такое отпуск стали?
- 8 Назовите способы поверхностного упрочнения стали.
- 9 Какие методы поверхностной закалки вы знаете?
- 10 Как осуществляется закалка токами высокой частоты?
- 11 Назовите виды химико-термической обработки.
- 12 Что такое цементация, азотирование и цианирование стали?
- 13 Назовите процессы диффузионной металлизации. В чём их суть?
- 14 В чём заключается упрочнение поверхностным пластическим деформированием?
- 15 Какие виды брака изделий могут возникнуть в результате нарушения технологии термической обработки сталей?

Тема 2.3 Цветные металлы и их сплавы.

Многие цветные металлы и их сплавы обладают рядом ценных свойств: хорошей пластичностью, вязкостью, высокой электро- и теплопроводностью, коррозионной стойкостью и другими достоинствами. Благодаря этим качествам цветные металлы и их сплавы занимают важное место среди конструкционных материалов.

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

Многие цветные металлы и их сплавы обладают рядом ценных свойств: хорошей пластичностью, вязкостью, высокой электро- и теплопроводностью, коррозионной стойкостью и другими достоинствами. Благодаря этим качествам цветные металлы и их сплавы занимают важное место среди конструкционных материалов.

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

Железо и его сплавы - чугун и сталь - называют черными металлами. Все остальные металлы относятся к категории цветных, в том числе и благородные металлы - золото, серебро, платина.

Разнообразие цветных металлов и обусловило разные методы их получения.

Как и черные металлы, цветные получают из рудного концентрата - предварительно обогащенной руды.

Производство меди

Извлечение меди из руд производится двумя способами: гидрометаллургическим и пирометаллургическим. Более широкое применение получил пирометаллургический способ, включающий следующие операции:

- обогащение руд с получением концентрата;
- обжиг концентрата;
- плавку на медный штейн сплав;
- получение черновой меди;
- рафинирование.

После обогащения рудные концентраты подвергают обжигу для частичного удаления (до 50%) серы. Руда, прошедшая обжиг, направляется на дальнейшую переработку, а образовавшийся сернистый газ SO_2 используется для производства серной кислоты.

Медь и ее сплавы

Медь в чистом виде имеет красный цвет; чем больше в ней примесей, тем грубее и темнее излом. Температура плавления меди $1083^{\circ}C$, плотность - $8,92 \text{ г/см}^3$ •

Выпускают медь следующих марок:

- катодная- МВ4к, МООк, МОку, М1к;
- бескислородная - МООб, МОб, М1б;
- катодная переплавленная - М1у;
- раскисленная- М1р, М2р, М3р, М3.

Примеси оказывают существенное влияние на физико-механические характеристики меди. По содержанию примесей различают марки меди:

МОО (99,99 % Cu), МО (99,95 % Cu), М1 (99,9 % Cu), М2 (99,7 % Cu), М3 (99,50 % Cu).

Главными достоинствами меди как машиностроительного материала являются высокие тепло- и электропроводность, пластичность, коррозионная стойкость в сочетании с достаточно высокими механическими свойствами. К недостаткам меди относят низкие литейные свойства и плохую обрабатываемость резанием.

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

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

Медные сплавы классифицируют: по химическому составу на:

- латуни;
- бронзы;
- медноникелевые сплавы;

по технологическому назначению на:

- деформируемые;
- литейные;

по изменению прочности после термической обработки на:

- упрочняемые;
- неупрочняемые.

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

- простые (двойные) латуни;
- многокомпонентные (легированные) латуни.

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

В марках легированных латуней группы букв и цифр, стоящих после них, обозначают легирующие элементы и их содержание в процентах. Например, сплав ЛАНКМц 75-2-2,5-0,5-0,5-латунь алюминиево-никель-кремнисто-марганцевая, содержащая 75 % меди, 2 % алюминия, 2,5% никеля, 0,5 % кремния, 0,5 % марганца, остальное - цинк.

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

Бронзы - это сплавы меди с оловом и другими элементами (алюминий, кремний, марганец, свинец, бериллий). В зависимости от содержания основных компонентов, бронзы можно условно разделить на:

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

Бронзы маркируют буквами «Бр», правее ставятся буквенные индексы элементов, входящих в состав. Затем следуют цифры, обозначающие среднее содержание элементов в процентах (цифру, обозначающую содержание меди в бронзе, не ставят). Например, сплав марки БрОЦС 5-5-5 означает, что бронза содержит олова, свинца и цинка по 5%, остальное - медь (85 %).

Сплавы меди с никелем подразделяют на конструкционные и электротехнические

Куниали (медь-никель-алюминий) содержат 6-13% Ni, 1,5- 3% Al, остальное - медь. Они подвергаются термической обработке (закалка-старение). Куниали служат для изготовления деталей повышенной прочности, пружин и ряда электротехнических изделий.

Нейзильберы (медь-никель-цинк) содержат 15% Ni, 20 % Sn, остальное - медь. Они имеют белый цвет, близкий к цвету серебра. Нейзильберы хорошо сопротивляются атмосферной коррозии. Их применяют в приборостроении и производстве часов.

Мельхиоры (медь-никель и небольшие добавки железа и марганца до 1 %) обладают высокой коррозионной стойкостью. Их применяют для изготовления теплообменных аппаратов, штампованных и чеканных изделий.

Копель (медь-никель-марганец) содержат 43 % Ni, 0,5 Mn, остальное - медь. Это специальный сплав с высоким удельным электросопротивлением, используемый для изготовления электронагревательных элементов.

Производство алюминия

Алюминий является самым распространенным металлом в земной коре. Он преимущественно встречается в виде соединений с кислородом и кремнием -

алюмосиликатов. Для получения алюминия используют руды, богатые глиноземом Al_2O_3 (бокситы).

Технологический процесс производства алюминия состоит из этапов:

- извлечение глинозема из алюминиевых руд;
- электролиз расплавленного глинозема с получением первичного алюминия;
- рафинирование.

Алюминий и его сплавы

Алюминий - металл серебристо-белого цвета, характеризуется низкой плотностью $2,7 \text{ г/см}^3$, высокой электропроводностью, температура плавления $660 \text{ }^\circ\text{C}$. Механические свойства алюминия невысокие, поэтому в чистом виде как конструкционный материал применяется ограниченно.

Для повышения физико-механических и технологических свойств алюминий легируют различными элементами (Cu, Mg, Si, Zn). Железо и кремний являются постоянными примесями алюминия. Железо вызывает снижение пластичности и электропроводности алюминия. Кремний, как и медь, магний, цинк, марганец, никель и хром, относится к легирующим добавкам, упрочняющим алюминий.

В зависимости от содержания постоянных примесей различают:

- алюминий особой чистоты марки А 999 (0,001 % примесей);
- алюминий высокой чистоты - А 935, А 99, А 97, А 95 (0,005-0,5 % примесей);
- технический алюминий- А 85, А 8, А 7, А 5, А 0 (0,15-0,5 % примесей).

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

В автомобилестроении широкое применение получили сплавы на основе алюминия. Они классифицируются:

- по технологии изготовления;
- по степени упрочнения после термической обработки;
- по эксплуатационным свойствам.

Производство магния

Сырьем для производства магния являются магнезит, доломит и карналлит.

Существует два способа получения металлического магния: термический и электролитический.

Более распространен электролитический способ производства металлического магния. Он состоит из двух основных процессов: получения хлористого магния из исходного сырья и его электролиза.

Хлористый магний получают обжигом магнезита или доломита и хлорированием образовавшегося оксида магния при 800-900°C в присутствии восстановителя (углерода). Электролиз расплавленного хлорида магния производится в электролизерах.

Магний и его сплавы

Магний - самый легкий (плотность 1,74 г/см³) из технических цветных металлов, серебристого цвета, температура плавления 650°C. При температуре, немногим более температуры плавления, легко воспламеняется и горит ярко-белым пламенем.

Магний относится к числу наиболее распространенных элементов в природе. В виде соединений он входит в состав горных пород - магнезита, доломита, карналита и морской воды (бишофит). Промышленное производство магния основано на электролизе расплавов чистых обезвоженных солей.

Главным достоинством магния как машиностроительного материала являются низкая плотность, технологичность. Однако его коррозионная стойкость во влажных средах, кислотах, растворах солей крайне низка. Чистый магний практически не используют в качестве конструкционного материала из-за его недостаточной коррозионной стойкости. Он применяется в качестве легирующей добавки к сталям и чугунам и в ракетной технике при создании твердых топлив.

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

Сплавы на основе магния классифицируют по:

- механическим свойствам - невысокой, средней прочности; высокопрочные, жаропрочные;
- технологии переработки - литейные и деформируемые;
- отношению к термической обработке - упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой.

Маркировка магниевых сплавов состоит из буквы, обозначающей соответственно сплав (М), и буквы, указывающей способ технологии переработки (А - для деформируемых, Л - для литейных), а также цифры, обозначающей порядковый номер сплава.

Деформируемые магниевые сплавы МА1, МА2, МА3, МА5, МА8 применяют для изготовления полуфабрикатов - прутков, труб, полос и листов, а также для штамповок и поковок.

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

Ввиду низкой коррозионной стойкости магниевых сплавов изделия и детали из них подвергают оксидированию с последующим нанесением лакокрасочных покрытий.

Производство титана

Из-за высокого сродства к кислороду прямое восстановление титана из его оксидов представляет большие трудности.

Процесс получения технического титана состоит из:

- обогащения руды и получения диоксида титана;
- получения четыреххлористого титана;
- восстановления титана и получения титановой губки;
- переплавки титановой губки в слитки.

Основными исходными рудами для производства титана являются ильменит и рутил. Перед переработкой руды обогащают обычными методами (флотацией, магнитной сепарацией и др.).

Восстановление титана производят обычно с помощью магния в специальных реакторах. Восстановленный титан выделяется на стенках реактора в виде губчатой массы, пропитанной хлористым магнием и магнием.

Титан и его сплавы

Титан - серебристо-белый металл низкой плотности ($4,5 \text{ г/см}^3$) с высокими механической прочностью, коррозионной и химической стойкостью. Температура плавления титана 1660°C , с углеродом он образует очень твердые карбиды. Титан удовлетворительно куется, прокатывается и прессуется.

В земной коре содержится около 60 соединений, содержащих титан, промышленную ценность среди которых имеют ильменит, перовскит и сфен.

Основными способами получения титана являются избирательная восстановительная плавка, восстановление тетрахлорида магния, переплав титановой губки. Очистку титана от примесей производят методом зонной плавки.

Механические свойства титана определяются степенью его чистоты. Примеси кислорода, азота и углерода, образующие с титаном различные соединения, оказывают существенное влияние на его свойства. К вредным примесям относится водород, вызывающий охрупчивание титана.

Для получения сплавов титана с заданными механическими свойствами его легируют различными элементами. Алюминий повышает жаропрочность и механическую прочность титана. Ванадий, марганец, молибден и хром повышают жаропрочность титановых сплавов. Сплавы хорошо поддаются горячей и холодной обработке давлением, обработке резанием, имеют удовлетворительные литейные свойства, хорошо свариваются в среде инертных газов. Сплавы работоспособны при температуре до 500°C .

Титановые сплавы классифицируют по:

- технологическому назначению на литейные и деформируемые;
- механическим свойствам - низкой (до 700 МПа), средней (700-1000 МПа) и высокой (более 1000 МПа) прочности;
- эксплуатационным характеристикам - жаропрочные, химически стойкие и др.;
- отношению к термической обработке - упрочняемые и неупрочняемые;
- структуре (а.-, а.+f3- и f3-сплавы).

Деформируемые титановые сплавы по механической прочности выпускаются под марками:

- низкой прочности - ВТ 1;
- средней прочности - ВТ 3, ВТ 4, ВТ 5;
- высокой прочности - ВТ 6, ВТ 14, ВТ 15 (после закалки и старения).

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

Баббиты и припой

Для изготовления деталей, эксплуатируемых в условиях трения скольжения, используют сплавы, характеризующиеся низким коэффициентом трения, прирабатываемостью, износостойкостью, малой склонностью к заеданию.

К группе антифрикционных материалов относят сплавы на основе олова, свинца и цинка.

Олово - матово-белый металл, обладающий низкой температурой плавления (231 °С) и высокой пластичностью. Применяется в составе припоев, медных сплавов (бронза) и антифрикционных сплавов (баббит).

Свинец - металл матового голубовато-серого цвета, обладает низкой температурой плавления (327°С) и высокой пластичностью. Входит в состав медных сплавов (латунь, бронза), антифрикционных сплавов (баббит) и припоев.

Цинк-светло-серый металл с высокими литейными и антикоррозионными свойствами, температура плавления 419°С. Входит в состав медных сплавов (латунь) и твердых припоев.

Баббиты - антифрикционные материалы на основе олова и свинца. В состав баббитов вводятся легирующие элементы, придающие им специфические свойства: медь увеличивает твердость и ударную вязкость; никель - вязкость, твердость, износостойкость; кадмий - прочность и коррозионную стойкость; сурьма - прочность сплава.

Баббиты применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения, работающих при больших окружных скоростях и при переменных и ударных нагрузках.

По химическому составу баббиты классифицируют на группы:

- оловянные (Б83, Б88);
- оловянно-свинцовые (БС6, Б16);
- свинцовые (БК2, БКА).

Лучшими антифрикционными свойствами обладают оловянные баббиты. Баббиты на основе свинца имеют несколько худшие антифрикционные свойства, чем оловянные, но они дешевле и менее дефицитны. Свинцовые

бabbиты применяют в подшипниках, работающих в легких условиях. В конструктивных элементах подвижного состава железных дорог используют подшипники скольжения из кальциевых бabbитов.

Подшипники скольжения из бabbитов изготавливают в виде биметаллических деталей (вкладышей). Для ускорения приработки на их рабочую поверхность наносят слой (0,007-0,05 мм) сплава на оловянной или свинцовой основах. Работоспособность бabbитовых подшипников зависит от температуры в рабочей зоне и толщины вкладыша. При снижении толщины вкладыша ресурс работы подшипника увеличивается. Повышение температуры в рабочей зоне свыше 70°C вызывает резкое падение износостойкости бabbитовых подшипников.

В марках бabbитов цифра показывает содержание олова. Например, бabbит БС6 содержит по 6 % олова и сурьмы, остальное - свинец.

Антифрикционные цинковые сплавы (ЦВМ10-5, ЦАМ9-1,5) используют для изготовления малонагруженных подшипников

скольжения. Их применяют в литом или деформированном виде: для отливки подшипников, изготовления прокатных полос и биметаллических лент с последующей штамповкой изделий. Такие подшипники успешно заменяют бронзовые при температурах эксплуатации, не превышающих 120 °С.

Цинк имеет хорошую коррозионную стойкость в атмосферных условиях и в пресной воде. Поэтому цинк служит для хорошей антикоррозионной защиты сплавов железа и изделий из них. Чистый цинк (марок Ц80, Ц81) применяют в автомобильной промышленности для изготовления источников постоянного тока.

Припой - это металлы или сплавы, используемые при пайке в качестве промежуточного металла (связки) между соединяемыми деталями. Припой имеют более низкую температуру плавления, чем соединяемые металлы. Незначительный нагрев, а вследствие этого отсутствие изменения структуры соединяемых металлов являются основным преимуществом пайки в сравнении со сваркой.

По температуре расплавления припой подразделяют на:

- легкоплавкие (145-450°C) оловянно-свинцовые (ПОС), оловянные, малосурьмянистые и сурмянистые (ПОССу) и др.;
- среднеплавкие (450-1100 °С) медно-цинковые припой (латуни);
- высокоплавкие (1100-1480°C} многокомпонентные припой на основе железа.

Оловянно-свинцовые припои широко применяются во всех отраслях промышленности. Однако они имеют низкую коррозионную стойкость во влажной среде. В таких случаях паяные соединения необходимо защищать лакокрасочными покрытиями. Оловянные припои имеют высокую прочность, пластичность и коррозионную стойкость. Их применяют при пайке радиотехнической и электронной аппаратуры.

Сурьмянистые припои (ПОССу-4-6) применяются при пайке и лужении в автомобильной промышленности.

Медно-цинковые припои (латуни) широко применяют для пайки большинства металлов. Припоями марок ПМЦ-54, Л63, Л68 пользуются при пайке стали, жести, медных сплавов. Припой Мц-48-10-для пайки чугуна.

Легкоплавкие пастообразные припои обычно состоят из трех частей: порошкообразного припоя, флюса и загустителя. Например, паста ПорПОССу-30-2 имеет состав: 70% непосредственно припоя; 20% вазелина; 1,2 % бензойной кислоты; 1,2 % хлористого аммония и 0,6 % эмульгатора ОП-7. Такие пастообразные припои применяют для пайки стальных, медных и никелевых изделий сложной формы и имеющих вертикальные швы.

Тугоплавкие порошкообразные припои применяют для закрепления твердосплавных пластин на режущем инструменте (сверла, резцы и т. п.). Припой состава: 40% ферромарганца; 10 % ферросилиция; 20 % чугуновой и 5 % медной стружки; 15 % толченого стекла - плавится при температуре 1190-1300°С.

