

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 05.09.2023 14:31:09

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Колледж Пятигорского института (филиал) СКФУ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
ЗАНЯТИЙ**

Специальности СПО

**23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем
и агрегатов автомобилей»**

Квалификация специалист

Пятигорск 2021

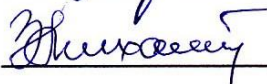
Методические указания для практических занятий по ОП. 04
Материаловедение составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к
подготовке выпуска для получения квалификации техник. Предназначены для
студентов, обучающихся по специальности 23.02.07 «Техническое
обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей»

Рассмотрено на заседании ПЦК колледжа Пятигорского института (филиал)
СКФУ

Протокол № 8 от « 22 » 03 2021 г.

Составитель

Директор колледжа ИСТид

О.И. Шарейко

З.А. Михалина

Пояснительная записка

Повышение качества продукции и снижение затрат на ее выпуск – важнейшая задача в условиях жесткой конкуренции для современных предприятий. Успешное решение этой задачи связано с эффективностью использования материалов, что требует знания их свойств для правильного выбора и эксплуатации оборудования и его конструктивных элементов, ведения ремонтных работ.

Материаловедение дает возможность правильно решать важнейший вопрос о пригодности материалов для различных целей.

Чтобы удовлетворить сложные требования современного машиностроения, нужны разнообразные металлы и сплавы. При правильном выборе материалов улучшается качество изделий, увеличивается производительность труда, сокращаются сроки освоения машин и деталей.

Целью данных методических рекомендаций является выработка единого подхода к подготовке и выполнению студентами лабораторных работ, доведение до студентов обязательных требований к содержанию и оформлению.

Методические указания изложены в соответствии с действующими в настоящее время правилами оформления научно – технических и информационных материалов, установленными следующими нормативными документами:

1. ГОСТ 7.12-95. Сокращение русских слов и словосочетаний в библиографическом описании производственной печати.
2. ГОСТ 21.105-98 Общие требования к текстовым документам.
3. ГОСТ 24.302-80 Общие требования к выполнению схем.
4. ГОСТ 12.3.049-91 Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

Цели и задачи практических работ

Практические работы предназначены для подготовки специалиста и являются одной из базовых основ дальнейшей профессиональной деятельности, отражают его способность эффективно решать теоретические и практические задачи.

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

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения при производстве, ремонте и модернизации автомобилей;
- выбирать способы соединения материалов и деталей;
- назначать способы и режимы упрочения деталей и способы их восстановления, при ремонте автомобиля, исходя из их эксплуатационного назначения;
- обрабатывать детали из основных материалов;
- проводить расчеты режимов резания.

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

- строение и свойства машиностроительных материалов;
- методы оценки свойств машиностроительных материалов;
- области применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов, применяемых для изготовления деталей автомобиля и ремонта;
- методы защиты от коррозии автомобиля и его деталей;
- способы обработки материалов;
- инструменты и станки для обработки металлов резанием, методику расчета режимов резания;
- инструменты для слесарных работ.

Практическая работа №1

Тема: Закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов. Строение и свойства металлов и сплавов.

Цель работы: ознакомление с процессом первичной кристаллизации и образованием зерен различной формы и размеров в зависимости от степени переохлаждения.

Перечень приборов, принадлежностей материалов, необходимых для выполнения работы:

1. Биологический микроскоп.
2. Чисто промытые стеклянные пластинки.
3. Раствор соли: хлористого натрия NaCl.
4. Пипетки.
5. Спирт, глицерин, пата.

Теоретические основы.

Основные типы кристаллических решеток.

Металлы являются кристаллическими телами. Атомы и занимаемом ими пространстве расположены строп>упорядоченно и находятся в определенных местах на вполне определенных расстояниях друг от друга, в состоянии покои, не перемещаясь друг относительно друга. Находясь на своих местах, атомы вследствие термокинетического эффекта совершают колебания частотой 10^{11} с^{-1} с изменяющейся в зависимости от температуры амплитудой. В ряде случаев, под влиянием локальных тепловых процессов, атомы кристаллических тел все же могут перемещаться между соседними в другое положение; такое явление называется самодиффузией. Если соединить атомы с воображаемыми линиями в трех взаимно перпендикулярных направлениях то получится пространственная кристаллическая решетка. Ее наименьшим структурным образованием является элементарная ячейка, контур которой представляет какое-нибудь составленное из атомов геометрическое тело, например куб или шестигранную призму. Ячейки примыкают друг к другу многократно повторяясь, образуют более крупные зерна или кристаллы.

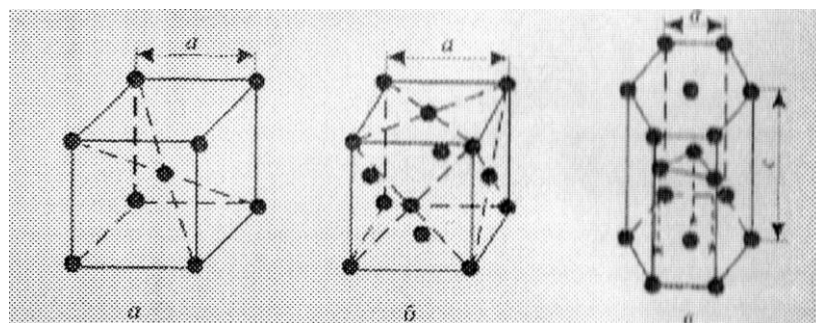


Рис. 1. Основные типы кристаллических решеток металлов;

а) кубическая объемно-центрированная (ОЦК) кубическая гранецентрированная (ГЦК); в) гексогональнаяплотнотуплотненная

Ориентировка ячеек в соседних зернах металла различна, а в пределах каждого зерна одинакова. Поэтому в кристаллической решетке зерен существует ближний и дальний порядок. Ближний означает постоянство ближних атомов-соседей у каждого атома, а дальний — удаленных.

Наиболее простой кристаллической решеткой у металлов является кубическая, имеющая

две разновидности кубическую объемно-центрированную (ОЦК) и кубическую гранецентрированную (ГЦК) (рис 1, а, б). У обоих типов этих решеток основу ячеек составляют восемь атомов, образующих куб, и находящихся в его вершинах. Остальные атомы находятся или в центре объема куба (один атом на пересечении диагоналей в решетке ОЦК), или в центре каждой из его граней (шесть атомов в решетке ГЦК). Кристаллические решетки ОЦК имеют альфа-железо, хром, ванадий, вольфрам, молибден, бета-титан и другие металлы. Решетку ГЦК имеют гамма-железо, алюминий, медь, никель, свинец и некоторые другие металлы.

Другой разновидностью кристаллических решеток у металлов является гексагональная плотно упакованная решетка (ГПУ) (рис. 1, в). Ячейка этой решетки представляет собой шестигранную призму с центрированными основаниями, между которыми на некотором расстоянии от центров трех граней расположены еще три атома. ГПУ решетку имеют альфа-титан, магний, цинк, кадмий, бериллий и другие металлы. В ячейках кристаллической решетки всех типов атомы касаются друг друга внешними слоями электронных оболочек. Межатомные силы сцепления, обеспечивающие орфологическую целостность кристаллической решетки, создаются электромагнитным воздействием, обусловленным наличием у атомов валентных электронов. Понятие о дислокациях и других дефектах кристаллической решетки. Кристаллическая решетка реального металла не является геометрически идеальной. В ее узлах нередко отсутствуют атомы, а в зернах очень часто между полными кристаллографическими плоскостями, идущими от границы до границы зерна, находятся так называемые экстраплотности, протяженность которых ограничивается только частью размера зерна. Существуют и другие дефекты, как правило, снижающие прочность металла.

Рассмотрим наиболее характерные дефекты кристаллической решетки металлов, известные под названием точечных и линейных. К точечным дефектам (соизмеримым с размерами атомов) относятся вакансии и внедренные атомы. Вакансии - это «пустые» узлы

кристаллической решетки, т.е. места, где по той или иной причине отсутствуют атомы (рис. 2, а). Атомы внедрения - это атомы, находящиеся не в узлах кристаллической решетки а в ее междоузлиях. Ими могут быть атомы данного или примесного элемента (рис. 2, б).

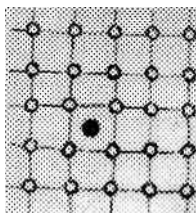
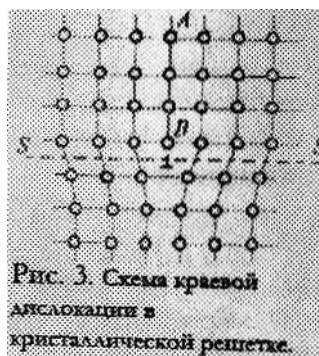


Рис. 2. Точечные дефекты в кристаллической решетке
а) Вакансии; б) Атом внедрения; в) примесный атом внедрения.



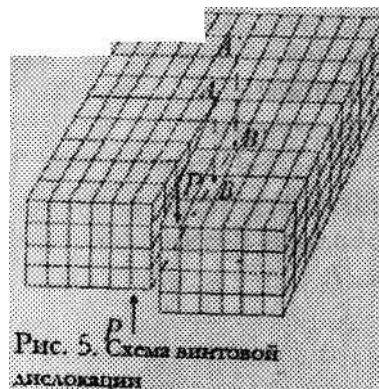
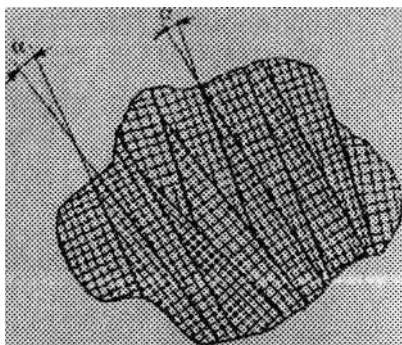
Наиболее распространенными и очень важными с точки зрения формирования прочностных свойств металлов являются дефекты имеющие протяженность только в одном направлении, или линейные дефекты. Их принято называть дислокациями.

Образуются дислокации в результате локальных или местных смещений кристаллографических плоскостей, происходящих в кристаллической решетке зерен различных технологических этапах их (зерен) формирования. Наиболее распространенной и характерной разновидностью дислокации является краевая дислокация (рис.3). Сформировавшаяся в результате предшествующих локальных сдвиговых процессов краевой дислокацией является нижняя граница (край) изображенной на рис. 3 как бы лишней, не имеющей продолжения полуплоскости АВ,

он перпендикулярен линии дислокации, именуемой экстраплоскостью. Линию атомов нижней границы экстраплоскости принято называть дислокацией. На рис. 3 она уходит за плоскость чертежа. Дислокацию обозначают знаком А. или Ш (экстраплоскости в верхней и нижней части зерна - положительная или отрицательная). **Вектор Бюргерса.** Одним из параметров, характеризующих поведение дислокации во время пластической деформации, является вектор Бюргерса. Он показывает степень искажения кристаллической решетки вокруг дислокации. Упругая энергия вокруг дислокации пропорциональна квадрату вектора Бюргерса. Чтобы определить вектор Бюргерса, надо вокруг дислокации построить контур Бюргерса (рис.4). Протяженность сторон контура выбирается произвольно. Например, контур ABCD вокруг краевой дислокации 11 по вертикали содержит четыре параметра решетки, по горизонтали – над дислокацией тоже четыре параметра, а под ней - три. Отрезок АЕ, по модулю равный параметру решетки, принято считать вектором Бюргерса,

Оназвании дислокации.

Вокруг текущих положений (рис. 5, линия кристаллографические атомные плоскости-поверхности оказываются изогнутыми. Если проследить ход этих плоскостей от левой части кристалла к правой вокруг АВ сверху вниз, то окажется, что



все они (атомные слои-плоскости) как бы представляют одну винтовую поверхность, закрученную вокруг АВ по часовой стрелке в данном случае. Сама линия АВ, вокруг которой формируются геометрические и энергетические искажения в кристаллической решетке, и является винтовой дислокацией.

На прочностные свойства металлов оказывают влияние и так называемые поверхностные дефекты кристаллической решетки. Ими являются криволинейные поверхности, ограничивающие зерна металла, а также плоские поверхности, разделяющие блоки (субзерна), из которых состоят зерна металла (рис. 6). Ориентация кристаллографических плоскостей в соседних зернах иная, при этом угол разориентировки может составлять десятки градусов. Угол разориентировки в соседних субзернах очень мал и, как правило, не превышает нескольких градусов (рис. 6, угол α).