Антифрикционные сплавы

Антифрикционные сплавы предназначены для повышения долговечности трущихся поверхностей машин и механизмов. К таким материалам относятся сплавы на основе олова, свинца, меди или алюминия. Антифрикционные свойства сплавов наиболее полно проявляются в подшипниках скольжения.

В подшипниках скольжения трение происходит между валом и вкладышем подшипника. Антифрикционный материал вкладыша подшипника предохраняет вал от износа, сам минимально изнашивается, создает условия для оптимальной смазки и уменьшает трение в силу того, что обладает прочной и пластичной основой, в которой имеются твердые (опорные) включения. При трении пластинчатая основа частично изнашивается, а вал опирается на твердые включения. В этом случае трение происходит не по всей поверхности соприкосновения трущихся деталей, а смазка удерживается в изнашивающихся местах пластичной основы.

Из антифрикционных сплавов наиболее широко применяют баббит, бронзу, алюминиевые сплавы, чугун и металлокерамические материалы.

Антифрикционные свойства баббитов были рассмотрены выше. Для оловянных и оловянно-фосфористых бронз характерны: низкий коэффициент трения, небольшой износ, высокая теплопроводность, что позволяет подшипникам, изготовленным из таких материалов, работать при больших окружных скоростях и нагрузках.

Алюминиевые бронзы применяются в узлах трения вместо оловянных и свинцовых баббитов и свинцовых бронз. Однако они, обладая повышенной износостойкостью, могут вызвать износ вала.

Свинцовые бронзы в качестве подшипниковых вкладышей способны работать в условиях ударных нагрузок.

Латуни по своим антифрикционным свойствам уступают

бронзам и используются для подшипников, работающих при малых скоростях и умеренных нагрузках.

Алюминиевые сплавы обладают хорошими антифрикционными свойствами, высокой теплопроводностью и коррозионной стойкостью в масляных средах и достаточно хорошими механическими и технологическими свойствами. Их применяют в виде тонкого слоя, нанесенного на стальное основание, т. е. в виде биметаллического материала.

Различают две группы алюминиевых антифрикционных сплавов:

- сплавы алюминия с сурьмой, медью и другими элементами, которые образуют твердые фазы в мягкой алюминиевой основе. Типичный представитель - сплав САМ, содержащий сурьму до 6,5 % и 0,3-0,7 % магния. Этот сплав хорошо работает при высоких нагрузках и больших скоростях в условиях жидкостного трения. Сплав САМ применяют для изготовления вкладышей подшипников коленчатого вала автомобильных двигателей;

- сплавы алюминия с оловом и медью АО20-1 (20% олова и до 1,2% меди) и АО9-2 (9 % олова и 2 % меди). Они хорошо работают в условиях полужидкостного и сухого трения и по своим антифрикционным свойствам близки к баббитам. Их используют для производства подшипников в автомобилестроении и общем машиностроении.

Чугуны широко применяются при изготовлении деталей узлов трения. Хорошими антифрикционными свойствами обладают: серый, высокопрочный с шаровидным графитом и ковкий чугуны. Из них изготавливают червячные зубчатые колеса, направляющие для ползунов механизмов и другие детали, работающие в условиях трения.

Металлокерамические сплавы после прессования и спекания пропитываются минеральными маслами, смазками или масло- графитовой эмульсией. Такие сплавы хорошо прирабатываются к валу, а наличие смазки в порах способствует снижению из- носа подшипника.

Металлокерамика

Металлокерамические материалы подразделяются на:

- пористую металлокерамику, имеющую остаточную пористость в пределах 15-50 % (антифрикционные и потеющие материалы, фильтры);
- компактную металлокерамику;
- магнитные, фрикционные и электротехнические материалы.

Антифрикционные металлокерамические материалы имеют в своем составе графит и другие компоненты, выполняющие роль смазки. Эти материалы используют для изготовления втулок, подшипников скольжения, применяемых в автомобильной, авиационной и других отраслях промышленности.

Фильтры изготовляют из порошков железа, бронзы, никеля, коррозионно-стойкой стали и других материалов. Они имеют пористость не менее 50 %. Металлокерамические фильтры применяют для очистки топлива в двигателях автомобилей, для очистки воздуха и различных жидкостей.

«Потеющие» металлокерамические материалы предназначены для охлаждения за счет испарения хладагента через поры. Их изготовляют из порошков коррозионной стали, никеля, вольфрама, титана и др.

Фрикционные металлокерамические материалы представляют собой сложные композиции на основе меди и железа. В состав 31'ИХ материалов входят компоненты, служащие в качестве смазки и предохраняющие материал от износа (свинец, графит и т. п.), а также компоненты, придающие материалу высокие фрикционные свойства (асбест, кварцевый песок, тугоплавкие металлические соединения и т. д.).

Фрикционные металлокерамические материалы имеют повышенную хрупкость и низкую прочность. Поэтому изделия из них, как правило, состоят из стальной основы с нанесенным на нее слоем фрикционной металлокерамики. Такие материалы применяют в узлах сцепления и торможения автомобилей.

Магнитные металлокерамические материалы подразделяют на:

- магнитно-мягкие (ферриты), изготавливаемые из порошков окислов железа;

- магнитно-твердые (постоянные магниты) металлокерамические сплавы на основе железа, легированного алюминием, никелем, медью, кобальтом и подвергаемые дополнительной термической обработке;

- магнитодиэлектрики, представляющие собой композиции магнитных и изоляционных материалов.

Электротехнические металлокерамические материалы изготавливают из смеси порошков тугоплавких металлов (Mo, Co, Ni, W) с медью и серебром. Тугоплавкие металлы определяют механические свойства изделия, а легкоплавкие - служат наполнителем и придают материалам высокую электропроводимость. Металлокерамические электрические контакты применяют в магнитных пускателях, тепловых реле и реле особо тяжелого режима, регуляторах напряжения, аппаратуре управления, преобразователях тока и т. Д.

Порошковая металлургия

Методы порошковой металлургии позволяют получать сплавы из металлов, не растворяющихся друг в друге при расплавлении, а также сплавы из тугоплавких металлов. Порошковая металлургия позволяет получать пористые материалы и детали из них, а также детали, состоящие из двух (биметаллы) и более слоев различных металлов и сплавов.

Технологический процесс производства изделий методом порошковой металлургии состоит из следующих основных операций:

- получение металлического порошка или смеси порошков разнородных материалов;

- формирование и спекание (нагрев);

- отделочные операции (механической обработки, калибрования, термической и химико-термической обработки).

Металлические порошки получают механическими и физико-химическими методами.

При механических методах порошки вырабатывают измельчением (дробление, размол) твердых или распылением (кинетической энергией воздуха, воды, инертных газов) жидких металлов без изменения их химического состава.

При физико-химических методах происходит изменение химического состава и свойств исходного материала (химическое восстановление металлов из окислов, электролиз расплавленных солей и др.).

Характеристиками основных технологических свойств порошков являются:

- насыпная масса - масса 1 см^3 свободно насыпанного порошка в граммах. Для изготовления высокопористых изделий (фильтры) используют порошки с малой насыпной массой, а для нагруженных деталей - с большой насыпной массой;

- текучесть - способность порошка заполнять форму, в большой степени влияет на равномерность заполнения формы порошком и на скорость уплотнения при прессовании;

- прессуемость - способность порошка уплотняться под воздействием внешней нагрузки; характеризуется прочностью сцепления частиц порошка после прессования;

- спекаемость - прочность сцепления частиц, возникающая в результате термической обработки прессованных заготовок.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что такое латуни и бронзы?
- 2 Как влияет содержание цинка на свойства латуни?
- 3 В чём недостаток нагартованных латуней?
- 4 При каком содержании олова оловянные бронзы применяют в качестве антифрикционных сплавов?
- 5 Указать область применения бериллиевой бронзы.
- 6 Что такое баббиты?
- 7 Назовите область применения оловянных и свинцовых баббитов.
- 8 Перечислите свойства алюминия.
- 9 Как классифицируются алюминиевые сплавы?
- 10 Какие вы знаете литейные алюминиевые сплавы?
- 11 Как и для чего производится модифицирование силумина?
- 12 Перечислите свойства магния.
- 13 Как классифицируются магниевые сплавы?
- 14 Перечислите свойства титана.
- 15 Назовите область применения титановых сплавов.
- 16 Перечислите свойства бериллия.

17 Какие сплавы образует бериллий?

18 Какие сплавы используют в качестве антифрикционных материалов?

19 С какой целью используются припой?

20 Каким образом подразделяются металлокерамические материалы?

Литература: (2.с.64-92, 7.с.87-104)

Раздел 3 Неметаллические материалы.

Композиционные материалы - это конструкционные материалы, получаемые путем объемного сочетания компонентов с различными свойствами и границей раздела между ними.

Компонент, непрерывный в объеме композиционного материала, называется матрицей (связующим). Другие компоненты - упрочнители (арматура, наполнители) распределены в объеме матрицы.

Композиционные материалы классифицируют по основным признакам:

- типу матрицы;
- виду армирующего элемента;
- особенностям макростроения;
- методам получения.

По типу материала матрицы различают:

- полимерные композиты (термопласты, реактопласты и их смеси);
- металлические (в том числе материалы, получаемые методами порошковой металлургии);
- неорганические (неорганические полимеры, минералы, углерод, керамика);
- комбинированные (полиматричные).

Матрица придает изделию из композита заданную форму и монолитность, обеспечивая передачу и распределение нагрузки по объему материала, защищает армирующие элементы от внешних воздействий. Непосредственно определяет термическую и коррозионную стойкость, электрические и теплозащитные свойства, склонность к старению, технологию изготовления и другие характеристики композиционного материала и изделий из него.

По виду армирующих элементов (наполнителей) композиты классифицируют в зависимости от:

- геометрических размеров арматуры (наполнителей);
- порядка их расположения в матрице;
- целей армирования.

Армирующие элементы (наполнители) вводят в композиционный материал с целью изменения его свойств: увеличения

прочности, жесткости и пластичности; изменения плотности, электрических, теплофизических и других характеристик в различных направлениях по объему материала и отдельных местах изделия из него.

Целесообразно различать собственно наполнители и армирующие элементы. Наполнители - это преимущественно дисперсные и коротковолокнистые вещества, введение которых позволяет достичь не более чем двукратного повышения прочности матрицы. Армирующие элементы (арматура) - это высокопрочные стержни, волокна и ткани, которые способствуют повышению прочности материала в 2-10 и более раз по сравнению с прочностью матрицы.

В композиционном материале могут находиться и наполнители, и армирующие элементы.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что такое композиты?
- 2 Что лежит в основе классификации полимеров?
- 3 Какие вы знаете наполнители пластмасс?
- 4 Для чего вводят в пластмассы отвердители?
- 5 В чём преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами?
- 6 Объясните роль порошковых наполнителей.
- 7 Что используют в качестве металлической матрицы?
- 8 Что используют в качестве неметаллической матрицы?

Литература: (6.с.92-104)

Тема 3.1 Пластмассы, древопластики, полимеры, изоляционные, абразивные и композиционные материалы.

Композиционные материалы на полимерной матрице (КПМ) содержат полимерное связующее (матрицу), объединяющее все компоненты материала в единую структуру.

К композиционным материалам на полимерной матрице относятся:

- пластмассы - материалы, основу которых составляют полимеры, находящиеся во время формования в вязкотекучем или высокоэластическом состоянии;
- пластики, армированные волокнами, тканями и объемными элементами;

- металлопласты, состоящие из чередующихся слоев металла и полимерного материала;

- микрокапсулы - твердые оболочки, содержащие малые объемы жидких или газообразных веществ;

- сотопласты и другие.

В настоящее время номенклатура КППМ насчитывает сотни наименований, объединяющих материалы с уникальными удельной прочностью и коррозионной стойкостью, регулируемые магнитными и электрическими характеристиками, разнообразными функциональными свойствами. Предельная температура использования КППМ соответствует 200-400°C, однако сочетание высокой прочности и стойкости к коррозии делает их перспективным материалом для автомобилестроения.

Наполненные пластики, в качестве наполнителей полимерной матрицы таких материалов применяют твердые, жидкие и газообразные вещества.

Конструкционные (общетехнические) пластики - КППМ с матрицей из термопластов, содержащей твердые наполнители преимущественно неметаллической природы. Они предназначены для изготовления слабо- и средненагруженных деталей машин: зубчатых колес, подшипников, уплотнителей, корпусов.

Металлонаполненные пластики - КППМ, содержащие в качестве наполнителя металлические порошки. Их применяют вместо цветных металлов для изготовления подшипников, уплотнителей, электрических контактов (взамен драгоценных металлов).

Графитопласты - КППМ, содержащие в качестве наполнителя природный и искусственный графит или карбонизированные продукты (кокс, термоантрацит и т. п.). Характерным представителем графитонаполненных полиамидов является АТМ-2- антифрикционный самосмазывающийся материал на основе капрона.

Саженаполненные каучуки применяют при производстве шинных протекторов, которые обладают высокими показателями износостойкости и выносливости при многократных деформациях.

Противокоррозионные пластики - КППМ, содержащие ингибиторы коррозии. Они выполняют в машинах основную функцию конструкционного материала и обладают дополнительными функциональными свойствами, предохраняя от коррозии сопряженные металлические детали. Чехление деталей в ингибиторную полиэтиленовую пленку обеспечивает их защиту от коррозии в течение 3- 7 лет.

Пенопласты, поропласты - КППМ, содержащие компоненты в газовой фазе. Их применяют с целью защиты машин, оборудования от нежелательного теплового воздействия окружающей среды (теплоизоляционные материалы), а также для поглощения шумов внутри помещения или (и) защиты его от проникновения звука извне (акустические и звукопоглощающие материалы).

Микрокапсулы - твердые оболочки, содержащие малые объемы (1 0-6- 1 мм³) веществ в газовой, жидкой или твердой фазе. Полые полимерные микросферы широко используются в автомобильной промышленности США для облегчения кузовов машин.

Армированные пластики - обширная группа конструкционных полимерных материалов, содержащих в качестве упрочняющего наполнителя волокнистые, тканевые, сетчатые или листовые материалы.

Волокнистые пластики - промышленность выпускает высокопрочные волокна широкой номенклатуры - угольные, борные, оксидные, полимерные и др. Характерными представителями волокнистых пластиков являются следующие материалы:

- стеклопластики - материалы на полимерной матрице, армированной стеклянным волокном. У них высокая прочность сочетается со сравнительно низкими плотностью и теплопроводностью, высокими электроизоляционными характеристиками. Их применяют в транспортном машиностроении для изготовления кузовов автомобилей, цистерн и др.;

- асбопластики- теплостойкие КППМ, матрица которых наполнена асбестовыми материалами. Они длительное время сохраняют механические свойства при температурах до 400°С. Из асбопластиков изготавливают лопасти ротационных насосов, тормозные колодки, элементы тепловой защиты двигателей;

- волокниты - пресматериалы, состоящие из рубленого волокна, пропитанного термореактивной синтетической смолой. Волокниты, содержащие хлопковое или химическое волокно, называются органо-волокнитами, углеродное- карбо-волокнитами, борное - борволокнитами и т. д. Из волокнитов изготавливают детали с высоким сопротивлением ударным нагрузкам: корпуса и крышки агрегатов, шестерни, втулки и др.;

- углеродопласты (карбопласты, углепласты) - КППМ, содержащие в качестве упрочняющего наполнителя углеродные волокна. Это прочные, жесткие, термически и химически устойчивые материалы с высокими электро- и теплопроводностью, низким значением коэффициента трения. Их применяют для изготовления деталей автомобилей, чтобы предупредить влияние внешнего электромагнитного поля на работоспособность

электронных устройств, а также для защиты радиоаппаратуры от излучения двигателя;

- боропластики (бороволокниты) - композиционные материалы на матрице из термопластичных и терморезистивных полимеров, содержащие волокна бора в качестве упрочняющего наполнителя. Они отличаются очень высокой прочностью, жесткостью и термостойкостью. Из них изготавливают несущие детали (рули, обшивка крыльев, лопасти вентиляторов).