Процесс образования твердой кристаллической фазы из жидкости называется первичной

кристаллизацией. Перекристаллизация некоторых металлов и сплавов в твердом состоянии при нагреве и охлаждении называется вторичной кристаллизацией. Любое фазовое состояние вещества (жидкого или твердого) характеризуется определенным значением свободной энергии, зависящей от температуры, что видно из рис. 7.

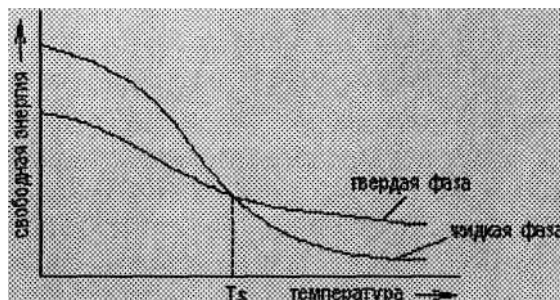


Рис. 7. Схема изменения свободной энергии жидкого и кристаллического металла в зависимости от температуры.

При некотором переохлаждении жидкого вещества ниже T_s начинается процесс первичной кристаллизации, протекающий в две стадии:

образование центров кристаллизации;

рост кристаллов.

Число центров кристаллизации, самопроизвольно зарождающихся в металле, и скорость роста кристаллов зависит от степени переохлаждения системы, которая зависит от скорости охлаждения. Эта зависимость показана на рис. 8. при отсутствии переохлаждения, что, видимо, соответствует температуре T_s (см. рис. 7), число центров кристаллизации и скорость роста кристаллов равны нулю и процесс кристаллизации не идет. Для того чтобы начался процесс кристаллизации, необходимо некоторое переохлаждение.

Для металлов вследствие слабой переохлаждаемости жидкостей на опыте удалось определить лишь восходящие ветви кривых числа центров кристаллизации и скорости роста. С изменением степени переохлаждения изменяются соотношения числа центров кристаллизации и скорости роста, что и определяет размер получившихся кристаллов. Так, для двух возможных степеней переохлаждения, указанных на рис. 8, увеличение скорости роста при увеличении степени переохлаждения меньше, чем увеличение числа центров.

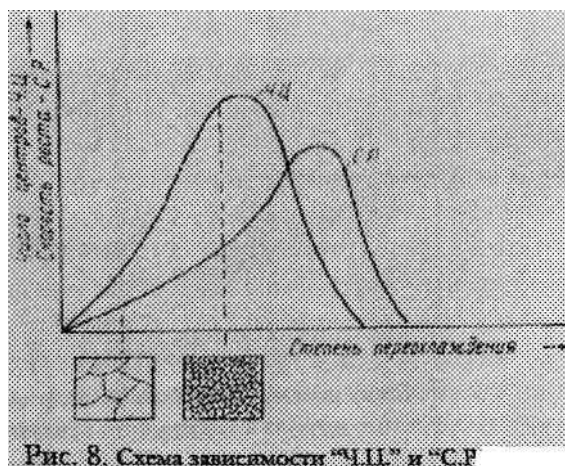
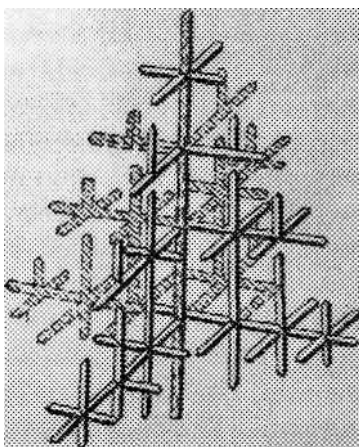


Рис. 8. Схема зависимости N и v

При кристаллизации с большими степенями переохлаждения это приводит к получению мелкозернистого металла. Значение скорости охлаждения подтверждается и практикой. Чем больше скорость охлаждения (например, отливка в охлаждаемую металлическую форму), тем мельче зерна. Таким образом, скоростью охлаждения можно в какой-то степени регулировать размер зерна. Однако на процесс кристаллизации, размер и форму

кристаллов оказывают влияние и другие факторы: посторонние неметаллические примеси, инородные тела, газовые включения, механическое воздействие, теплоемкость и теплопроводность самого металла, температура заливаемого металла и формы, способы заливки, состояние поверхности изложницы и др.



В технических металлах и сплавах большое влияние на размер зерна оказывают мельчайшие металлические взвеси, образующиеся при взаимодействии жидкого металла с материалом печи или изложницы окислы металлов, а также окислы, вводимые специально. Все эти нерастворимые включения играют роль центров кристаллизации, способствуя получению мелкозернистого металла. Процесс искусственного регулирования размеров зерна получил название модифицирования, а вещества, которые для этой цели используют - модификаторов.

На форму образующихся кристаллов большое влияние оказывают скорость охлаждения, направление теплоотвода, наличие нерастворимых частиц, которые могут сыграть роль центров кристаллизации и т.д.

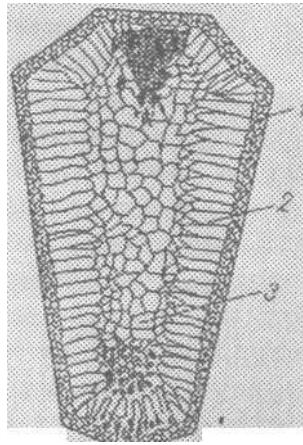
При быстром и неравномерном теплоотводе металлы кристаллизуются в виде разветвленных, дендритных (древовидных) кристаллов (рис.9). Кристаллизация в этом случае начинается с образования оси кристалла, которая растет в направлении главного теплоотвода. При дальнейшей кристаллизации оси разветвляются и кристалл принимает дендритное строение. Процесс заканчивается тем, что заполняются все межосные пространства и кристалл принимает округлую форму, вытянутую в направлении главного теплоотвода. Такие кристаллы называются столбчатыми. В тех случаях, когда металла не хватает для заполнения всех межосных пустот, что встречается в усадочных раковинах, дендритная форма кристалла сохраняется.