Слоистые армированные пластики включают в себя некоторые из перечисленных материалов с наполнителями в виде ткани (стеклопластики, асбобластики, углеродоласты), а также следующие материалы:

- текстолиты - материалы, состоящие из слоев ткани, пропитанной терморезистивной синтетической смолой. Различают текстолиты на основе хлопчатобумажной ткани, стеклотекстолиты (стеклоткань), асботекстолиты (асбестовая ткань), органотекстолиты (ткань из синтетических волокон), карботекстолиты (угольная ткань). Из текстолитов изготавливают крупногабаритные изделия сложной формы (например, из стеклотекстолита - корпуса судов), вкладыши подшипников, электротехнические изделия. Асботекстолиты применяют как фрикционный материал

- гетинакс - слоистый пластик на основе бумаги, пропитанной терморезистивной синтетической смолой. Он отличается высокими механическими и электроизоляционными свойствами, поэтому его применяют в основном при изготовлении электротехнических изделий;

- металлопласт - конструкционный материал, состоящий из металлического листа, покрытого с одной или двух сторон слоем полимера, например, полиэтилена, фторопласта, поливинилхлорида. Их применяют для защиты от коррозии и декоративной отделки стен и крыш зданий, в производстве кузовов автомобилей, холодильников и т. д.;

- древесно-слоистые пластики - материалы, получаемые горячим прессованием тонких листов древесины - шпона, пропитанных синтетическими терморезистивными смолами. Их применяют в качестве конструкционного и антифрикционного материала;

- нетканые материалы - текстильные материалы из натуральных и химических волокон, изготовленные без применения процессов ткачества, например, прошиванием волокнистого холста пряжей (вязально-прошивные материалы), прокалыванием холста иглами с зубринами (иглопробивные), проклеиванием волокнистого холста свя- зующим (клееные) и другими методами. Применяемые в автомобилях изделия из нетканых материалов: фильтры, утепляющие прокладки, обивочные материалы;

- древесные плиты - КПМ, формуемый из древесных стружек или волокон с небольшим содержанием синтетического связующего. Древесноволокнистые плиты вырабатывают путем отлива на сетке волокнистой древесной массы, получаемой при механическом истирании древесины массы, с добавлением 4-8% синтетической смолы. ДВП - хороший акустический материал. Древесностружечные плиты изготовляют прессованием древесной стружки и связующего. Для повышения стойкости против влаги, огня, насекомых и микроорганизмов в состав плит вводят гидрофобизирующие вещества, антипирены, антисептики и др.

Композиционные материалы на металлической матрице (КММ) значительно превосходят по эксплуатационным характеристикам металлы и сплавы, в частности, по жаростойкости, жесткости, удельной прочности. Взаимодействие матрицы и усиливающих компонентов КММ протекает главным образом в форме диффузии и химических реакций.

Номенклатура КММ делится на следующие группы:

- дисперсно-упрочненные материалы, армированные частицами (в том числе - псевдосплавы, полученные методом порошковой металлургии);
- эвтектические композиционные материалы - сплавы с направленной кристаллизацией эвтектических структур;
- волокнистые материалы, армированные дискретными, или непрерывными волокнами.

Дисперсно-упрочненные материалы - когда в металлической матрице равномерно распределены частицы упрочняющей фазы сверхмалых размеров. Такие материалы формуются спеканием мелкодисперсных частиц оксидов, карбидов и других тугоплавких соединений, которые при высоких температурах не растворяются в матрице.

Технология формования изделий из таких КММ относится к области порошковой металлургии и включает операции получения порошковых смесей, их прессования в форме, спекания, деформирования и термообработки заготовок.

КММ из спеченного алюминиевого порошка (СПП) превосходят по прочности все промышленные алюминиевые сплавы. Материалы на основе меди, упрочненные оксидами, карбидами, приобретают жаропрочность, которая сочетается с высокой электропроводностью, присущей медной матрице. Они используются для изготовления электроконтактов.

Псевдосплавы состоят из металлических фаз, не образующих растворы и не вступающих в химические соединения.

Технология их формирования также относится к области порошковой металлургии. Порошковые смеси подвергаются пропитке расплавом легкоплавкого компонента псевдосплава. Температура пропитки находится в интервале температур плавления тугоплавкого и легкоплавкого компонентов.

Номенклатура псевдосплавов включает материалы, предназначенные для решения задач триботехники. Материалы на основе вольфрама (W-Cu и W-Ag), молибдена (Mo-Cu) и никеля (Ni-Ag) сочетают высокую твердость, прочность и электропроводность. Псевдосплавы на основе железа (Fe-Cu, Fe-C-Cu и др.) износостойки, хорошо работают при воздействии ударных нагрузок; содержащие свинец и серебро - применяются для изготовления самосмазывающихся подшипников.

Эвтектические композиционные материалы - сплавы эвтектического состава, в которых армирующей фазой служат ориентированные (методами направленной кристаллизации) волокнистые или пластинчатые кристаллы.

Номенклатуру эвтектических КММ делят на две части:

- материалы конструкционного назначения - на основе легких сплавов, жаропрочные - на основе тугоплавких металлов (например, сплавы на основе алюминия применяют для изготовления высокопрочных электрических проводов; сплавы на основе никеля и кобальта - для изготовления лопаток и крепежных деталей газотурбинных двигателей);

- материалы с особыми физическими свойствами - полупроводниковые, ферромагнитные и др., применяются в электронной технике для изготовления бесконтактных переменных сопротивлений, переключателей электрических цепей; магнитные КММ применяют для изготовления магнитопроводов, носителей информации (магнитные диски).

Волокнистые материалы - КММ, армированные волокнами, обладают необычайно высокими механическими характеристиками. Технология их формирования включает процессы прессования, прокатки, совместной вытяжки, экструзии, сварки, напыления или осаждения, а также пропитки. Все это обуславливает оптимальную реализацию свойств волокон в технических изделиях.

Номенклатура волокнистых КММ включает множество материалов на матрицах из алюминия, магния, титана, меди, никеля, кобальта и др., предназначенных для авиационной, космической и других областей техники, где высокая первоначальная стоимость разработки материалов окупается за счет выигрыша в их эксплуатационных характеристиках.

Керамические композиционные материалы (ККМ) - у которых матрица выполнена из керамического материала, полученного из неметаллического минерального сырья (глин, оксидов и других соединений).

Дисперсные ККМ состоят из матрицы и частиц металлического наполнителя, равномерно распределенных по объему материала. В армированных ККМ волокнообразный металлический наполнитель может быть расположен произвольно и ориентированно.

Металлокерамические материалы на основе кремния или алюминия используют для изготовления деталей двигателей внутреннего сгорания. В фирмах «Дженерал моторе» и «Форд моторе» получены положительные результаты испытаний металлокерамического блока цилиндров. Аналогичные работы проводят фирмы «Даймлер Бенц», «Порше». Японская фирма «НГК Спарк Плагс» испытала двигатель, который полностью выполнен из керамических материалов.

Слоистыми ККМ являются конструкции, состоящие из металлической основы с нанесенным керамическим покрытием. Керамический компонент такого материала может быть нанесен на металл эмалированием, газопламенным напылением, разложением солей металлов с последующим их окислением.

Углерод-углеродные композиционные материалы (УКМ), армирующий каркас которых изготавливают из углеродных волокон, а матрицу - из монолитного углерода.

В России производятся композиты на пилууглеродной матрице УКМ-1 (армирован углеграфитовой тканью УУТ-2), УКМ-2 (армирован карбонизированным углепластиком); графиты, уплотненные гидроуглеродом - ГМЗ-ПУ, ПГ-50-ПУ, ЭГ-0-ПУ (получают осаждением пироуглерода в порах графита путем термического разложения газообразных углеводородов), и др.

Углерод-углеродные композиционные материалы применяют для изготовления деталей, работающих в условиях высоких температур (прокладки и уплотнения теплообменной аппаратуры и т.д.).

Каучуки и резиновые материалы

Благодаря высокой эластичности и упругости, способности поглощать вибрации и ударные нагрузки, хорошей механической прочности и сопротивлению истиранию, электроизоляционным и другим свойствам резина является незаменимым материалом для ряда автомобильных деталей.

Резину используют для изготовления опор двигателя; шлангов систем охлаждения, питания, смазки, отопления и вентиляции; ремней привода вентилятора, генератора, компрессора и водяного насоса; уплотнителей кузова и кабины; втулок рессор и других деталей подвески; манжет, шлангов, чехлов, диафрагм тормозной системы; деталей амортизаторов, шумоизолирующих элементов передней и задней подвесок; колесных грязевых щитков, ковриков для пола кабины и кузова и др.

Резину получают вулканизацией резиновой смеси. Любая резиновая смесь содержит каучук и вулканизирующее вещество - серу (в шинных резиновых смесях серы содержится до 3 % веса каучука).

Каучук подразделяют на:

- натуральный (НК);
- синтетический (СК).

Натуральный каучук добывают из млечного сока (латекса) каучуконосного дерева гевеи, а также каучуконосных растений (кок-сагыз, тау-сагыз), содержащих латекс в корнях.

Синтетический каучук получают в основном из природного и попутного нефтяных газов, а также отдельных углеводородных фракций нефтепереработки.

В настоящее время изготавливается несколько разновидностей синтетических каучуков, отличающихся механической прочностью, химической стойкостью, газопроницаемостью, термостойкостью и другими свойствами:

- натрий-бутадиеновый(СКБ), первый в мире промышленный синтетический каучук, изготавливался из этилового спирта на базе пищевых крахмалосодержащих продуктов. Выпуск прекращен с 1964 г.;
- бутадиен-стирольный (СКС) является самым распространенным синтетическим каучуком, который получается сополимеризацией бутадиена и стирола. Обладает достаточной прочностью и износостойкостью;
- бутилкаучук получают сополимеризацией изопрена и изобутилена, характеризуется высокой газопроницаемостью и химической стойкостью;
- полиуретановые каучуки отличаются высокой износостойкостью;
- полихлоропреновые каучуки обладают высокой бензوماсло- стойкостью;
- силиконовый (кремнийорганический) каучук (СКТ) сохраняет свои свойства при температурах от -70°C до $+400^{\circ}\text{C}$, превосходя по термостойкости натуральный каучук;

- изопреновые (СКИ) и дивиниловые (СКД) каучуки обладают эластичностью, которая приблизилась к показателям натурального каучука, а по некоторым другим свойствам и превосходят натуральный.

Кроме каучука и вулканизирующего вещества в состав резиновой смеси входят и другие компоненты (ингредиенты), придающие резинам определенные свойства:

- ускорители вулканизации (альтакс, каптакс, тиурам в количестве 1-2 % от веса каучука) сокращают время вулканизации и повышают качество резины;

- усилители (активные наполнители) - сажа, каолин, цинковые белила и др. в количестве до 50 % от веса каучука. Служат для улучшения того или иного свойства резины;

- неактивные наполнители (отмученный мел, асбестовая мука) в количестве 30-40 % от веса каучука вводятся для удешевления резины без заметного ухудшения ее свойств;

- противостарители (сантофлекс А, неозон Д) в количестве 0,5-2,5 % от веса каучука вводятся для замедления старения резины под действием кислорода воздуха, солнечных лучей и других факторов;

- мягчители и пластификаторы (стеариновая кислота, мазут, вазелиновое масло, сосновая смола и др.) в количестве от 3 до 20 % веса каучука улучшают смешиваемость компонентов резиновой смеси и делают ее более пластичной и липкой;

- красители используются для окрашивания светлых резиновых смесей в соответствующие цвета. Применяются пигменты минерального и органического происхождения;

- регенерат - резина из утильных покрышек, камер для замены каучуковой составляющей резиновой смеси.

Свойства резин

Определяющее влияние на свойства резин оказывает каучуковая основа, от которой зависят их физико- механические, прочностные, защитные и другие свойства.

На механические свойства резин определяющее влияние оказывает температура, с повышением которой снижаются их прочность и твердость. При этом скорость снижения значений механических свойств выше у резин на основе ненасыщенных каучуков, а для кремнийорганических каучуков эта скорость минимальна.

Важнейшими характеристиками многих типов резин являются их износостойкость и коэффициент трения. Для резин, как и для других твердых материалов, различают виды изнашивания:

- усталостный;
- абразивный;
- коррозионно-механический;
- эрозионный;
- «скатывание» - является специфическим видом изнашивания для резин,

когда при трении микронеровности поверхности резины деформируются в скатку и отрываются от поверхности.

Кроме вышеперечисленных свойств качество резин оценивается по:

- морозостойкости;
- термостойкости или сопротивлению термическому старению;
- озоностойкости;
- биостойкости;
- стойкости в жидких средах;
- диэлектрическим свойствам;
- пожароопасности и коррозионной агрессивности по методикам, общим для полимерных материалов.

Абразивные материалы

Абразивными называются мелкозернистые или порошковые неметаллические вещества (химические соединения элементов), обладающие очень высокой твердостью и имеющие острые режущие грани. Их используют для получения шлифовальных кругов, гибких шлифовальных и полировальных лент, а также в виде полировальных паст.

Абразивные материалы разделяют на природные и искусственные.

К природным абразивным материалам относятся:

- алмаз - минерал, представляющий собой чистый углерод. Встречается в виде небольших кристаллов различной формы. Применяется для шлифования труднообрабатываемых сплавов и заточки твердосплавного инструмента;
- корунд - горная порода, состоящая до 95 % из кристаллической окиси алюминия. Зерна корунда очень тверды и имеют острые грани;
- наждак - мелкозернистый корунд-порошок, представляет собой смесь зерен корунда с другими минералами - магнитным железняком, гематитом, полевым шпатом;

- кварц - минерал, состоящий в основном из кристаллического кремнезема. Разновидностью кварца является кварцевый песок;

- гранат - соединение алюминия, железа, хрома, а также кальция, магния, марганца с кремнекислотой. Является хорошим абразивным материалом для обработки резины, кожи, для шлифования стеклянных изделий и мягких металлов, удаления старых лакокрасочных покрытий;

- пемза - излившаяся вулканическая порода, преимущественно состоящая из кремнезема и глинозема. Применяется для полирования мягких металлов, камней и древесины.

К искусственным абразивным материалам относятся:

- электрокорунд нормальный (марок 395, 393, 392), получаемый при выплавке боксита в смеси с восстановителем (антрацитом или коксом) в дуговых электрических печах, содержит до 95 % окиси алюминия;

- электрокорунд белый получается при плавке технического глинозема в электрических печах, содержит до 99 % корунда. Обладает высокой твердостью и острыми кромками зерна;

- монокорунд (марок М7 и М8) получают сплавлением боксита с сернистым железом и восстановителем (антрацит или кокс) в электрических печах, содержит не менее 96 % кристаллической окиси алюминия;

- карбид кремния (марок К38 и К39, К47 и К48) получают в результате взаимодействия кремнезема и углерода (содержащегося в антраците и коксе) в электропечах. Применяется для заточки твердосплавного инструмента;

- карбид бора получают при плавлении борной кислоты с малозольным углеродистым материалом - нефтяным или пековым коксом, сажей и др. Используется в порошках или пастах для доводки изделий из твердых материалов;

- борсиликокарбид представляет соединение бора, кремния и углерода; применяется для доводки деталей из твердых и труднообрабатываемых сплавов и из неметаллических материалов высокой твердости;

- синтетический алмаз - сверхтвердый материал, получающийся в специальных установках, способных развивать давление свыше 100 000 атмосфер при температуре более 2500°С.

Абразивные материалы характеризуются абразивной (режущей) способностью. Абразивная способность - это основной показатель качества абразива и определяется массой снимаемого при шлифовании материала до затупления зерен. По режущей способности абразивные материалы

располагаются в следующем порядке: алмаз, карбид бора, карбид кремния, монокорунд, наждак, кремень.

Абразивные материалы подразделяют на группы:

- шлифзерно с зернистостью 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16 в сотых долях миллиметра;
- шлифпорошки с зернистостью 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 в сотых долях миллиметра;
- микропорошки М63, М50, М40, М20, М14, зернистость указывается в микрометрах;
- тонкие микропорошки М10, М7, М5, зернистость указывается в микрометрах.

Абразивный инструмент. Процесс изготовления абразивных инструментов складывается из следующих операций:

- размола и измельчения абразивных материалов;
- сортировки по номерам в зернистости;
- смешивания со связкой и увлажнения;
- получения определенной формы и размеров изделий;
- сушки и тепловой обработки.

Абразивные инструменты, состоящие из зерен, сцементированы связкой, которая не должна быть чрезмерно прочной, так как отработанные (затупившиеся) зерна не будут выпадать из связки и поверхность инструмента станет гладкой, или, как говорят, «засалится».

Для изготовления абразивных инструментов применяют две основные группы связок:

- неорганические - керамическая, магнезиальная, силикатная;
- органические - бакелитовая, глифталевая, вулканитовая.

Твердость - сопротивление связки вырыванию зерен с поверхности инструмента под действием внешних сил, а также способность материала связки подвергаться истиранию и выкрашиванию.

Твердость абразивного инструмента имеет буквенное и цифровое обозначение:

Условное обозначение	Степень твёрдости
М-мягкий	М1, М2, МК
СМ - среднемягкий	СМ1, СМ2
С-средний	С1, С2
СТ - среднетвердый	СТ1, СТ2, СТ3

Т-твердый	Т1, Т2
ВТ - весьма твердый	ВТ1, ВТ2
ЧТ - чрезвычайно твердый	ЧТ1, ЧТ2

Цифры в обозначении характеризуют твердость в порядке возрастания. Показателем твердости считают величину разрушения - глубину лунки или отпечатка.

Абразивный инструмент маркируется обозначениями, характеризующими:

- абразивный материал;
- связку;
- зернистость;
- твердость;
- форму и размеры инструмента;
- завод-изготовитель.

Марка проставляется краской на абразивном инструменте.

Например, маркировка на шлифовальном круге:

ПП 450х50х127 ЗАЭ 50 С1 Б

означает - ПП - круг плоский прямоугольного профиля; 450 - наружный диаметр круга; 50 - высота круга; 127 - диаметр отверстия круга (все размеры в миллиметрах); ЗАЭ - Златоустовский абразивный завод; Э - электрокорунд; 50 - зернистость; С1 - средняя твердость 1; Б - бакелитовая связка.

Форма поперечных сечений шлифовальных кругов и их размеры регламентированы стандартом, которым предусматривается 22 профиля и несколько сотен типоразмеров.

К абразивным материалам также относятся:

- шлифовальные шкурки;
- абразивные и алмазные пасты.

Шлифовальные шкурки используются для зачистки и отделки поверхностей изделий. Это бумага или ткань с наклеенными на нее зернами абразива.

Абразивные и алмазные пасты используются для доводки, притирки и полирования поверхностей изделий. Пасты состоят из жидких, полужидких или твердых смесей абразивных материалов с добавками химически активных веществ.

Все абразивно-доводочные пасты в зависимости от применяемого материала делят на две группы:

- твердые (алмаз, карбид бора, наждак);

- мягкие (окись хрома, окись железа, кварц).

Кроме абразивных материалов в состав паст для связки входят: химически активные олеиновая и стеариновая кислоты, парафин, скипидар, канифоль и другие вещества.

Из мягких абразивных материалов наиболее широко применяют пасты Государственного оптического института (ГОИ). Различают три сорта пасты ГОИ:

- грубую (цвет темно-зеленый, почти черный) - применяется для снятия слоя металла толщиной в несколько десятых долей миллиметра. Например, для удаления следов обработки опиливанием, шлифованием. Детали после притирки этой пастой получают матовую поверхность;

- среднюю (цвет темно-зеленый) - снимает слой металла, измеряемый сотыми долями миллиметра, дает более чистую поверхность без штрихов;

- тонкую (светло-зеленого цвета) - служит для окончательной притирки, придает поверхности зеркальный блеск.

Алмазные пасты являются наиболее эффективными средствами для выполнения доводочных и притирочных работ. Пасты из синтетических и природных алмазов используют для окончательной доводки деталей и изделий.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что используют в качестве металлической матрицы?
- 2 Перечислите достоинства и недостатки металлической матрицы.
- 3 Что используют в качестве неметаллической матрицы?
- 4 Перечислите достоинства и недостатки неметаллической матрицы.
- 5 В чем заключается процесс вулканизации?
- 6 Какие существуют виды изнашивания резин?
- 7 Что называется абразивными материалами?
- 8 Назовите типичные представители природных и искусственных абразивных материалов.
- 9 Какие характеристики входят в маркировку абразивного инструмента?

Литература: (б.с.104-112)

Раздел 4 Основные эксплуатационные материалы.

Топливо, масла и смазки являются основными эксплуатационными материалами на автомобильном транспорте. Они могут отличаться своими эксплуатационными качествами в зависимости от вида и особенностей сырья,

из которого их получают, а также в зависимости от способа переработки этого сырья.

Высокоэффективной сырьевой базой для производства авто- мобильных жидких топлив, масел, различных смазок является нефтяное сырье - нефть, природный и попутный нефтяной газ и разнообразные продукты нефтепереработки.

Из нефти и газа также вырабатывают каучуки, пластмассы, краски и многие другие продукты, применяемые во всех отраслях народного хозяйства.

Другими источниками сырья для получения автомобильных топлива и масел служат каменный и бурый уголь, торф, сланцы.

Тема 4.1 Горюче- смазочные материалы и рабочие жидкости.

Бензины

Основные технико-экономические требования к бензинам сводятся к следующему:

- бензин должен обеспечивать безотказную работу автомобильного двигателя на всех режимах и во всех практически встречающихся условиях эксплуатации;
- двигатель должен развивать предусмотренную для него мощность при минимальном расходе бензина;
- бензин должен обеспечивать минимальные износы двигателя, трудовые и материальные затраты на ремонт и техническое обслуживание двигателя;
- качество бензина не должно ухудшаться при транспортировании, хранении и использовании;
- обращение с бензином не должно вызывать повышенной опасности для персонала, занимающегося эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом автомобилей.

Исходя из названных выше требований устанавливается соответствие бензина данным конкретным условиям и возможность его применения.

Соответствие бензина перечисленным требованиям зависит прежде всего от его физико-химических свойств, которые определяются рядом показателей. Основные показатели физико-химических свойств бензинов указываются в стандарте или в технических условиях на бензин.

Стандартизация основных показателей физико-химических свойств обеспечивает одно и то же качество бензина данной марки.

Фракционный состав, давление насыщенных паров, детонационная стойкость, а также содержание механических примесей и воды в бензине определяют способность данного бензина образовывать бензино-воздушную смесь нужного состава при различных условиях работы двигателя, в том числе при низких и высоких температурах, минимальных и максимальных числах оборотов коленчатого вала, при приоткрытом или полностью открытом дросселе, т. е. определяют карбюраторные качества бензина, от которых зависит безотказность работы двигателя.

От них зависят также быстрота и полнота сгорания бензино-воздушной смеси в цилиндрах двигателя, возможность работы двигателя на наиболее экономичных режимах, т. е. мощность, развиваемая двигателем, и количество расходуемого при этом бензина.

Кроме перечисленных физико-химических свойств на износ двигателя и на затраты по уходу за автомобилем влияет также содержание в бензине минеральных и органических кислот, щелочей, смол, серы и ее соединений.

Водорастворимые (минеральные) кислоты и щелочи корродируют металлы, и их присутствие в бензине вызывает интенсивный износ деталей двигателя. В бензине в результате некачественной очистки могут оказаться серная кислота и щелочь. Стандартами на автомобильные бензины не допускается содержание в них хотя бы следов водорастворимых кислот и щелочей. Поэтому бензин подвергают качественной проверке на нейтральность, чтобы установить его соответствие требованиям стандарта в части содержания в нем водорастворимых кислот и щелочей.

Органические (высокомолекулярные нафтеновые нерастворимые в воде) кислоты корродируют металлы значительно слабее, чем минеральные. В основном, они представляют опасность для цветных металлов, и в первую очередь для свинца и меди. Железо, например, поддается коррозии под действием органических кислот в десятки раз слабее, чем свинец и медь.

Содержание органических кислот в автомобильных бензинах строго ограничивается.

Особой коррозионной агрессивностью отличаются активные сернистые соединения, к которым относятся элементарная сера (S), сероводород (H₂S) и меркаптаны (R-S-H). Присутствие активной серы в бензине не допускается. Неактивные сернистые соединения вызывают коррозию только при их сгорании вместе с бензином. При этом образуются газы, вызывающие коррозию деталей двигателя.

Смоли в бензине образуют нерастворимые липкие, вязкие осадки темного цвета, которые отлагаются на стенках топливных баков, топливопроводов, в карбюраторе, во впускном трубопроводе, камере сгорания, на стержнях и тарелках впускных клапанов и т. д. Под действием высокой температуры смолистые образования коксуются и превращаются в нагар.

Первоначальные качества бензина вследствие происходящих в них физико-химических процессов постепенно ухудшаются. Сохранение первоначальных качеств бензина в процессе транспортирования, хранения и применения зависит от его физической и химической стабильности.

О химической стабильности бензина судят по величине индукционного периода.

Токсичность является важнейшей характеристикой бензина. В связи с этим чрезвычайно важно, чтобы ни сам бензин, ни его пары и нагар не представляли повышенной опасности для здоровья лиц, соприкасающихся с ними.

В соответствии с ГОСТ 2084-77 отечественной промышленностью выпускаются бензины следующих марок: А-76, АИ-91, АИ-95.

В зависимости от октанового числа, определенного исследовательским методом, ГОСТ Р 51105-97 устанавливает следующие марки неэтилированных автомобильных бензинов: Нормаль 80, Регулятор 91, Премиум 95, Супер 98. Дополнением к ГОСТ Р 51105-97, введенным 01.01.2000 г., установлена марка бензина Регулятор 92.

Стандарт для указанных выше марок бензина разработан с учетом рекомендаций европейского стандарта Е 228-1993 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Требования и методы испытаний».

В соответствии с техническими условиями (ТУ 38.001165-97) отечественной промышленностью выпускаются следующие экспортные автомобильные бензины: А-80, А-92, А-96.

Дизельное топливо

Дизельное топливо после бензина относится к самым массовым продуктам, применяемым на автомобильном транспорте.

Автомобильное дизельное топливо получают путем прямой перегонки или каталитического крекинга керосино-соляровых фракций нефти; оно состоит в основном из керосиновых, газойлевых, а иногда и лигроиновых фракций.

Дизельное топливо производится из отбензиненной нефти, благодаря чему увеличивается выход из нефти жидких топлив, и обладает по сравнению с бензином лучшей физической и химической стабильностью.

Технико-экономические требования к дизельным топливам носят тот же характер, что и к бензинам.

Кроме того, к дизельному топливу предъявляются специфические требования, вытекающие из особенностей рабочего процесса дизельного двигателя.

Дизельное топливо должно:

- бесперебойно поступать в цилиндры двигателя при любых практически встречающихся температурах и обеспечивать легкий пуск двигателя;

- обеспечивать хорошее распыливание и смесеобразование в цилиндрах двигателя;

- легко воспламеняться и плавно сгорать, обеспечивая мягкую и бездымную работу двигателя;

- образовывать минимальное количество нагара, отложений и не вызывать коррозии и коррозионных износов деталей, соприкасающихся с дизельным топливом и продуктами его сгорания.

В соответствии с техническими условиями предусмотрен выпуск следующих марок дизельного топлива: ДИТО-ЭЛ, ДИТО-ЭЛп, ДИТО-ЭЗ-минус 15, ДИТО-ЭЗ-минус 25, ДИТО-ЭЗп-минус15, ДИТО-ЭЗ-минус 20, ДИТО-ЭЗ-минус 25, ДИТО- ЭЗп- минус 30.

Дизельные топлива выпускают марок А - арктическое, применяемое при температуре воздуха ниже – 30⁰С; 3 - зимнее, используемое при температуре от -20⁰С до 0⁰ С; летние, предназначенные для применения при температуре воздуха выше 0⁰С.

Техническими требованиями не допускается содержание серо- водорода и водорастворимых кислот и щелочей.

В зависимости от содержания массовой доли серы установлено 3 вида дизельных топлив:

- 1 - массовая доля серы - не более 0,05 %; 11 - массовая доля серы - не более 0,1 %; 111 - массовая доля серы - не более 0,2 %.

В то же время по внешним признакам дизельное топливо довольно легко отличить от других светлых нефтепродуктов, и в частности, от бензина.

Дизельное топливо обладает слабым, нерезким запахом, имеет цвет от светло-коричневого до бурого с синеватым оттенком. Капля дизельного

топлива после испарения оставляет на листе чистой бумаги жирное пятно, в то время как бензин испаряется бесследно или почти бесследно.

Сжатые и сжиженные газы

Сжиженные газы получают в виде побочного продукта при переработке нефти (крекинг, пиролиз) и бурых углей (деструктивная гидрогенизация).

Сжиженные газы состоят в основном из пропанобутановых фракций. Кроме пропана (C_3H_8) и бутана (C_4H_{10}) в состав газа могут входить пропилен (C_3H_6), бутилен (C_4H_8), этан (C_2H_6), этилен (C_2H_4), пентан (C_5H_{12}) и амилены (C_5H_{10}).

При нормальном атмосферном давлении и температуре выше $0^{\circ}C$ сжиженные газы находятся в газообразном состоянии, но при сравнительно небольшом повышении давления (до 8-16 МН/м²) и обычной температуре они переходят в легкоиспаряющуюся жидкость.

Теплота сгорания а следовательно, энергетические качества сжиженного газа и газо-воздушной смеси не уступают соответственно бензину и бензо-воздушной смеси.

Для сжиженного газа применяются достаточно легкие баллоны и несложная газовая аппаратура, рассчитанные на рабочее давление 1,6 МН/м², которые практически не снижают грузоподъемность автомобиля.

Углеводородные сжиженные топливные газы должны отвечать требованиям ГОСТ 27578-87.

Марка сжиженного газа ПА - пропан автомобильный применяется при температуре окружающего воздуха $-20^{\circ}C, -35^{\circ}C$, марка ПБА- пропан-бутан автомобильный применяется при температуре окружающего воздуха не ниже $-20^{\circ}C$. Стандартом предусмотрено полное отсутствие содержания в сжиженном газе свободной воды и щелочи. При массовой доле меркаптановой серы менее 0,001% сжиженные газы должны быть одорированы. Температура самовоспламенения в воздухе при давлении 0,1 МПа составляет: пропана - $466^{\circ}C$, изобутана - $462^{\circ}C$, бутана - $405^{\circ}C$. Зимой применяется марка ПА с содержанием массовой доли пропана 90 ± 10 , а летом - марка ПБА с содержанием пропана 50 ± 10 .

К сжатым относятся газы, которые при нормальной температуре сохраняют газообразное состояние даже при высоком давлении.

Основным компонентом сжатого газа является метан (CH_4). Кроме метана в состав сжатого газа могут входить этан (C_2H_6), водород

(Н₂), окись углерода (СО) и некоторые примеси. Сжатый газ должен иметь теплоту сгорания не ниже 32 600- 36 000 кДж/ м³, т. е. для газобаллонных автомобилей могут применяться только высоко- и среднекалорийные газы.

Теплотворная способность (теплота сгорания) газозоудушной смеси ниже теплотворной способности бензовоздушной смеси. И все же благодаря присущим положительным качествам сжатые газы нашли применение в виде топлива для автомобилей.

К числу таких качеств относятся: меньшая загрязненность воздуха отработанными газами, легкость пуска двигателя при низких температурах, меньший износ двигателя.

Радикальным средством, устраняющим основные недостатки сжатых газов, является сжижение метана и богатых им горючих газов при низкой температуре (ниже -160°С). Жидкий метан можно хранить при атмосферном давлении в таре с надежной теплоизоляцией.

Природный попутный газ содержит 70-98 % (по объему) метана и 1-10 % этана и других углеводородов.

Моторные и трансмиссионные масла

Смазочные масла применяют для уменьшения потерь энергии на трение и для снижения износа трущихся деталей. Масло охлаждает и очищает от продуктов износа трущиеся поверхности, а также предохраняет их от коррозии.

Требования к смазочным маслам сводятся к следующему:

- 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;

- удерживаться на поверхности неработающих деталей для предохранения их от коррозии;

- отводить тепло от трущихся деталей;

- обладать способностью смывать с трущихся поверхностей продукты износа и легко отделяться от них;

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

- быть экономным и недефицитным.

Эти общие требования уточняются, когда выбирается смазочное 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.

Эксплуатационные качества масла зависят от его физико-химических свойств. Не все физико-химические свойства в одинаковой мере влияют на качество масла. Наиболее важными из них, определяющими эксплуатационные качества масла, являются его вязкостно-температурные свойства.

Физико-химические свойства масел по их влиянию на эксплуатационные качества можно разделить на следующие группы:

- свойства, влияющие на смазывающие и вязкостно-температурные качества масел;
- свойства масел, от которых зависит образование нагара в двигателе и отложений в двигателе и агрегатах трансмиссии;
- свойства, влияющие на коррозионный износ деталей;
- контрольные показатели, дополнительно характеризующие однородность продукции разных партий и разных заводов.

К смазывающим и вязкостно-температурным качествам масел относится вязкость, от величины которой зависят износ трущихся деталей и потери энергии на трение.

Вязкость смазывающих материалов выражают в единицах кинематической вязкости (в стоксах и в сантистоксах), либо в условных единицах - градусах Энглера. При этом кроме численного значения указывается температура масла в момент определения вязкости.

Вязкость масел нормируется в зависимости от условий работы: для моторных масел при температуре 100°C , для промышленных - при 50°C , для трансформаторных - при 20°C .

Свойство смазочных материалов изменять вязкость по сравнению с эталонным маслом при повышении или понижении температуры имеет важное значение и оценивается индексом вязкости. Чем больше изменяется вязкость, тем ниже ее индекс и хуже вязкостные свойства. Чем выше температура, при которой эксплуатируется механизм, тем более вязкими должны быть смазочные материалы. Несмотря на это вязкость масла всегда должна быть минимальной, так как с ее увеличением неизбежно возрастают потери энергии на трение по сравнению с потерями при менее вязком масле, но также обеспечивающем жидкостное трение.

Смазочные материалы, подаваемые к трущимся поверхностям в жидком состоянии, должны застывать при возможно более низкой температуре, называемой температурой застывания. Смазывающие материалы не должны содержать механические примеси, воду, водорастворимые кислоты и щелочи, так как они ухудшают смазочные свойства нефтепродуктов, усиливают их коррозионное воздействие и способствуют износу деталей механизмов.

Для улучшения определенных свойств смазочных материалов применяют различные присадки, которые в зависимости от свойств бывают нескольких видов.

Моющие присадки предотвращают образование отложений на трущихся поверхностях механизмов путем удержания твердых частиц во взвешенном состоянии. К этим присадкам относятся сульфонатная присадка СБ-3, присадка ПМСя, обеспечивающие чистоту деталей двигателя от углеродистых отложений.

Антиокислительные присадки (дФ-1) повышают устойчивость масел против окисления. Присадки (дФ-1) улучшают не только антиокислительные свойства моторных масел, но и противоизносные, антикоррозионные и моющие свойства.