При медленном и равномерном теплоотводе, а также при большом числе центров кристаллизации кристаллы растут с одинаковой скоростью по всем направлениям и принимают равновесную форму: зернистую или полиэдрическую (многогранную).

Наблюдение за процессом кристаллизации металлов и сплавов затруднено в связи с их непрозрачностью и высокими температурами кристаллизации. Поэтому изучение этих процессов осуществляется различными косвенными методами.

В настоящей работе изучают процессы первичной кристаллизации насыщенных растворов различных солей, вызванные испарением растворителя.

Изучение процесса кристаллизации осуществляется с помощью бинокулярной лупы или биологического микроскопа. Водные растворы солей составляются насыщенными с тем расчетом, чтобы незначительное испарение воды привело растворы к состоянию перенасыщения.



При кристаллизации жидкого раствора любой соли так же, как и стального слитка, можно наблюдать три различные зоны кристаллов, отличающиеся своей формой и величиной (рис. 10). Образование трех зон можно объяснить различными условиями кристаллизации. Обычно кристаллизация капли начинается у краев, так как здесь быстрее всего испаряется растворитель, и раствор быстро перенасыщается. У краев капли возникает зона весьма мелких кристаллов (зона 1), что указывает на зарождение большого числа центров кристаллизации уподобить значительному переохлаждению кристаллизующегося металла.

К мелкозернистой зоне примыкает зона более крупных столбчатых кристаллов (зона 2). Направление роста этих кристаллов обычно перпендикулярно краю капли. Большой размер образующихся кристаллов указывает на уменьшение числа центров кристаллизации и увеличение скорости роста кристаллов. Направленный рост, обуславливающий столбчатую форму, вызван тем, что в связи с небольшим перенасыщением раствора в более толстом слое капли не образуется центров кристаллизации, не связанных с ранее затвердевшей зоной у краев капли, а возникшие на границе мелкозернистой зоны центры растут в сторону постепенно пересыщающихся краев, т.е. к центру капли. Постепенное пересыщение слоев утолщающейся по направлению к центру капли создает условия кристаллизации, подобные направленному отводу тепла в формы или изложницы для металла.

В центре капли возникает третья зона (зона 3), состоящая из очень крупных, различно ориентированных равновесных кристаллов. Большой размер кристаллов указывает на малое число образующихся центров кристаллизации в связи с медленным пересыщением этой части капли. Малая степень пересыщения так же, как и малая степень переохлаждения в центральной зоне слитка или отливки металла, создают условие для зарождения наибольшего числа различно ориентированных равновесных кристаллов.

Контрольные вопросы.

- 1 Какие виды кристаллических ячеек вы знаете, и какие металлы обладают такими решетками?
- 2 Что такое параметр кристаллической решетки (КР)?
- 3 Что такое металлическая связь?
- 4 Объясните причину образования зернистой структуры.
- 5 Что такое линейный дефект КР?
- 6 Что такое поверхностный дефект КР?
- 7 Дайте определение критического размера центра кристаллизации.
- 8 Как протекает процесс первичной кристаллизации?
- 9 Что такое дендрит?
- 10 Что такое усадка металла?
- 11 Какие три зоны бывают в слитках металлов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Механические свойства металлов и сплавов. Методы определения механических свойств

Цель работы: Определение прочности и пластичности металлов, сплавов и других материалов, приобретение навыков в проведении механических испытаний, ознакомление с механическими характеристиками материалов: временным сопротивлением, истинным сопротивлением разрыву, относительным удлинением и относительным сужением.

Перечень приборов, принадлежностей и материалов, необходимых для выполнения работы:

- разрывная машина или школьный гидравлический пресс (рис. 1.2);

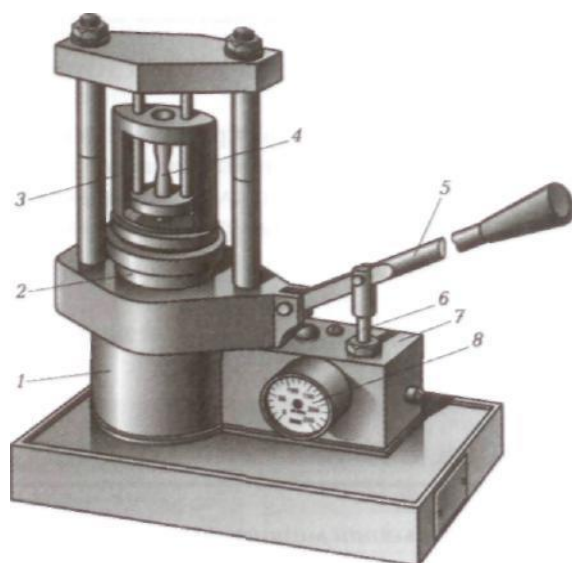


Рис. 1.2. Школьный гидравлический пресс:

1 — большой цилиндр гидравлического пресса; 2 — поршень гидравлического пресса; 3 — реверсор для преобразования усилия сжатия в усилие растяжения; 4 — испытуемый образец; 5 — рычаг; 6 — шток малого поршня; 7 — малый цилиндр с насосом; 8 — манометр

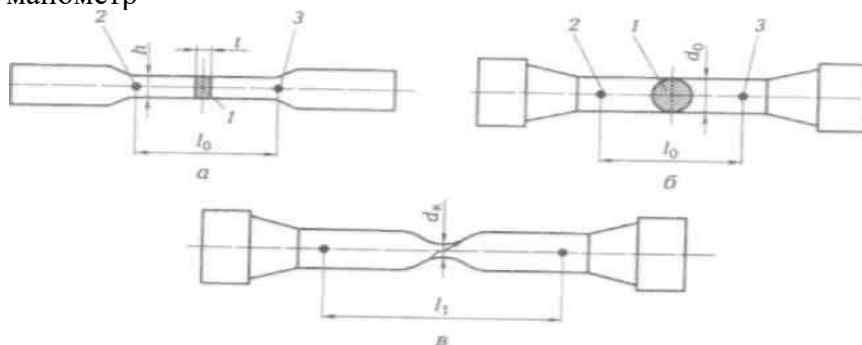


Рис. 1.3. Образцы для испытания металлов на растяжение: а — из листового и полосового проката; б — из круглого проката; в — из круглого проката после растяжения; 1—3 — контрольные сечения; d_0 , d_k — диаметр образца до и после испытания соответственно; l_0 , l_1 — длина образца до и после испытания соответственно; h — толщина образца; t — ширина шейки

- реверсор для превращения усилия сжатия в усилие растяжения;
образцы для испытаний из круглого или полосового проката (рис. 1.3): на разрывной

машине — длиной $l = 160$ мм, диаметром $d = 10$ мм; на школьном гидравлическом прессе — длиной $l = 60$ мм, диаметром $d = 6$ мм; штангенциркуль; кернер; масштабная линейка; молоток.