Депрессорные присадки несколько снижают температуру застывания моторных масел, затормаживая процесс образования кристалликов парафина. К этому виду относятся присадки АФК, В-2.

Присадка АФК - применяют для зимних моторных масел.

Присадка В-2 повышает вязкость масел.

Многофункциональные присадки одновременно улучшают несколько свойств моторных масел. К ним относятся: присадка ВНИИ НП-360, улучшающая антиокислительные, антикоррозионные и моющие свойства моторных масел; присадка ЦИА- ТИМ-339, улучшающая моющие и антикоррозионные свойства; присадка МНИ-ИП-22к, улучшающая антиокислительные, антикоррозионные и моющие свойства моторных масел.

Качество смазочных материалов снижается из-за попадания в них воды, бензиновых фракций, механических примесей, а также продуктов износа. Все это вынуждает периодически заменять отработанные смазочные материалы. Периодичность замены смазочных материалов указывают в условиях на техническое обслуживание механизмов и двигателей.

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

изготовления моторные масла могут быть дистиллятными и остаточными. Дистиллятные масла получают перегонкой мазута с последующей очисткой полученного дистиллята, остаточные масла - путем перегонки полугудрона - продукта, оставшегося после отделения дистиллята от мазута.

Моторные масла должны обладать антифрикционными и противоизносными свойствами во всем интервале рабочих температур; минимальной склонностью к образованию различного рода отложений (нагаров, осадков) и пенообразованию при работе двигателя; антикоррозионными и моющими свойствами. При транспортировании и длительном хранении эксплуатационные свойства масел должны сохраняться.

Свойства моторных масел и долговечность механизмов взаимосвязаны. Правильный выбор продолжительности применения масел в механизме без замены имеет большое значение. Срок смены масла указывается в картах смазывания двигателей (или механизмов). Свойства моторных масел оценивают в процессе специальных натуральных испытаний, т. е. эксплуатации двигателя в заранее установленных и контролируемых условиях.

Моторные масла применяют для смазывания двигателей внутреннего сгорания широкого профиля (автомобилей, строительных машин, тракторов, бульдозеров). В зависимости от области применения моторные масла подразделяются на 6 групп: А - для нефорсированных карбюраторных и дизельных двигателей; Б - малофорсированных карбюраторных (Б1) и дизельных (Б2) двигателей; В - среднефорсированных карбюраторных (В1) и дизельных (В2) двигателей; Г - высокофорсированных карбюраторных (Г1) и дизельных (Г2) двигателей; Д - высокофорсированных дизельных двигателей, работающих в тяжелых условиях; Е - дизельных малооборотных двигателей с лубрикаторной системой связки.

Моторные масла маркируются в пределах каждой группы в зависимости от условий применения, их вязкости и эксплуатационных качеств. Моторные масла с уровнем вязкости, оцениваемой при температуре 100°C , 6 и 8 $\text{мм}^2/\text{с}$ следует применять в зимний период, а масла с вязкостью 10, 12, 14, 16 и $20 \pm 0,5 \text{ мм}^2/\text{с}$ - в летний.

Маркировка моторных масел состоит из буквенных и цифровых индексов.

Например: М-10Г₂к, М-14Г₂.

М - моторное масло; 10 и 14 - уровни кинематической вязкости при температуре 100°C , $\text{мм}^2/\text{с}$; Г₂ - масло по эксплуатационным свойствам

относится к группе – Г₂; к - масло предназначено для двигателей типа «КамАЗ».

Ассортимент отечественных моторных масел исчисляется несколькими десятками и в основном определяется стандартами:

гост 10541-78, гост 8581-78, гост 12337-84, гост 17479.1-85.

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

Трансмиссионные масла без присадок предназначены для деталей наземных машин с механической тягой при умеренных нагрузках, а с противозадирными (ОТП) и противоизносными (ЭФО) присадками - для высоконапряженных спирально-конических и гипоидных передач.

Трансмиссионные масла вырабатывают нескольких марок: летнее, зимнее, всесезонное, северное и арктическое, - отличающиеся одна от другой вязкостью, температурами вспышки и застывания, а также присадками. Для летних марок характерна вязкость 14-20 мм²/с при температуре 100°С, для зимних- 10 мм²/с.

Трансмиссионные масла по назначению делятся на масла общего назначения, универсальные, гипоидные.

Отечественной промышленностью выпускаются около двух десятков трансмиссионных масел для механических передач различного уровня качества и назначения.

Основные марки масел включены в ГОСТ 23652-79.

К трансмиссионным маслам общего назначения относятся масла ТАп 15В, ТСП-15к. Эти масла совместимы и можно одно масло заменять другим без специальной промывки устройств.

Трансмиссионное масло ТАп-15В служит для всесезонного применения в агрегатах трансмиссий автомобилей, зубчатых редукторах (кроме гипоидных), работающих при температуре окружающего воздуха до -30°С.

Трансмиссионное масло ТСП-15к, предназначенное для всесезонного применения в средней климатической зоне, характеризуется хорошими антикоррозионными свойствами, а также антиокислительной стабильностью.

Трансмиссионное универсальное масло ТАД-17и служит для смазывания задних мостов, коробок передач и рулевых механизмов при температуре окружающего воздуха до -35°C .

К трансмиссионным гипоидным маслам относятся масла ТСП-14ГИП, ТСЗ-9ГИП.

Гипоидное масло ТСП-14ГИП используется всесезонно при температуре окружающего воздуха до -40°C . Гипоидное масло ТСЗ-9ГИП, свойства которого определены техническими условиями, применяют в северных районах при температуре окружающего воздуха до -50°C .

Наряду с указанным стандартом требования к трансмиссионным маслам определяются рядом технических условий.

В процессе эксплуатации происходит не только уменьшение количества масла, но и ухудшение его первоначальных качеств. Количество масла уменьшается в результате испарения и подтекания через сальники и другие уплотнения, а в двигателе количество масла уменьшается, главным образом, за счет его выгорания в камере сгорания.

Изменение свойств масел при работе происходит под действием двух причин:

- загрязнения масла попадающими в него металлическими частицами, пылью, водой, нагаром, топливом;
- образованием в масле продуктов окисления.

Ухудшение свойств масла вследствие загрязнения его продуктами, попадающими извне, не зависит от первоначального качества масла.

Интенсивность же образования в масле продуктов окисления при одинаковых условиях работы смазываемого агрегата или механизма целиком зависит от качества масла.

Обе эти причины вызывают постепенное ухудшение качества масла, что в свою очередь приводит к увеличению износа трущихся деталей, сокращению сроков службы механизмов и агрегатов, повышению затрат на их ремонт.

Ухудшение качества масла приводит к необходимости его периодической замены.

В маслах при их работе в двигателях происходят сложные процессы, протекание которых зависит от многих факторов и в том числе от качества масла, типа двигателя, его технического состояния, режима и условий работы, качества и рода топлива, надежности работы масляных, топливных фильтров и воздухо- очистителей, климатических условий и других факторов.

Поскольку соотношение факторов, влияющих на протекающие в масле процессы, в каждом конкретном случае может быть индивидуальным, то могут изменяться и причины, по которым масло становится непригодным для дальнейшего использования. В одних случаях будет недопустимо большое содержание механических примесей, в других - топливных фракций, в-третьих - воды, в-четвертых - кислот и т. д.

Сроки смены масла являются примерными и средними, поэтому желательно, кроме них, пользоваться некоторыми широкодоступными критериями, позволяющими уточнить рекомендуемые сроки смены масла.

Таковыми критериями могут быть цвет и вязкость масла, содержание механических примесей, осадков и воды в нем.

С известной условностью о загрязненности масла примесями можно судить по меткам на конце маслоуказателя. Для этого из картера прогретого двигателя быстро вынимают маслоуказатель и рассматривают на нем метки, покрытые слоем масла. Если метки хорошо видны, то на таком масле можно продолжать работу. Если же метки не видны, а фильтры исправны, то масло нужно менять.

Вторым доступным для автохозяйства методом при определении качества работавшего масла является измерение его вязкости шариковым вискозиметром (полевым). Этот портативный прибор позволяет путем сравнения с маслом, вязкость которого известна, устанавливать вязкость испытываемого масла.

Вода в масле может быть обнаружена отстаиванием в течение 2-3 ч залитого в прозрачную посуду прогретого масла, по пузырькам водной эмульсии при сливе масла и нагревании масла в пробирке до 100-105°C. В последнем случае при наличии влаги масло будет вспениваться. Кроме того, пары воды, охлаждаясь, будут осаждаться мельчайшими капельками на холодных стенках верхней части пробирки.

Представление о количестве образовавшихся в двигателе осадков и необходимости промывки картера можно получить по их наличию на стенках клапанной коробки.

Качество свежих масел, поступающих в автохозяйство, контролируется прежде всего по паспорту. На основании данных последнего можно установить соответствие показателей физико-химических свойств масла, предусмотренных стандартом или техническими условиями.

Качество свежих масел можно проверить теми же упрощенными способами, что и работающих, но пользоваться нужно другими количественными критериями.

Различить масла разных марок по таким их внешним признакам, как цвет и запах, - задача трудная, так как эти признаки не являются достаточно характерными. Поэтому необходимо внимательно следить, чтобы на таре были бы четко нанесены наименования хранящихся в ней масел.

Следует отметить, что трансмиссионные масла имеют черный цвет, кроме гиппоидного, имеющего коричневую окраску.

Масла для двигателей, как правило, более светлые и их цвет в проходящем свете бывает от светлого до темно-коричневого. По запаху выделяются масла, содержащие сернистые присадки, например, ТАп-15В, которое имеет резкий запах. У остальных масел запах слабо различим.

Пластичные смазки

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

Пластичные 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 пластичным смазкам вытекают из их назначения и сводятся к следующему:

- разделять трущиеся детали прочной смазочной пленкой для уменьшения износов и потерь на трение;
- удерживаться в узлах трения, не вытекая из них;
- защищать трущиеся детали от попадания пыли, влаги и грязи;
- не вызывать коррозионного износа деталей;
- легко пропрессовываться (прокачиваться) по смазочным каналам, не требуя для этого слишком больших давлений;
- не изменять длительное время своих свойств в процессе работы и хранения;
- быть экономичными и недефицитными.

Производство пластичных смазок существенно отличается от производства жидких масел и в основном сводится к смешиванию (варке) в определенных пропорциях входящих в них компонентов.

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

От качества жидкого масла зависят смазывающие свойства консистентной смазки.

Вторым неперменным составным элементом смазки является загуститель. Добавление к жидкому минеральному маслу загустителя превращает его в пластичную смазку, т. е. густую малоподвижную мазеобразную массу. От вида загустителя зависят такие важные эксплуатационные свойства пластичных смазок, как температурная стойкость и влагостойкость. Загустители делятся на немыльные и мыльные.

В качестве немыльных загустителей используются парафин, церезин, петролатум, воск и др.

Пластичная смазка, изготовленная на немыльном загустителе (углеводородная), обладает хорошей химической и физической стабильностью и хорошо предохраняет детали от окисления кислородом воздуха. В то же время она имеет низкие смазывающие и температурные свойства и поэтому преимущественно используется как защитная (кроме алюминиевых деталей).

Мыло-загуститель получают омылением жира щелочью. Мыльные смазки по типу катиона делят на кальциевые, натриевые, литиевые, бариевые, алюминиевые и другие (используют около 10 различных мыл, а также их смеси).

В зависимости от состава жиров, употребляемых для приготовления мыльных загустителей, выделяют смазки на синтетических жирных кислотах (получают при окислении парафинов) и природных жирах, а также на технических жирных кислотах (стеариновой, 12-оксистеариновой и др.).

Все более широкое применение находят комплексные мыльные смазки, для приготовления которых используют мыла высших жирных кислот и соли низкомолекулярных органических (иногда и минеральных) кислот.

В качестве загустителей все чаще используют продукты не- органического происхождения - силикагель, бентонитовые глины и технический углерод.

Антифрикционные смазки снижают износ и трение сопряженных деталей механизмов, ниже приведены группы антифрикционных смазок.

Антифрикционные смазки общего назначения для обычных температур (группа С) используют для узлов трения с рабочей температурой ДО 70°C. К этой группе смазок относят: солидолы, смазки АМ (карданные), ЯНЗ-2, графитную УСсА, ЛИТОЛ-24 и ЦИАТИМ-201.

Солидолы вырабатывают загущением промышленных масел кальциевыми мылами жирных кислот, получаемых на основе натуральных растительных масел (жировой солидол) или синтетических жирных кислот. Солидолы предназначены для смазывания грубых и малоответственных поверхностей трения машин и механизмов, ручного инструмента. Солидолы работоспособны в течение относительно малого срока времени.

Пресс-солидол С используют главным образом для поверхностей трения шасси автомобилей, к которым он подается под давлением; солидол С - для смазывания подшипников качения и скольжения, шаровых, винтовых и цепных передач, тихоходных шестеренных редукторов и других узлов трения. Жировой солидол УС, выпускают двух марок: УС-1 (пресс-солидол) и УС-2, работоспособность которых ограничена диапазоном температур от -50 до +65°C. В маркировке буквы обозначают: у - универсальная, с - синтетическая, с - среднеплавкая. Гидратированная кальциевая смазка графитная УСсА применяется для смазывания рессор автомобилей, открытых зубчатых колес, торсионных подвесок, резьб домкратов. Применять солидолы в качестве защитных смазок не рекомендуется, так как в них содержится до 3 % воды, которая может вызывать коррозию металла под слоем смазки.

Смазка ЯНЗ-2- автомобильная тугоплавкая кальциево-натриевая служит для смазывания подшипников ступиц колес, червячного вала коробки передач, генераторов автомобилей и др. Может заменять солидол.

Смазка ЛИТОЛ-24 - универсальная смазка на литиевых мылах 12-оксистеариновой кислоты предназначена для поверхностей трения, для которых рекомендуются солидолы и смазка ЯНЗ-2.

До недавнего времени большую часть литиевых смазок готовили на мылах стеариновой кислоты - ЦИАТИМ-201, которая предназначена для узлов трения, работающих при относительно низких нагрузках и невысоких температурах.

Смазки для повышенных температур (группа О) используют для узлов трения с рабочей температурой до 110°C. К этой группе относятся смазки: ЦИАТИМ-202, ЛЗ-31, 1-13.

Смазка ЦИАТИМ-202 служит для смазывания подшипников качения, работающих в интервале температур $-40 - +110^{\circ}\text{C}$. Смазка токсична, и при работе с ней следует применять индивидуальные средства защиты.

Смазку ЛЗ-31 применяют для закрытых подшипников качения, не контактирующих с водой, а также для выжимного подшипника сцепления автомобилей ЗИЛ и ГАЗ, работающих в интервале температур от -40 до $+120^{\circ}\text{C}$.

Смазка 1-13 на натриевых и натриево-кальциевых мылах предназначена для смазывания подшипников качения, опор карданного вала, первичного вала коробки передач, ступиц колес, оси и шарниров педалей управления. Смазка готовится загущением нефтяных масел натриево-кальциевым мылом касторового масла. Вариант указанной смазки - смазка 1-ЛЗ, отличающаяся присутствием антиокислителя дифениламина. Применяется при температуре от -20 до $+110^{\circ}\text{C}$.

Смазка Консталин (1и2) изготавливается на натриевых и натриево-кальциевых мылах, служит для поверхностей трения, работающих в условиях отсутствия влаги при температуре от -20 до $+110^{\circ}\text{C}$. По внешнему виду - это однородная мазь от светло-желтого до темно-коричневого цвета.

Редукторные (трансмиссионные) смазки (группа Т) предназначены для зубчатых и винтовых передач всех видов. К этой группе относится индустриальная кальциевая смазка ЦИАТИМ-208. Смазку используют для смазывания тяжелонагруженных шестеренных редукторов, работающих при температуре от -30 до $+100^{\circ}\text{C}$. Смазка токсична, поэтому при работе с ней следует применять индивидуальные средства защиты.

Морозостойкие смазки (группа Н) предназначены для поверхностей трения с рабочей температурой -40°C и ниже. К этой группе относятся смазки ВНИИНП-257, ОКБ-122-7. Смазку ВНИИНП-257 применяют для смазывания шарикоподшипников и маломощных зубчатых передач. Смазка морозостойка, температура применения от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$. Смазка ОКБ-122-7 служит для смазывания шарикоподшипников и других поверхностей трения, работающих в интервале температур от -40 до $+100^{\circ}\text{C}$.

Химически стойкие смазки (группа Х) предназначены для узлов трения, имеющих контакт с агрессивными средами. К этой группе относятся смазки: ЦИАТИМ-205, ВНИИНП-279. Смазка ЦИАТИМ-205 предохраняет от спекания неподвижные резьбовые соединения, работающие при температуре от -60 до $+50^{\circ}\text{C}$. К противозадирным и противоизносным смазкам (группа И) относится смазка ЦИАТИМ-203, которая служит для смазывания

высоконагруженных шестеренных передач, червячных редукторов, опор скольжения и качения при температуре от -50 до +90°С.