Теоретические основы.

Механические свойства— это группа свойств, которая характеризует способность металлов, сплавов и изделий из них выдерживать различные внешние механические нагрузки (растягивающие, сжимающие, изгибающие, крутящие и др.). В зависимости от противодействия нагрузкам различают следующие механические свойства: прочность, твердость, ударная вязкость, пластичность и упругость. В машиностроении важным условием производства качественных деталей и изделий является знание механических свойств материалов, из которых изготовлены эти детали и изделия. Долговечность и надежность в процессе эксплуатации изделий машиностроения будут обеспечены только в том случае, когда при выборе материала учитываются их механические свойства. Все методы механических испытаний металлов и сплавов стандартизированы. Механические свойства испытывают в процессе металлургического производства металлов и сплавов, на машиностроительных предприятиях, в научно-исследовательских и учебных лабораториях.

Лабораторно-практические работы по определению механических свойств разработаны в соответствии со следующими нормативными документами:

ГОСТ 7564—97 «Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний»;

ГОСТ 9454—78 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при повышенных, комнатной и пониженных температурах»;

ГОСТ 15.309—98 «Система разработки и постановки продукции на производство.

Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения»;

ПР 50.2.009—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений»;

ГОСТ 1497—84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение»;

ГОСТ 7268—82 «Сталь. Метод определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб»;

в ГОСТ 9012—59 «Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю»;

ГОСТ 9013—59 «Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу»;

ГОСТ 4670—91 «Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика»;

ГОСТ 28033—89 «Сталь. Метод рентгенофлюоресцентного анализа»;

ГОСТ 27208—87 «Отливки из чугуна. Методы механических испытаний»;

ГОСТ 2999—75 «Металлы и сплавы. Методы измерения твердости по Виккерсу»;

ГОСТ 8.563—96 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений»;

РМГ29—99 «Государственная система обеспечения единства измерений.

Метрология. Основные термины и определения»;

ГОСТ 8.417—2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин»;

ГОСТ 15.101—98 «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ».

Прочность и пластичность конструкционных материалов являются одними из основных показателей, определяющих их применение в машиностроении, энергетике, строительстве и других отраслях промышленности.

Прочность — это способность материалов сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок.

В технике различают истинное сопротивление разрыву S_K и временное сопротивление (предел прочности при растяжении) σ_B .

Истинное сопротивление разрыву S_K , МПа, — это отношение нагрузки P_K , Н, к площади поперечного сечения образца после разрыва P_{Km}^2 :

$$S_K = P_K / F_K. \quad (1.1)$$

Площадь поперечного сечения образца после разрыва вычисляют по формуле

$$P_K = \pi d_K^2 / 4, \quad (1.2)$$

где d_K — диаметр поперечного сечения образца после разрыва, м. При определении временного сопротивления σ_B , МПа, наибольшую нагрузку, предшествующую разрушению образца P_{max} , Н, относят к площади поперечного сечения образца до испытания F_0 , м²:

$$\sigma_B = P_{max} / F_0 \quad (1.3)$$

Площадь поперечного сечения образца до испытания определяют по формуле

$$F_0 = \pi d_0^2 / 4, \quad (1.4)$$

где d_0 — диаметр образца до испытаний, м.

Временное сопротивление существенно влияет на долговечность, надежность,

износостойкость, демпферные и другие свойства, отвечающие функциональному назначению изделия.

Характеристиками **пластичности** металлов и сплавов являются:

относительное удлинение δ , %:

$$\delta = l_0 - l_1 / l_1 \cdot 100. \quad (1.5)$$

где l_0 , l_1 — длина образца до и после испытания соответственно;

относительное сужение Ψ , %:

$$\Psi = F_0 - F_1 / F_1 \cdot 100. \quad (1.6)$$

По ГОСТ 1497—84, ГОСТ 27208—87 и ГОСТ 7564—97 временное сопротивление металлов и их сплавов определяют на разрывных машинах при испытании на растяжение

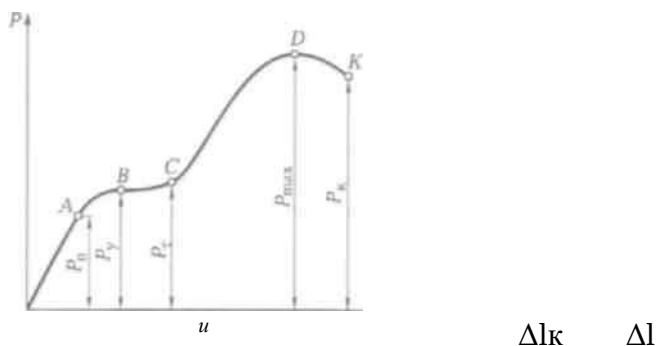


Рис. 1.1. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали:

OA — прямая упругости; AB — кривая пропорциональности; BC — площадка текучести; CC^1 — кривая резкого увеличения нагрузки; OK — кривая, предшествующая разрушению образца; P_y — нагрузка, соответствующая пределу упругости; P_n — нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности; P_T — нагрузка, соответствующая пределу

текучести; $P_{\max}$ — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца; P_k — нагрузка в процессе разрушения образца; Δl — абсолютное удлинение; Δl_k — абсолютное удлинение образца, соответствующее его разрыву

В процессе растяжения образца на разрывной машине самопишущее устройство строит **диаграмму растяжения** (рис. 1.1). На диаграмме растяжения на оси ординат (вертикальная ось) откладывается величина нагрузки P в ньютонах, прикладываемая к образцу, на оси абсцисс (горизонтальная ось) — величина абсолютного удлинения A в миллиметрах. В процессе растяжения образец испытывает характерные деформации:

- на участке OA — упругую деформацию;
- на участке AB — упругопластическую деформацию при незначительном увеличении нагрузки;
- на участке BC — пластическую деформацию (текучесть), свободное удлинение без повышения нагрузки P_T ;
- на участке CO — упругопластическую деформацию.