Защитные (консервационные) смазки (группа К) предназначены для защиты металлических изделий и механизмов от коррозии при хранении, транспортировании и эксплуатации. Наиболее распространенной защитной смазкой является технический вазелин (УН). Консервационные смазки по объему производства занимают второе место после антифрикционных (около 15% в общем объеме производства смазок). При правильном нанесении защитных смазок они препятствуют проникновению к металлической поверхности коррозионно-агрессивных веществ, влаги и кислорода воздуха, тем самым предотвращают коррозию в течение 10-15 лет. Для улучшения защитных и противокоррозионных свойств в смазки вводят специальные присадки. Наряду с пластичными защитными смазками используют жидкие консервационные масла, пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНС), мастики и некоторые другие продукты нефтяного происхождения. Несмотря на широкое распространение консервационных пластичных смазок, они имеют ряд недостатков. Одним из серьезных является большая трудность нанесения и удаления их с защищаемых поверхностей по сравнению с жидкими продуктами. Чтобы нанести или удалить смазку, зачастую приходится разбирать механизм, что осложняет и удлиняет консервацию и расконсервацию изделий.

Уплотнительные смазки предназначены для герметизации зазоров и щелей, подвижных и неподвижных узлов трения. Уплотнительной смазкой является смазка бензиноупорная (БУ). С ее помощью могут быть уплотнены соединения топливопроводов, топливных насосов, кранов систем питания и смазки. Она содержит цинковое мыло, касторовое масло и глицерин. Зимой для понижения вязкости можно добавлять до 25 % спирта.

По внешнему виду пластичная смазка должна представлять собой однородную массу без наличия комков, посторонних включений, примесей или выделившегося масла. Смазка, не отвечающая этим условиям, должна быть забракована.

Рабочие жидкости

Работа механизмов может быть связана с использованием охлаждающей жидкости для системы охлаждения двигателя, гидротормозной жидкости для тормозного привода, жидкости для амортизаторов, подъемных механизмов, гидравлических передач трансмиссии и гидротрансформаторов.

Знание свойств этих жидкостей и их разновидностей необходимо для организации их рационального использования.

Жидкости для системы охлаждения двигателя

Жидкость для системы охлаждения двигателя должна отвечать следующим требованиям:

- обладать высокой теплоемкостью, теплопроводностью и определенной вязкостью;
- иметь высокую температуру кипения и низкую температуру замерзания;
- не образовывать отложений на омываемых стенках и не загрязнять систему охлаждения;
- не вызывать коррозии металлических деталей и не разрушать резиновые детали;
- иметь хорошую химическую и физическую стабильность;
- не вызывать поломок деталей системы охлаждения при застывании, возможно меньше изменять объем при нагревании и не вспениваться при попадании нефтепродуктов;
- не обладать токсичностью и не повышать пожарную опасность;
- быть дешевой и недефицитной.

В качестве охлаждающей жидкости применяют воду и этиленгликолевые жидкости, не замерзающие при отрицательных температурах.

Вода в качестве охлаждающей жидкости имеет следующие преимущества: дешевизна, доступность, высокие теплоемкость и теплопроводность. Отрицательные свойства воды: замерзает при отрицательных температурах и закипает при температуре выше 100°C; при достаточно жесткой воде образуется накипь; обладает коррозионной активностью. Органические примеси, в том числе нефтепродукты, попадая с водой в систему охлаждения, образуют шламы, которые загрязняют каналы и ухудшают отвод тепла.

Этиленгликолевые жидкости (антифризы) служат для заполнения системы охлаждения двигателей в зимнее время. Такие жидкости, представляющие собой раствор этиленгликоля (двухатомный технический спирт) с дистиллированной водой, выпускают двух марок: 40 и 65 (Тосол-А40, Тосол-А65).

Этиленгликолевые жидкости практически не горючи, однако они коррозионно-активны. Температура кипения неразбавленного этиленгликоля около 200°C, что значительно выше температуры кипения воды. При работе

двигателя на этиленгликолевой жидкости вода может частично испаряться, что потребует добавления воды.

Чтобы снизить коррозионную активность этиленгликолевой жидкости, в нее добавляют присадку - фосфорнокислый натрий (двухзамещенный), при этом из системы охлаждения должна быть удалена накипь, чтобы избежать реакции присадки с накипью.

Этиленгликолевые жидкости ядовиты. Случайно попавшая внутрь организма жидкость вызывает тяжелые поражения почек и нервной системы.

Амортизационные жидкости

Жидкости для заполнения гидравлических амортизаторов должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к маслам, и прежде всего:

- иметь по возможности более низкую температуру застывания (до - 60⁰С);
- обладать небольшой вязкостью (примерно 12сСт при 50⁰С) и незначительно изменять ее при изменении температуры, т. е. иметь хорошие вязкостно-температурные свойства.

Амортизационные жидкости представляют собой маловязкие масла или чаще их смеси.

Наиболее распространенная амортизационная жидкость состоит из турбинного и трансформаторного масел. Она имеет температуру застывания около 30⁰С.

Для автомобилей, эксплуатируемых в районах с температурой ниже -40⁰С, в качестве амортизаторной жидкости следует применять приборное масло МВП, имеющее температуру застывания не выше - 60⁰С, и вязкость при 50⁰С в пределах 6,3- 85 с Ст.

В качестве жидкости для амортизаторов могут также применяться масла: веретенное АУ, а в южных районах - веретенное 2.

Тормозные жидкости

Важной особенностью жидкостей для гидравлических приводов тормозов является то, что от их эксплуатационных качеств зависит не только долговечность и надежность работы деталей привода, но и безотказность работы тормозного механизма.

Жидкость для гидравлических приводов тормозов должна отвечать следующим эксплуатационно-техническим требованиям:

- не должна вызывать коррозии металлических деталей, а также разрушения (набухания, разъедания, высыхания) резиновых манжет, клапанов и шлангов гидравлического привода;

- обладать хорошими вязкостно-температурными свойствами, обеспечивая высокую подвижность (прокачиваемость) в холодное зимнее время и отсутствие подтеканий в жаркое летнее время при практических колебаниях температур от -50 до -60°C (зимой в северных районах) до 100 - 110°C (летом на южных горных дорогах);

- иметь температуру кипения выше максимальной температуры нагрева жидкости в тормозном приводе (примерно 120 - 130°C), чтобы не допустить образования паровых пробок в гидравлической системе и потерь жидкости вследствие испарения;

- обладать хорошими смазочными свойствами, чтобы обеспечить минимальный износ трущихся деталей привода и минимальные потери энергии на преодоление трения;

- быть стабильной, т. е. не расслаиваться, не выделять каких-либо осадков, не вспениваться и длительно при работе и хранении сохранять неизменными свои физико-химические свойства.

Тормозные жидкости выпускаются трех видов: касторовые, гликолевые и нефтяные.

Касторовая гидротормозная жидкость БСК представляет собой смесь рафинированного касторового масла, бутилового или изобутилового спирта и органического яркого красителя красного цвета. Жидкость окрашена в яркий оранжево-красный цвет. Вязкость жидкости при температуре 50°C составляет $9,4$ - $13,0$ с Ст. Применяют жидкость БСК в тормозных системах машин, в которых использованы элементы из немаслостойкой резины. Жидкость БСК рекомендуется использовать всесезонно в средней полосе России при температуре воздуха до -15°C . Гликолевая тормозная жидкость ГТЖ-22М состоит из смеси гликолей, воды и антикоррозионных присадок. Жидкость ГГЖ-

22М окрашена в зеленый цвет. Вязкость жидкости при температуре 50°C колеблется от $7,9$ до $8,3$ с Ст. Эту жидкость применяют при любых температурных условиях, так как температура потери подвижности жидкости составляет -60°C . Гликолевые тормозные жидкости ядовиты.

Нефтяная тормозная жидкость ГТН- деароматизированные углеводороды типа керосина, загущенные полиизобутаном. Эта жидкость применяется в механизмах с гидроприводами тормозного механизма, снабженными

детальями из бензомаслостойкой резины. Нефтяная тормозная жидкость имеет запах, свойственный нефтепродуктам.

Жидкости для гидравлических систем

Для заполнения гидравлической системы подъемных механизмов могут применяться жидкости, которые имеют низкую температуру застывания, необходимую вязкость и отвечают другим требованиям, предъявляемым к смазочным маслам.

В качестве жидкости для гидравлических передач служит масло (ТУ 38-1011792-71), которое вырабатывается двух марок: А - для автоматических коробок передач, Р - для гидроусилителя руля и гидрообъемных передач. В состав масла А входят нефтяная основа селективной очистки с температурой застывания не выше -28°C и загуститель. Масло марки Р готовят на базе масла веретенного АУ, вырабатываемого из малосернистых нефтей, без загустителя и депрессорной присадки.

Масло ЭШ - это высококачественное минеральное масло, загущенное виниполом (2 %) с добавлением депрессорной присадки АЗНИИ (не более 0,5%). Масло ЭШ применяют в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах управления высоконагруженных механизмов.

Масла МГ-20 и МГ-30 способствуют повышению долговечности машин с гидроусилением.

В качестве рабочей жидкости в амортизаторах с уплотнительными деталями из маслостойкой резины применяют масло МГП-10, а также всепогодную амортизационную жидкость АЖ-12Т. Жидкости, применяемые в гидравлических системах машин, как правило, горючи, а некоторые из них токсичны и требуют определенных мер предосторожности при эксплуатации и хранении, их нельзя смешивать.

Электролиты

В числе других химических продуктов используются серная и соляная кислоты, каустическая и кальцинированная сода.

Серная кислота (H_2SO_4) используется главным образом для приготовления электролита кислотных аккумуляторов, представляющего собой раствор серной кислоты в дистиллированной воде, причем выпускается специальная серная кислота сорта А и Б, содержащая меньшее количество механических примесей, чем обычная техническая серная кислота.

Техническая серная кислота используется для составления электролита при хромировании и омеднении деталей и др.

Аккумуляторная серная кислота имеет плотность $1,83 \text{ г/см}^3$, а плотность электролита в зависимости от климатической зоны и типа аккумуляторной батареи колеблется от $1,25$ до $1,31 \text{ г/см}^3$. В северных районах содержание кислоты в электролите, а следовательно, и его плотность должны быть более высокими, чем в южных, чтобы не допустить замерзания электролита. Электролит плотностью $1,31 \text{ г/см}^3$ не замерзает даже при температуре -60°C , а при плотности $1,15 \text{ г/см}^3$ замерзает уже при -14°C .

Плотность изменяется с изменением температуры, и путем расчета на основании температурной поправки плотность приводится к 20°C .

Для приготовления электролита нужной плотности в целях большей безопасности рекомендуется вначале крепкую серную кислоту разбавить дистиллированной водой до плотности $1,4 \text{ г/см}^3$, а затем готовить из нее электролит. Количество серной кислоты или раствора плотности $1,4 \text{ г/см}^3$, необходимое для приготовления электролита данной плотности при 20°C , можно определить по данным приведёнными в таблице.

При приготовлении электролита нужно вливать только кислоту (в том числе и разбавленную) в воду, но не наоборот, так как происходит вскипание воды и разбрызгивание капель горячей кислоты. Попавшую на тело серную кислоту нужно сейчас же смыть большим количеством воды, а затем слабым раствором пищевой соды или нашатырного спирта.

Соляная кислота (HCl) применяется для удаления накипи в системе охлаждения, для травления поверхности деталей перед лужением и пайкой, для приготовления электролита при омеднении и др.

Соляная кислота является раствором хлористого водорода в воде (до 40 % по весу) и представляет собой бесцветную дымящуюся на воздухе (вследствие выделения хлористого водорода) жидкость. Соляная кислота, применяемая для технических целей, окрашена различными примесями и обычно имеет желтоватый цвет и едкий, удушливый запах. Соляная кислота разрушает металлы. Попадание ее на кожу столь же опасно, как и серной кислоты, поэтому при работе с ней должны соблюдаться те же меры предосторожности.

Каустическая сода (NaOH) или едкий натр используются в виде раствора, главным образом для удаления нагара и грязи с деталей, для их обезвреживания. По внешнему виду каустическая сода представляет собой белое твердое вещество, активно поглощающее из воздуха влагу и углекислый газ. Попадание твердой каустической соды на кожу вызывает сильные ожог,

поэтому при работе с ней нужно находиться в защитных очках, резиновых перчатках и переднике.

Кальцинированная сода (Ca_2CO_3) используется также для очистки деталей, и прежде всего алюминиевых. Чаще всего кальцинированная сода поступает в виде белого порошка, но может поставляться и в виде крупных белых кристаллов.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Перечислите требования, предъявляемые к бензинам.
- 2 Назовите показатели физико-химических свойств бензинов.
- 3 Приведите требования, предъявляемые к дизельному топливу.
- 4 Перечислите марки дизельного топлива и дайте им характеристику.
- 5 Перечислите основные показатели сжатых газов, определяющие эффективность их применения в качестве автомобильного топлива.
- 6 Расскажите о назначении масел.
- 7 Назовите основные требования, предъявляемые к маслам.
- 8 Перечислите основные физико-химические свойства масел.
- 9 Назовите марки моторных масел.
- 10 Перечислите марки трансмиссионных масел, дайте их характеристики и расскажите о применении в узлах трения.
- 11 Каковы назначение и основные требования, предъявляемые к пластичным смазкам?
- 12 Перечислите основные физико-химические свойства пластичных смазок.
- 13 Приведите маркировку пластичных смазок и укажите области их применения.
- 14 Укажите способ определения качества пластичных смазок и их марок для систем охлаждения.
- 16 Расскажите о назначении и требованиях, предъявляемых к тормозным жидкостям.
- 17 Перечислите требования к амортизационным жидкостям.
- 18 Перечислите требования к жидкостям для гидравлических передач.
- 19 Каковы назначение электролитов и требования, предъявляемые к ним? Опишите способ получения электролита необходимой плотности.

Литература: (б.с.136-165)

Раздел 5 Технология металлов.

Литье - это способ изготовления заготовки или изделия заполнением полости заданной конфигурации жидким металлом с последующим его затвердеванием. Заготовку или изделие, получаемое методом литья, называют отливкой.

Литейное производство - основная заготовительная база всех направлений машиностроения. Во многих случаях литье - единственно возможный способ получения заготовок сложной формы. Литые заготовки являются наиболее дешевыми, а зачастую имеют минимальный припуск на механическую обработку.

Способы изготовления отливок делятся на две группы:

- литье в обычные песчаные формы;
- специальные способы литья.

В свою очередь способы литья в песчаные формы могут быть ручными и машинными (механизированными и автоматизированными). К специальным методам литья относятся: литье в кокиль (металлические формы свободной заливкой); литье по выплавляемым, растворяемым, выжигаемым моделям; центробежное литье; литье под давлением; литье в оболочковые формы и другие способы литья.

Тема 5.1 Основные способы обработки металлов.

Обработка металлов давлением

В настоящее время около четверти металла, потребляемого машиностроением, уходит в отходы в виде стружки, что составляет миллионы тонн. Использование таких методов, как получение точных профилей фасонной конфигурации методом прокатки, прессования, гибки, штамповки, волочения и других позволяет повысить точность заготовок и резко снизить трудоемкость механической обработки при значительном снижении расхода металла. Процесс обработки металлов давлением (ОМД) - это придание материалу требуемой формы, размеров и физико-механических свойств без нарушения его сплошности путем пластической деформации. Процессы обработки давлением разделяют на две группы: горячую и холодную деформацию.

На современных металлургических заводах применяют ковку, штамповку, прокатку, волочение и прессование.

Обработка металлов кузнечным способом включает процессы свободнойковки, горячей и холодной штамповки. Для штамповки характерно применение специального инструмента - штампов. Свободной ковкой производят единичные или мелко-серийные поковки. Мелкие и средние поковки массой до 1 тонны изготавливают на молотах, более крупные - на прессах.

Прокатка - один из наиболее распространенных видов ОМД. При продольной прокатке металл деформируется между двумя валками, вращающимися навстречу друг другу. Этим способом производится почти 90% прокатной продукции, в том числе весь листовой и профильный прокат. Крупный профиль и толстый лист производят методом горячей продольной прокатки. Тонкий лист, ленту, мелкий профиль точных размеров - методом холодной прокатки. Горячая прокатка более производительна и экономически выгодна, холодная прокатка обеспечивает значительно более высокую точность и часто является чистовым этапом производства листов, труб и профилей.

При поперечной и поперечно-винтовой (косой) прокатке валки вращаются в одну сторону. При косой прокатке металл получает не только поперечную, но и продольную деформацию за счет перекоса валков. В обоих случаях заготовка вращается вследствие вращения валков. Косая прокатка позволяет изготавливать бесшовные горячекатаные трубы, а поперечная - спецпрофили.

Классификация прокатных станов может быть проведена по назначению продукции: обжимные (блуминги - производство сортовой заготовки; слябинги - производство листовой заготовки), заготовочные, крупносортовые, среднесортные, мелкосортные, проволочные, рельсобалочные, универсальные балочные, толстолистовые, широкополосные, листовые, тонколистовые, ленточные, трубопрокатные, бандаже- и колесопрокатные, а также специального назначения. Прокатные станы бывают реверсивными (возможность изменения направления прокатки) и неревверсивными.

Сортаментом станов называется совокупность получаемых изделий по форме, сечению и размерам. Все прокатные изделия подразделяют на: сорт, лист, трубы, профили, специальные виды прокатов. Прокатку сорта и профиля осуществляют в калиброванных (ручьевых) валках, листы и полосы прокатывают в валках с гладкой поверхностью.

Волочение. Сущность процесса волочения состоит в деформации металла путем протягивания через сужающийся по длине канал круглого, квадратного или более сложного профиля. Волочительный инструмент, волока (матрица,

фильера) изготавливаются из закаленной стали или твердых сплавов. Усилия волочения в значительной мере определяют силы трения на поверхности металл-волока, которые стремятся максимально снизить подбором рациональных смазок. Смазки бывают жидкие (касторовое масло, олифа, минеральные масла); жидкие с добавками (талька, порошка графита и др.); сухие (порошки, талька), покрытия (фосфатные, металлические и др.).

При волочении изменяется профиль поперечного сечения с одновременной вытяжкой по длине. Процесс волочения многократен и чередуется с большим количеством промежуточных отжигов, травлений, смазок и т. д. Волочением изготавливают проволоку и трубы. В большинстве случаев металл, обрабатываемый волочением, не нагревают: он входит в волочильный канал при комнатной температуре, а образующееся при деформации тепло отводят с помощью эмульсии или обдува воздухом. В некоторых случаях, когда обрабатываемый металл обладает недостаточной пластичностью при комнатной температуре или высоким сопротивлением деформации, волочение осуществляют с дополнительным подогревом.

Для введения заготовки в волочильный инструмент для обеспечения начального захвата передний конец изделия утончают (острят) заковкой на молотах.

Отличительной чертой процесса волочения является его универсальность (простота и быстрота замены инструмента), что делает его очень распространенным.

Прессование. Прессованием называют процесс выдавливания (экструзии) находящегося в полости контейнера металла через выходное отверстие - очко матрицы. Методом горячего прессования в настоящее время изготавливают чрезвычайно широкий сортамент изделий: прутки, трубы, самые разнообразные профили сложного сечения. Прессование чаще применяют для обработки цветных металлов и реже сталей. Используется прессование и для изготовления изделий из тугоплавких металлов и сплавов на их основе.

Методом прессования изготавливается очень широкий сортамент сплошных и полых профилей, труб и панелей, в том числе оребренных. Практически любой из видов профильного проката может быть изготовлен прессованием. Процесс универсален при переходе с размера на размер и одного типа профиля на другой. Смена инструмента не требует больших затрат времени.

Существуют два метода прессования: прямой и обратный. При прямом металл выдавливается в направлении движения пуансона (пресс-остаток 18-20%). При обратном металл движется из контейнера навстречу движению

пуансона (пресс-остаток 5-6%). При прямом прессовании качество поверхности выше, зато обратный метод требует меньшие усилия.

Инструмент для прессования состоит: из контейнера, матрицы, пуансона (штемпеля), иглы и иглодержателя (при прессовании полых профилей и труб).

В некоторых случаях применяются такие методы прессования, как прессование с подогревом инструмента, вакуумное, с противодавлением, прикладываемым к изделию на выходе из матрицы.

Свободная ковка. Процесс свободного течения металла под действием периодических ударов или статических воздействий инструмента называется свободной ковкой. Свободная ковка разделяется на ручную и машинную. Ручная ковка как древнейший способ обработки металла давлением сохранилась в настоящее время в мелких ремонтных мастерских. Свободная машинная ковка осуществляется на молотах и прессах. Ковке подвергают чаще литой металл. При ковке литого металла процесс раздробления литой (дендритной) структуры и появление волокнистости в целом аналогичен прокатке. Свободной ковкой можно изготавливать заготовки практически из всех марок и видов деформируемых конструкционных металлов и сплавов. Методом свободнойковки получают крупные поковки в основном простого сечения: круг, квадрат, многогранник, прямоугольник. Можно получать заготовки валов.

Обычная технологическая схемаковки: нагрев заготовки (слитка), беллетировка (превращение конического слитка в цилиндрическую заготовку), протяжка, подогрев и последующая ковка в размер, разрубка на мерные длины, охлаждение и термообработка, осмотр, обмер, зачистка дефектов, отрезка образцов на механические испытания, сдача.

Штамповка - это способ изготовления изделий давлением с помощью специального инструмента (штампов), рабочая полость которых определяет конфигурацию конечной штамповки (изделия). Штампованные заготовки значительно приближены по форме и размерам к готовой детали. Процессы штамповки подразделяют на два вида: объемная и листовая штамповка. При объемной штамповке используют сортовую или профильную заготовку, при листовой штамповке заготовкой является металл в виде листа.

Методами объемной штамповки изготавливают заготовки сложной конфигурации (шестерни, коленчатые валы, кронштейны, рычаги и другие детали для машиностроения). Листовой штамповкой получают различные корпусные изделия (детали обшивки и корпуса легковых и грузовых автомобилей и др.).

Детали можно штамповать в горячем и холодном состояниях на различных типах кузнечно-прессового оборудования. Холодная штамповка обеспечивает более высокое качество поверхности и точность, но требует более мощного оборудования. Механические свойства штамповок превосходят аналогичные показатели кованных деталей, так как в штамповке легче создать условия, обеспечивающие равномерность структуры и направленность волокна. Штампы бывают одно- и многоручьевыми для изготовления штамповки в несколько переходов.

Сущность процесса горячей объемной штамповки заключается в том, что нагретая до оптимальной температуры заготовка помещается в полость одной из половин штампа, где она при воздействии второй половины приобретает заданную форму. Штамповка в открытых штампах связана с образованием облоя (заусенца). Рассчитывая размер заготовки, его нужно увеличить относительно объема готовой штамповки на величину облоя. Облой облегчает заполнение штампа металлом и позволяет использовать при штамповке одинаковых деталей заготовки, не- сколько отличающиеся по объему.

Технологическая схема процесса состоит из следующих операций: разрезка прутков, нагрев заготовки, перенос в полость штампа, штамповка, обрезка заусенца (облоя), термическая обработка, осмотр, ремонт дефектов, приемка. Для горячей штамповки штампы изготавливаются из инструментальных углеродистых и легированных сталей.

Холодную объемную штамповку осуществляют в тех же штампах, которые применяются для горячей обработки. Основное преимущество холодной штамповки состоит в возможности деформирования заготовок малой толщины (полоса) и поперечного сечения (пруток, проволока). Этот метод позволяет получать поковки с тонкими сечениями, что в нагретом состоянии недостижимо ввиду их быстрого охлаждения. В холодном состоянии чаще штампуют цветные металлы, низкоуглеродистые стали, легированные и коррозионностойкие стали.

Листовая штамповка является одним из прогрессивных методов формообразования на прессах при помощи штампов и широко применяется во всех отраслях машиностроения и металлургической промышленности. Листовой штамповкой изготавливают изделия для автомобилей, тракторов, самолетов, сельскохозяйственных машин и др. В зависимости от толщины листа-заготовки штамповку можно условно разделить на тонколистовую (толщина листа до 4 мм) и толстолистовую (толщина более 4 мм). В листоштамповочном производстве широко

применяются черные металлы (углеродистые стали обыкновенного качества, качественные и конструкционные; легированные конструкционные стали и высоколегированные, коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные сплавы), цветные металлы и сплавы (медь, никель, алюминий, магний, титан и сплавы на их основе). В листовой штамповке используют также биметаллический и многослойный лист.

Операции листовой штамповки могут быть разбиты на следующие основные группы: разъединительные, формоизменяющие, комбинированные, штамповочные. К разъединительным (разделительным) операциям, связанным с отделением одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру, следует отнести отрезку, вырубку (вырезку), пробивку отверстий, надрезку, обрезку и зачистку. К формоизменяющим операциям превращения плоской заготовки в пространственную деталь требуемой формы относят: гибку, вытяжку, правку, рельефную штамповку, отбортовку, формовку, раздачу и обжим. К прессовочным операциям, связанным с изменением толщины заготовки, принадлежат: чеканка, разметка (кернение), клеймение (маркировка), холодное выдавливание. Комбинированная штамповка - это совмещение нескольких технологических операций, например, отрезки и гибки, вырубки и вытяжки. Штамповочные операции предназначены для соединения деталей в один узел. К ним относятся: запрессовка, закатка, холодная или горячая пластическая сварка и др.

Сварочное производство

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 сварка качественными электродами с толстым покрытием, автоматическая, полуавтоматическая сварка под флюсом, а также сварка в углекислом газе. При сварке конструкций из высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов предпочтительно использование аргоно-дуговой 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.

При точечной сварке соединяемые детали, чаще всего листы, собирают внахлестку и зажимают между двумя медными охлаждаемыми изнутри проточной водой электродами, подводщими 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.

При шовной сварке электроды, подводщие ток к изделию и осуществляющие осадку, имеют форму роликов, катящихся по изделию, в связи с чем эту разновидность контактной сварки называют также роликовой. При шовной сварке листы соединяются непрерывным плотным швом.

Пайка металлов

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.

Газокислородная резка металлов

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.

Таким образом, процесс газокислородной резки является процессом сквозного прожигания твердого металла струей чистого кислорода.

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.

Восстановление и упрочнение деталей наплавкой

Наплавочные работы широко применяют при восстановлении изношенных деталей. Применение наплавки рабочих поверхностей позволяет не только восстановить размеры детали, но и повысить их долговечность и износостойкость путем нанесения металла соответствующих химического состава и физико-механических свойств.

Сущность процесса наплавки состоит в том, что одним из источников нагрева присадочный металл расплавляется и переносится на наплавляемую поверхность. При этом расплавляется металл поверхностного слоя основного металла и вместе с расплавленным присадочным металлом образует слой наплавленного металла.

Одним из важных параметров процесса наплавки является глубина проплавления основного металла: чем меньше глубина проплавления, тем меньше доля основного металла в наплавленном. Химический состав наплавленного металла будет ближе к присадочному. Обычно химический состав присадочного металла и металла наплавки выравнивается во втором-третьем слое.

На глубине проплавления располагается переходная зона от основного металла к наплавленному. Эта зона считается наиболее опасной, с точки зрения разрушения металла. Металл переходной зоны охрупчен из-за большой скорости охлаждения металла шва, имеет повышенную склонность к образованию холодных трещин по причине большой неоднородности химического состава металла и соответственно большой разности коэффициентов линейного расширения. Отсюда следует, что чем больше глубина проплавления, тем больше зона ослабленного участка и тем ниже прочность детали. И, наоборот, чем меньше глубина проплавления, тем в меньшей мере теряется прочность детали. Металл наплавки по химическому составу приближается к присадочному, при этом отпадает необходимость в наложении второго слоя.

Исходя из изложенного, выбор оборудования для наплавки, режимов и технологии должен проводиться из условия обеспечения минимальной глубины проплавления основного металла. При толщине наплавленного слоя больше 5 мм наплавку желательно вести в два схода для уменьшения глубины проплавления.

Выбор режимов наплавки зависит от толщины наплавленного слоя.

Выбор наплавочных материалов производится исходя из требований, предъявляемых к металлу трущихся поверхностей в зависимости от вида изнашивания. Например, для условий абразивного изнашивания требуется высокая твердость наплавленного металла, которая обеспечивается использованием наплавочных материалов с повышенным содержанием углерода, хрома, марганца, вольфрама.

Для условий коррозионного изнашивания коррозионностойкость достигается легированием металла хромом в количестве больше 12% (нержавеющие стали).

Выполнение наплавочных работ осуществляется различными способами, основными из которых являются ручная дуговая наплавка, автоматическая дуговая наплавка под флюсом, наплавка в среде углекислого газа, вибродуговая, плазменная и газовая наплавка.

Ручная дуговая наплавка применяется при индивидуальном способе выполнения ремонтных работ.

Для восстановления деталей типа валов, работающих при нормальных условиях, рекомендуются электроды ОЗН 400, обеспечивающие твердость НВ 375-425 без термической обработки. Наплавка деталей, работающих при коррозионном изнашивании, выполняется электродами ЦН-6М или ЦН-5.

Для деталей, работающих в условиях абразивного износа, рекомендуются электроды Т-590.

Режимы наплавки указываются на пачках электродов.

Для наплавки могут применяться и сварочные электроды, но механические свойства наплавленного металла низкие.

Автоматическая наплавка под флюсом рекомендуется при большом объеме ремонтных работ.

Сущность процесса наплавки состоит в том, что дуга горит под слоем флюса. Под действием тепла дуги расплавляются электродная проволока, основной металл и часть флюса. Расплавленный металл электрода переносится на основной, образуя слой наплавленного металла. Перенос происходит в зоне расплавленного флюса, который надежно защищает жидкий металл от контакта с воздухом.

Наплавка в среде углекислого газа довольно широко применяется для восстановления размеров изношенных деталей.

Сущность процесса состоит в том, что сварочная дуга горит в среде углекислого газа, который предохраняет расплавленный металл от контакта с воздухом.

Вибродуговая наплавка. Сущность способа вибродуговой наплавки состоит в том, что электродной проволоке при движении в зону дуги придаются дополнительные продольные колебания большой частоты. Такие колебания обеспечивают более высокую стабильность горения дуги и позволяют значительно снизить параметры режима наплавки (силу сварочного тока и напряжение) по сравнению с наплавкой в среде углекислого газа. На этом принципе разработаны многие конструкции наплавочных автоматов.

Плазменная наплавка. Сущность плазменной наплавки состоит в расплавлении присадочного металла струей плазмы и перенесении его на основной металл. Плазма представляет собой направленный поток

ионизированных частиц газа, имеющего температуру $(10-30) \cdot 10^3$ °С. Получают плазму в специальных устройствах-плазмотронах при пропускании газа через столб электрической дуги.

Для осуществления процесса наплавки электродную проволоку подают в зону плазменной дуги, металл электрода плавится и переносится на деталь.

Для прекращения процесса наплавки плазмотрон отрывают от детали, основная дуга гаснет, но продолжает гореть дежурная дуга.

В качестве наплавляемого материала могут использоваться порошки не только металлов, но и неметаллов (керамический порошок). Это позволяет нанести керамику на металлы.

Газовая наплавка деталей. Газовая наплавка применяется сравнительно редко, в основном при индивидуальном способе выполнения ремонтных работ, из-за трудности механизации процесса.

Плавление металла осуществляется газовым пламенем, образующимся при сгорании кислорода в среде ацетилена. Температура пламени в зоне ядра составляет 3100-3200 °С.

Защита расплавленного металла от окисления осуществляется самим газовым пламенем и флюсами. В качестве флюса используют буру или смесь буры и борной кислоты.

В качестве присадочного металла при газовой наплавке используют прутки того же состава, что и основной металл.

Режим наплавки определяется мощностью газовой горелки, т. е. расходом ацетилена. Мощность зависит от толщины наплавляемого слоя.

Газовая наплавка чаще всего применяется для заплавления дефектов на корпусных деталях.

При наплавке на чугунные изделия в качестве наплавочных материалов используют чугунные прутки примерно того же состава. Процесс выполняется науглероженным пламенем, т. е. с большим расходом ацетилена.

При наплавке металла на алюминиевые изделия присадочным материалом служат алюминиевые прутки.

Обработка 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 обуславливает 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.

Изготовление зубчатых колес может осуществляться двумя методами: копирования и обкатки. Метод копирования основан на том, что каждая впадина нарезаемого зубчатого колеса образуется фрезерованием ее фасонной фрезой, форма которой соответствует форме впадины между зубьями колеса. При таком методе за один проход на заготовке нарезается одна впадина, а затем с помощью делительной головки заготовка поворачивается на $1/z$ части окружности для фрезерования следующей впадины (z - число зубьев зубчатого колеса).

Метод обкатки состоит в том, что при нарезании зубчатого колеса заготовке и инструменту принудительно сообщаются движения, воспроизводящие работу соответствующего зубчатого зацепления: пары зубчатых колес, зубчатого колеса с рейкой, червяка с червячным зубчатым колесом. Причем взаимные движения заготовки и инструмента должны осуществляться с передаточным отношением воспроизводимой передачи, т. е. в соответствии с передаточным отношением зубчатой передачи. Нарезание зубьев по методу обкатки производится на специальных зубофрезерных, зубодолбежных и зубострогальных станках. 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.

При изготовлении высокоточных изделий качество поверхности, полученной при шлифовании, недостаточно для нормального функционирования деталей. В этих случаях применяют отделочные методы обработки: полирование, притирку, хонингование, суперфиниширование.

Вопросы для самопроверки:

- 1 Как классифицируются инструментальные стали?
- 2 Перечислите требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента.
- 4 Приведите примеры углеродистых и легированных сталей, используемых для режущего инструмента.
- 5 Указать и расшифровать основные марки быстрорежущей стали.
- 6 Какова термическая обработка быстрорежущей стали?
- 7 Что представляют собой твёрдые сплавы? Каковы их свойства и преимущества?
- 8 Как подразделяются штампованные стали?
- 9 Какие стали применяются для штампов холодной штамповки?
- 10 Какие стали применяются для пресс-форм литья под давлением?
- 11 Опишите технологию изготовления отливок в песчаных формах.
- 12 Перечислите специальные способы литья.
- 13 Каким образом подразделяются прокатные изделия?
- 14 В чем состоит сущность процесса волочения?
- 15 Что называется сваркой металлов?
- 16 На чем основана работа резания режущего инструмента?