В точке O образец воспринимает максимальную нагрузку, предшествующую разрушению ($P_{\max}$), которой соответствует временное сопротивление образца σ_b . Участок PK — дальнейшее удлинение образца. При достижении длины l_k образец разрушается.

Сущность метода испытания заключается в растяжении цилиндрических или плоских образцов на специальном оборудовании.

Механические характеристики некоторых конструкционных

Размеры образцов и методы испытаний различного сортового проката (круглого, лент, листов, проволоки и т.д.) при отрицательных, нормальных и повышенных температурах устанавливаются стандартами.

В лабораторно-практической работе испытание на растяжение проводят при нормальной температуре 18...20°C. В процессе испытания определяют временное сопротивление, истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение и относительное сужение образцов из различных конструкционных материалов.

Содержание работы:

Испытание на разрывной машине выполняйте в такой последовательности.

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия разрывной машины.
2. Подберите образцы для испытания на растяжение (образцы изготавливают в токарной мастерской на уроках производственного обучения).
3. Измерьте штангенциркулем с точностью до 0,1 мм начальный диаметр образца a_0 . Замер производите в двух взаимно-перпендикулярных направлениях посередине и по концам отрезка, равного расчетной длине образца (сечения 1, 2, 3). Данные измерений занесите в табл. 1.2.
4. Рассчитайте среднее значение диаметра в каждом сечении как среднее арифметическое измерений 1 и 2. Определите общее среднее значение диаметра образца как среднее арифметическое средних диаметров в каждом сечении. Результаты расчетов занесите в табл. 1.2.
5. Вычислите значение площади поперечного сечения образца по формуле (1.4), используя значение среднего диаметра образца.
6. Для проведения механических испытаний на разрывной машине:
 - выберите необходимый груз и шкалу;
 - присоедините самопишущее устройство;
 - установите миллиметровую бумагу, нанесите на ней оси координат;
 - установите образец в захват машины;

- проверьте положение стрелок прибора, установив их на «нуль» шкалы;
 - включите электродвигатель и проведите испытание;
- выключите электродвигатель после разрушения образца.

7. Проанализируйте диаграмму растяжения, вычерченную самопишущим устройством, расставив на ней соответствующие точки.

Таблица 1.2. Результаты расчета среднего диаметра образца			
Измерение	d ₀ , мм, в сечениях		
	1	2	3
1			
2			
Среднее значение			
Общее среднее значение			

По шкале определите максимальную нагрузку P_{max} , предшествующую разрушению образца.

9. По формуле (1.3) определите временное сопротивление образца. По формуле (1.1) рассчитайте истинное сопротивление разрыву.

10. Выньте образец из разрывной машины, измерьте длину l_0 образца, полученную при растяжении. Измерьте шейку образца по двум взаимно-перпендикулярным направлениям и определите средний диаметр шейки s_k . По формулам (1.5) и (1.6) определите относительное удлинение и относительное сужение образца.

11. Выполните пп. 3—10 для каждого образца.

При испытании на школьном гидравлическом прессе применяют реверсор для превращения усилия сжатия в усилие растяжения. Замеры диаметров образцов и расчет площади поперечного сечения выполняют аналогично замерам и расчету при испытании на разрывной машине.

Испытание на школьном гидравлическом прессе выполняйте в такой последовательности.

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании металлов, устройство и принцип действия школьного гидравлического пресса (см. рис. 1.2).
 2. Определите площадь поперечного сечения образца до испытания P_0 по формуле (1.3).
 3. Установите образец в замок реверсора с помощью двух разрезных шайб. Создайте давление при помощи гидравлического насоса до полного разрушения образца. При нагнетании давления внимательно следите за показаниями манометра и зафиксируйте наибольшее усилие пресса, предшествующее разрушению образца.
 4. Определите площадь поперечного сечения образца P_k после испытания по формуле (1.2).
 5. Соедините образец по месту излома и замерьте расстояние l , между двумя накерненными точками (см. рис. 1.3, в).
 6. Определите механические характеристики материала при испытании на школьном гидравлическом прессе аналогично испытанию материала на разрывной машине.
7. Выполните пп. 2—6 для каждого образца.

Отчет по практической работе

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 1.3 и 1.4.

Таблица 1.4. Результаты испытаний по определению относительного удлинения и сужения образцов						
Номер образ-ца	Длина образца, м		Площадь поперечного сечения, м ²		Характеристики пластичности	
	до испы-тания l_0	после ис-пытания l_1	До испыта-ния P_0	после ис-пытания P_k	Относи-тельное удлине-ние δ , %	Относи-тельное сужение ψ , %

Сделайте выводы о соответствии полученных значений механических характеристик материала стандартным значениям, указанным в табл. 1.1.

При определении твердости по методу Бринелля поверхности испытуемого изделия остаются относительно глубокие отпечатки большого диаметра. При испытании же твердости по методу Роквелла на испытуемом изделии остается иголочный след глубиной меньше 0,2 мм и примерно такого же диаметра. Кроме того, методом Бринелля можно, в строгом соответствии ГОСТом, испытать металл твердостью не выше HB 450. Методом Роквелла можно испытать металл и металлокерамические материалы твердостью до HB 1000.

По методу Роквелла твердость можно определить быстро и непосредственно на шкале индикатора, установленного на приборе. Однако тонким алмазом нельзя определять твердость структурно неоднородных материалов, например серого чугуна с включениями мягкого графита, так как аликз слишком глубоко проникает в образец и результаты измерения получаются неточными. Поэтому прибор Роквелла с алмазом снабжен еще стальным закаленным шариком диаметром 1,58 мм, предназначенным для определения твердости неоднородных или относительно мягких металлов. Методом Роквелла нельзя также установить твердость хрупких изделий и изделий, имеющих на поверхности раковины и посторонние включения, а также тонких изделий, например, меньше 0,7 мм по шкалам В и С или 0,4 мм по шкале А. Измерение твердости металлов по Роквеллу заключается во вдавливании в испытуемое изделие или образец алмазного конуса или стального шарика под определенной нагрузкой P и в небольшой выдержке под нагрузкой. Применяемые при испытании нагрузки различны и определяются твердостью металлов. 1. Мягкие металлы твердостью HB 60—230 испытывают при нагрузке 100 кГ (испытание производится стальным шариком). 2. Металлы твердостью HB 230—700 испытывают при нагрузке 150 кГ (испытание производится алмазным конусом). 3. Металлы твердостью свыше HB 700 испытывают при нагрузке 60 кГ (испытание производится алмазным конусом).