Литература: (б.с.193-237)

3 Методические указания к выполнению контрольной работы.

Изучение дисциплины рекомендуется осуществлять в последовательности, предусмотренной программой, и проверять качество усвоения материала по контрольным вопросам. Рекомендуется составить краткий конспект, раскрывающий вопросы программы. В результате изучения дисциплин необходимо освоить их терминологию и условные обозначения. Усвоение дисциплины проверяется по результатам выполнения контрольной работы

Студенты должны выполнить одну контрольную работу, состоящую из трех заданий. Варианты контрольной работы для каждого студента индивидуальные. Номер варианта преподаватель определяет каждому студенту.

Работы, выполненные не по своему варианту, не засчитываются и возвращаются студенту.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клетку. Условия задач переписываются полностью, цифровые данные записываются в конце условия с обязательным указанием единиц измерения в системе СИ. На каждой странице должны быть оставлены поля размером 30-40 мм для замечаний преподавателя. В конце работы ставятся дата, подпись, указываются наименование и год издания учебников, используемых при выполнении работы, и оставляются 2-3 свободные страницы для рецензии. Страницы тетради нумеруются.

Решение задач обязательно ведется в Международной системе единиц СИ.

Формулы и расчеты пишутся ручкой, а чертежи и схемы выполняются карандашом с необходимыми условными обозначениями и размерами в соответствии с ГОСТ.

После получения незачтенной работы нужно изучить все поправки и замечания преподавателя и исправить ошибки, выполнив необходимые записи на оставшихся (или вклеенных) листах тетради, озаглавив «Работа над ошибками».

Неаккуратное выполнение контрольной работы, несоблюдение принятой размерности, плохое выполнение чертежей и схем (от руки) могут послужить причиной возвращения ее для доработки. При возникновении затруднений в выполнении работы студент может обратиться в учебное заведение для получения консультаций у преподавателя.

4 Задания для контрольных работ.

Вариант 1

- 1 Описать явление анизотропности.
- 2 Рассмотреть влияние углерода и основных примесей на структуры и механические свойства стали. Описать классификацию углеродистых сталей по качеству.
- 3 Описать сущность коррозии металлов. Виды коррозии.
- 4 Описать неметаллические материалы, их классификацию, свойства, достоинства и недостатки, применение в промышленности.
- 5 Назовите показатели физико-химических свойств бензинов.

Вариант 2

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит» и указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 0,4% углерода, при медленном ее охлаждении от температуры 1500 °С до комнатной.

2 Описать свойства резины; натуральные и синтетические каучуки; состав и технологию изготовления резиновых материалов; химические, физические и механические свойства резин; область применения.

3 Описать кристаллическое строение материалов.

4 Ковкий чугун. Применение отливок из ковкого чугуна.

5 Приведите требования, предъявляемые к дизельному топливу.

Вариант 3

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 1,2% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1000 °С.

2 Описать термическую обработку, её сущность и назначение; факторы, влияющие на результат термической обработки; превращение в сталь при нагреве и охлаждении; структуры, получающиеся при разной скорости охлаждения аустенита (мартенсит, тростит, бейнит, сорбит), их характеристику и свойства.

3 Основные легирующие элементы, вводимые в сталь. Влияние легирующих элементов на структуру, механические свойства и термическую обработку.

4 Описать бронзы, их состав, маркировку, свойства и область применения.

5 Перечислите марки дизельного топлива и дайте им характеристику.

Вариант 4

1 Описать виды чугунов; влияние основных примесей на структуру и свойства чугунов; влияние формы графита на механические свойства чугунов; область применения белых и серых чугунов.

2 Описать отпуск стали, виды отпуска; влияния температуры на структуру и свойства стали; дефекты термической обработки и методы их предупреждения.

3 Описать латуни, химический состав их свойства, область применения, маркировку по ГОСТу.

4 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 4,3% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1300 °С.

5 Расскажите о назначении масел. Назовите основные требования, предъявляемые к маслам.

Вариант 5

1 Основать сплавы на основе магния, их состав, марки, свойства и область применения.

2 Рассмотреть классификацию легированных сталей по назначению. Описать конструкционные и инструментальные стали.

3 Описать химико-термическую обработку стали.

4 Описать структурные составляющие сплавов: феррит, аустенит, цементит, перлит ледебурит, их характеристику и свойства.

5 Перечислите основные показатели сжатых газов, определяющие эффективность их применения в качестве автомобильного топлива.

Вариант 6

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 0.5% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1500 °С

2 Описать процесс закалки стали; основные виды закалки; понятие о прокаливаемости стали.

3 Описать стали и сплавы с особыми свойствами: нержавеющие, кислотостойкие, их состав, марки, область применения.

4 Описать латуни, химический состав, их свойства, область применения, маркировки по ГОСТу.

5 Приведите требования, предъявляемые к дизельному топливу.

Вариант 7

1 Пояснить влияние примесей на свойства стали. В какие стали и с какой целью вводят примеси серы и фосфора в повышенных количествах?

2 Описать сплавы цветных металлов, их назначение и область применения. Рассмотреть сплавы на медной основе, их общую характеристику и классификацию.

3 Рассмотреть составные части лакокрасочных материалов. Свойства лаков и эмалей их марки и область применения.

4 Описать процесс азотирования, его назначение; механизм образования азотированного слоя; стали для азотирования; технологию азотирования.

5 Перечислите основные физико-химические свойства масел.

Вариант 8

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 4.3% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1250 °С

2 Описать цементацию стали, цель и сущность процесса; термическую обработку деталей после цементации; структуру и механические свойства цементированного слоя, область применения.

3 Описать способы защиты металлов от коррозии: электрохимические, химические, механические; выбор метода защиты в зависимости от условий работы и деталей конструкций.

4 Описать стали с особыми свойствами.

5 Назовите марки моторных масел.

Вариант 9

1 Начертить в масштабе диаграмму состояния сплавов «железо-цемент» и указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при

медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 5.4% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1350 °С

2 Описать материалы с высокой твердостью поверхности; антифрикционные материалы; их структуру, свойства и область перемещения; маркировку антифрикционных сплавов(баббитов) по ГОСТу.

3 Описать и высокопрочный чугун, методы получения, структуру, механические свойства и область применения.

4 Описать обжиг стали; виды обжига, механические свойства стали до и после обжига.

5 Перечислите требования, предъявляемые к бензинам.

Вариант 10

1.Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 1,7% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1450 °С

2 Описать основные легирующие элементы, вводимые в сталь; влияние легирующих элементов на структуру, механические свойства сталей

3 Описать маркировку чугуна на ГОСТу.

4 Рассмотреть кристаллическое строение материалов.

5 Перечислите марки трансмиссионных масел, дайте их характеристики и расскажите о применении в узлах трения.

Вариант 11

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 3.6% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1250 °С

2 Описать классификацию, маркировку и особенности термической обработки легированной стали.

3 Описать свойства металлов

4 Описать латуни, их химический состав, свойства, область применения, маркировку по ГОСТу.

5 Перечислите основные физико-химические свойства пластичных смазок.

Вариант 12

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 0.2% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1000 °С

2 Описать резину и технические материалы на основе резины; натуральные и синтетические каучуки; состав и технологию изготовления резиновых материалов; химические, физические и механические свойства резин; область применения.

3 Описать закалку стали; назначение и сущность процесса закалки, основные виды закалки; прокаливаемость стали; методы закалки и выбор температуры нагрева стали под закалку.

4 Описать методы испытания металлов: испытания на твердость и определение твердости методами Бринелля, Роквелла, Виккерса; микро- и макроскопический анализ.

5 Расскажите о назначении и требованиях, предъявляемых к жидкостям для систем охлаждения.

Вариант 13

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 0.8% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1150 °С

2 Описать виды чугунов; влияние основных примесей на структуру и свойства чугунов; влияние формы графита на механические свойства чугунов; область применения белых и серых чугунов.

3 Описать явление анизотропности.

4 Описать пластмассы на основе синтетических и природных полимеров, их свойства, область применения.

5 Расскажите о назначении и требованиях, предъявляемых к тормозным жидкостям.

Вариант 14

1 Начертить в масштабе упрощенную диаграмму состояния сплавов «железо-цементит», указать во всех областях диаграммы структуры, получающиеся при медленном охлаждении железоуглеродистых сплавов. Пользуясь этой диаграммой, пояснить структурные превращения, происходящие в стали, содержащей 4.5% углерода, при медленном её нагревании от комнатной температуры до 1150 °С

2 Описать конструкционные легирующие стали специального назначения; их свойства, области применения.

3 Описать сплавы на медной основе, их характеристику и классификацию.

4 Описать маркировку углеродистых сталей по ГОСТу, их основные свойства и область применения.

5 Перечислите требования к жидкостям для гидравлических. передач.

Вариант 15

1 Охарактеризуйте испытания металлов на растяжение, ударный изгиб, усталость.

2 Описать ковкий чугун; способы получения ковкого чугуна; применение отливок из ковкого чугуна.

3 Описать сплавы на алюминий основе; маркировку алюминиевых сплавов по ГОСТу.

4 Описать маркировку углеродистых сталей по ГОСТу; их основные свойства и область применения.

5 Каковы назначение электролитов и требования, предъявляемые к ним? Опишите способ получения электролита необходимой плотности.

5 Вопросы для подготовки к экзамену

1 Что изучает материаловедение?

2 Что называется структурой материалов?

3 Дайте определение фазы состояния вещества.

4 Опишите строение кристаллических веществ.

5 Какие существуют основные показатели свойств материалов?

6 Какие параметры определяют техническую прочность материалов?

7 Что понимают под триботехникой?

- 8 Каким образом улучшить коррозионную стойкость материала?
- 9 Назовите основные технологические характеристики материалов.
- 10 Чем необходимо руководствоваться при выборе материалов?
- 11 Каковы основные свойства изделия?
- 12 Из чего складывается показатель – материалоемкость продукции?
- 13 Назовите основные свойства металлов.
- 14 Что называется кристаллизацией расплавов?
- 15 Назовите основные виды коррозии металлов.
- 16 Что называется сплавом?
- 17 Что называется эвтектикой?
- 18 Какая существует связь между твердым раствором и свойствами сплава?
- 19 Что называется сплавом железа с углеродом?
- 20 Назовите структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.
- 21 Какой сплав называется чугуном?
- 22 Как подразделяются стали по процентному содержанию углерода?
- 23 Какими свойствами характеризуются металлы?
- 24 Какие существуют виды деформации металлов?
- 25 Что является основными характеристиками механических свойств металлов?
- 26 Какие существуют методы определения твердости металлов и сплавов?
- 27 Что называется технологическими свойствами материалов?
- 28 Какие существуют технологические пробы металлов?
- 29 Что называется чугуном?
- 30 Какими параметрами определяются типы чугунов?
- 31 По каким признакам осуществляется классификация чугунов?
- 32 Назовите структурные составляющие чугунов.
- 33 Чем обусловлены механические свойства высокопрочного чугуна?
- 34 Каким образом получается ковкий чугун?
- 35 Каким образом подразделяются легированные чугуны по своему назначению?
- 36 Каким образом классифицируются стали?
- 37 Как подразделяются стали по своему назначению?
- 38 Какие существуют группы углеродистых сталей?
- 39 С какой целью осуществляется легирование сталей?
- 40 Какие стали относятся к группе инструментальных?
- 41 Что представляют собой твердые сплавы?
- 42 Что называется термической обработкой металлов?
- 43 Назовите виды термической обработки сталей.
- 44 Какие структурные превращения происходят при термической обработке стали?
- 45 С какой целью проводится термическая обработка сталей?
- 46 Какая структура обеспечивает высокий комплекс механических свойств стали после термической обработки?
- 47 Что называется закалкой сталей?
- 48 Что называется отжигом стали?

- 49 Назовите способы закалки сталей.
- 50 Что называется отпуском стали?
- 51 В чем заключается термомеханическая обработка стали?
- 52 Какие свойства обеспечивает поверхностная закалка сталей?
- 53 Назовите виды химико-термической обработки сталей.
- 54 Какие виды брака могут возникнуть в результате нарушения технологии термической обработки сталей?
- 55 Каким образом классифицируются алюминиевые сплавы?
- 56 Что называется силумином?
- 57 Что называется бронзой?
- 58 Какие сплавы используют в качестве антифрикционных материалов?
- 59 С какой целью используются припой?
- 60 Каким образом подразделяются металлокерамические материалы?
- 61 Опишите технологию изготовления отливок в печатных формах.
- 62 Перечислите специальные способы литья.
- 63 Каким образом подразделяются прокатные изделия?
- 64 В чем состоит сущность процесса волочения?
- 65 Что называется сваркой металлов?
- 66 На чем основана работа резания режущего инструмента?
- 67 Каким образом повышаются эксплуатационные характеристики древесины?
- 68 Какие существуют виды лесоматериалов?
- 69 Как характеризуются терморезистивные полимеры?
- 70 Каким свойством обладают пластичные полимеры?
- 71 Каким образом достигается улучшение свойств полимерных материалов?
- 72 Какие существуют виды изнашивания резин?
- 73 В чем заключается процесс вулканизации?
- 74 Каким образом классифицируются лакокрасочные материалы?
- 75 Назовите основные компоненты лакокрасочных материалов.
- 76 Как классифицируются лакокрасочные покрытия?
- 77 Какие существуют способы нанесения лакокрасочного покрытия?
- 78 Какие существуют методы нанесения противокоррозионных покрытий?
- 79 Какие методы используются для повышения износостойкости деталей?
- 80 Каким образом различаются методы нанесения покрытий?
- 81 Что называется композиционными материалами?
- 82 По каким параметрам классифицируются композиционные материалы?
- 83 В каких целях используются композиционные материалы?
- 84 Перечислите требования, предъявляемые к бензинам.
- 85 Назовите показатели физико-химических свойств бензинов.
- 86 Приведите требования, предъявляемые к дизельному топливу.
- 87 Перечислите марки дизельного топлива и дайте им характеристику.
- 88 Перечислите основные показатели сжатых газов, определяющие эффективность их применения в качестве автомобильного топлива.

89 Расскажите о назначении масел. Назовите основные требования, предъявляемые к маслам.

90 Перечислите основные физико-химические свойства масел.

91 Назовите марки моторных масел.

92 Перечислите марки трансмиссионных масел, дайте их характеристики и расскажите о применении в узлах трения.

93 Каковы назначение и основные требования, предъявляемые к пластичным смазкам?

94 Перечислите основные физико-химические свойства пластичных смазок.

95 Приведите маркировку пластичных смазок и укажите области их применения.

96 Укажите способ определения качества пластичных смазок и их марок.

97 Расскажите о назначении и требованиях, предъявляемых к жидкостям для систем охлаждения.

98 Расскажите о назначении и требованиях, предъявляемых к тормозным жидкостям.

99 Перечислите требования к амортизационным жидкостям.

100 Перечислите требования к жидкостям для гидравлических передач.

101 Каковы назначение электролитов и требования, предъявляемые к ним? Опишите способ получения электролита необходимой плотности.

6 Библиографический список.

Основные источники:

1 Моряков О.С. Материаловедение (по техническим специальностям) - М.: «Академия», 2018.

2 Пейсахов А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов, СПб, Высшая школа, 2017.

3 Стерин И.С. Материаловедение - М.: «Дрофа», 2018.

4 Степанов Б.И. Материаловедение - М.: «Академия», 2018.

5 Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов, М.: ИД «Оникс», 2016.

6 Черепяхин А.А. Материаловедение - М.: Издательство «КноРус», 2018.

Дополнительные источники:

1 Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб.пособие. М.: ОИЦ «Академия», 2018.

2 Заплатин В.Н. Справочное пособие по материаловедению. - М.: Академия, 2017.

3 Заплатин В.Н. Основы материаловедения (металлообработка), Рабочая тетрадь. - М.: Академия, 2018.

4 Соколова Е.Н. Материаловедение, Рабочая тетрадь. - М.: Академия, 2017.

Интернет ресурс:

1 Информационная система «единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru> , с регистрацией. – Заглавие с экрана

2 Информационно-справочные материалы по дисциплинам, «Материаловедение», «ТКМ», «Композиционные материалы».

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://twirpx.com>, свободный.

3 Материаловедение: лекции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный. – Заглавие с экрана

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Программа дисциплины	3
2 Краткое содержание разделов курса	5
Раздел1 Физико- химические закономерности формирования структуры материалов.....	6
Раздел2 Материалы, применяемые в машиностроении и приборостроении.....	14
Раздел 3 Неметаллические материалы.....	63
Раздел 4 Основные эксплуатационные материалы.....	79
Раздел 5 Технология металлов.....	103
3 Методические указания к выполнению контрольной работы	118
4 Задания для контрольных работ	119
5 Вопросы для подготовки к экзамену	126
6 Библиографический список.....	129