Указанные нагрузки прилагают к образцу последовательно в два приема. Сначала накладывают предварительную нагрузку $P_0=10$ кГ. При этом алмазный конус проникает в металл на глубину h_0 . Предварительная нагрузка предназначена для компенсации упругих деформаций прибора и испытуемого изделия или образца, которые влияют на показания прибора. Затем прилагают полную нагрузку P , состоящую из предварительной в 10 кГ и основной P_1 ($P=P_0+P_1$). Таким образом, полная нагрузка составляет 60, 100 или 150 кГ.

При полной нагрузке алмазный конус проникает в металл на глубину h . Стрелка индикатора прибора, находящегося под нагрузкой, показывает разность глубин проникновения алмазного конуса (или шарика) в металл, т. е. $h-h_0$ а после снятия основной нагрузки (т. е. полной за вычетом предварительной нагрузки) показывает твердость испытуемого металла по соответствующей шкале. В зависимости от нагрузок индикатор прибора имеет разные шкалы: внутренняя, красного цвета (В), используется при испытании шариком; твердость по этой шкале обозначается HRB (нагрузка 100 кГ); наружная, черного цвета (С), совмещена со шкалой (А), используется при испытании алмазным конусом; твердость по этой шкале обозначается либо HRC (нагрузка 150 кГ), либо HRA (нагрузка 60 кГ). - Единица твердости определяется внедрением в испытуемый образец алмазного конуса или шарика на глубину 0,002 мм. При измерении твердости по Роквеллу должны соблюдаться следующие условия:

1. Участок образца примерно 20X15 мм., на котором производится измерение, должен быть очищен от окалины, окисных пленок а других посторонних веществ и не иметь трещин, выбоин и других дефектов, тщательно опилен, а лучше отшлифован, чтобы на нем не было видимых следов обработки, могущих исказить результаты измерения. При механической обработке должна быть исключена возможность изменения твердости образца вследствие нагрева или наклепа.
2. Нагрузку следует прикладывать перпендикулярно к испытуемой поверхности образца, а сам образец должен лежать на столике устойчиво и не прогибаться при испытании.
3. Радиус кривизны образцов с криволинейной поверхностью должен быть не менее 15 мм.
4. Минимальная толщина испытуемого образца должна быть не менее 8-кратной глубины внедрения в него конуса. На обратной стороне испытуемого образца не должно быть следов деформации. 5. Расстояние между центрами двух соседних отпечатков или т центра отпечатка до края образца должно быть не менее 3 мм. Принцип действия прибора Роквелла. Схема прибора рычажного типа изображена на рис 14 . В приборе применена система рычагов отношением плеч 1: 20. На нем можно определять твердость образцов или изделий с максимальной высотой 200 мм и максимальным диаметром 240 мм.

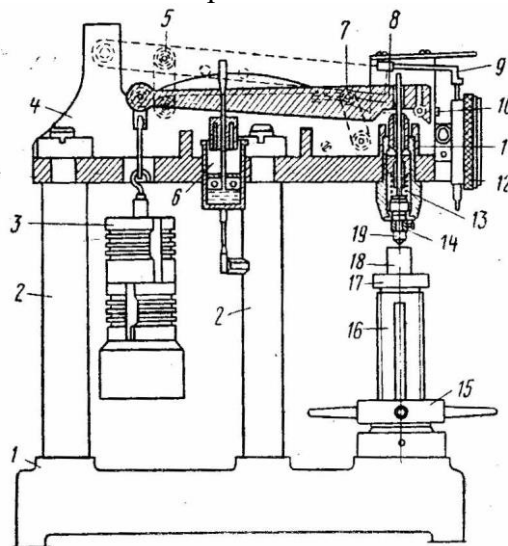


Рис. 14. Прибор Роквелла:

1 — станина, 2 — стойка, 3 — грузы на подвеске, 4 — поперечина, 5 — опорная серьга, 6 — масляный амортизатор. 7 — рукоятка, 8, 9 — рычаги, 10 — ось, 11 — щеки, 12 — индикатор, 13 — спиральная пружина, 14 — шпиндель, 15 — маховичок, 16 — подъемный винт, 17 — сменный столик, 18 — образец, 19 — наконечник

Образец 18 кладется на сменный столик 17, установленный на подставке подъемного винта 16, перемещающегося вверх и вниз при помощи маховичка 15. Предварительная нагрузка на образец осуществляется при помощи спиральной пружины 13, для чего помещенный на столик образец поднимается до соприкосновения с алмазом. Маховичок вращают до тех пор, пока малая стрелка индикатора не установится против красной точки циферблата, а большая стрелка не станет при этом примерно вертикально. В этом положении спиральная пружина 13 оказывается сжатой и давит на шпиндель 1, в котором закреплен наконечник 19 с алмазом или шариком, с силой 10 кГ. Независимо от наконечника (с алмазом или шариком) большая стрелка индикатора должна быть в этот момент совмещена (вращением ободка индикатора) с нулем черной шкалы С или, что то же самое, с цифрой 30 красной шкалы В, поскольку шкала В смещена относительно нулевого положения шкалы С на 30 делений. Основная нагрузка (Р1) на образец передается рычагом 8, на конец которого навешивают требуемый набор грузов З в 50, 90 и 140 кГ (из которых груз в 50 кГ представляет собой вес рычага с подвеской и является постоянным) - действительный вес накладываемых грузов составляет 1/20 основного, т. е. 2,5; 4,5 и 7 кГ соответственно. В нерабочем положении рычаг 8 лежит на опорной серьге 5 и нагрузка на шпиндель не передается. для приложения основной нагрузки поворачивают рукоятку 7, после чего рычаг вместе с серьгой 5 плавно опускается, нагружая наконечник 19, который вдавливают алмаз или шарик в испытуемый образец. действие на образец полной нагрузки сопровождается прекращением заметного движения большой стрелки индикатора. Плавное без рынков опускание рычага 8 (необходимое для получения правильного показания твердости образца и сохранения алмаза) обеспечивается масляным амортизатором 6, отрегулированным на определенную продолжительность испытания. Перемещение наконечника передается большой стрелке индикатора 12. После остановки стрелки индикатора основная нагрузка снимается (предварительная нагрузка в 10 кГ остается). Рукоятку 7 плавно возвращают в исходное положение. При этом большая стрелка индикатора перемещается и останавливается, указывая на соответствующей шкале число твердости по Роквеллу.

Содержание работы:

1. Ознакомление с устройством и действием прибора Роквелла.
2. Проведение испытаний на твердость образцов термически обработанных сталей методом Роквелла.
3. Составление отчета о работе.

Требования техники безопасности.

При проведении испытаний необходимо выполнять следующие требования безопасности:

1. Навеску грузов должен производить один человек с осторожностью без посторонней помощи.
2. Прибор должен устанавливаться на прочном столе с ровной горизонтальной поверхностью и отверстием для винта прибора.
3. Шкалы прибора должны находиться на уровне глаза.
4. В процессе испытания воспрещается производить какие-либо действия с прибором, передвигать образец под нагрузкой и т. п.

Порядок проведения испытания.

Испытание рекомендуется проводить следующим образом:

1. Установить на приборе грузы, сменный столик и наконечник в соответствии с характером и формой подлежащего испытанию изделия или образца. При этом опорные и

рабочие поверхности столика, винта и наконечника должны быть тщательно очищены от смазки, стружки пр. При испытании по шкале А груз на подвеску устанавливать не следует, так как сама подвеска с рычагами дает основную нагрузку в 50 кГ.

2. Установить изделие или образец на сменный столик, обеспечив плотное их прилегание. Образец вытереть насухо.

3. Вращением маховичка довести испытываемую поверхность до прикосновения с наконечником. Продолжить (вращением маховичка) подъем столика до тех пор, пока малая стрелка индикатора не станет против красной точки индикатора, а большая стрелка не станет в вертикальное положение с допустимым отклонением 5 делений.

4. Вращением ободка индикатора подвести к большой стрелке нуль черной шкалы или цифру 30 красной шкалы.

5. Легким движением руки отодвинуть рукоятку 7 и предоставить рычагу возможность опуститься; время выдержки под полной нагрузкой должно составить 1—3 сек. При испытании высокопластичных металлов время выдержки может составить 10, 30 или 60 сек.

6. При остановке большой стрелки индикатора легким и плавным движением вернуть рукоятку в исходное положение. 7. Записать показание индикатора по соответствующей шкале твердости. 8. Повторить испытание еще раз на другом участке образца и записать показания. 9. Вращая маховичок, опустить столик и снять образец.

Шкалы нагрузок и твердости по Роквеллу

Обозначение шкалы	Число единиц в шкале	Обозначение твердости по шкале	Полная нагрузка по шкале, кГ	Допускаемые пределы измерения твердости по шкале	Примерная твердость по Бринеллю	Область применения
A	100	HRA	60	Свыше 70	Свыше 700	Твердые сплавы,
C	100	HRC	150	20-67	230-700	цементированные
B	130	HRB	100	25-100	60-230	изделия термически обработанные стали Мягкие металлы

Отчет по лабораторной работе

1. Объяснить порядок проведения испытания.
2. Определить твердость образцов стали.

Контрольные вопросы

1. Что называется прочностью?
2. Приведите значения временного сопротивления стали, чугуна, меди и алюминия.
3. Что такое пластичность конструкционных материалов?
4. Чем она характеризуется?
5. Опишите диаграмму растяжения стали, полученную в результате
6. В чем сущность измерения твердости металлов по Роквеллу.

7. Как определяется твердость по Роквеллу.
8. Перечислить преимущества метода измерения по Роквеллу.
9. Рассказать о шкалах твердости прибора Роквелла.
10. Какие нагрузки применяются.
11. Каков принцип работы прибора Роквелла.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Основы теории сплавов. Сплавы на основе железа и углерода.

Цель работы: ознакомить студентов со строением стального слитка и с влиянием его строения на последующие свойства стали; с макроструктурой стали и методом ее изучения; с микроструктурой стали и методом ее изучения с помощью микроскопа.

Перечень приборов, принадлежностей и материалов необходимых для выполнения работы

1. Металлографический микроскоп типа МИМ.
2. Полировальный станок для шлифов (условно).
3. Реактивы для травления образцов на макро- и микроструктуры. Фарфоровые чашки для травления.
4. Продольный темплет углеродистого стального слитка спокойной стали — для изучения его строения.
5. Поперечный темплет катаной заготовки углеродистой стали или образец, вырезанный из стального слитка или стальной отливки - для изучения макроструктуры после соответствующего травления.
6. Шлифы, углеродистой горячекатаной стали.
7. Лупа Х5.
8. Шлифовальная и фильтровальная бумага.
9. Щипцы для шлифов.
10. Схемы, ГОСТ, фото: оптическая схема микроскопа; схема строения стального слитка; фотографии (18Х24) или больше) основных микроструктур стали — феррита, перлита, цементита, мартенсита; ГОСТ 8233—75 — Эталоны микроструктуры стали, ГОСТ 1778—75 — Эталоны металлических включений.

Теоретические основы.

В жидком состоянии сталь представляет собой однородный раствор углерода (и неизбежных примесей — марганца, кремния, серы и фосфора) в железе. После отливки в формы жидкая сталь переходит в твердое состояние в результате процесса кристаллизации. При этом образуются кристаллы различной крупности — от очень мелких до крупных. Этот процесс называется первичной кристаллизацией стали. Как известно, в интервале температур примерно 900—700°С твердая сталь проходит вторичную кристаллизацию с образованием зерен феррита и цементита. Этой вторичной кристаллизацией определяется микроструктура стали. Однако вторичная кристаллизация полностью не устраняет дефектов первичной кристаллизации, вызванных неоднородностью размеров и форм кристаллов, характером процесса их роста и неравномерным распределением в связи с этим примесей. Это особенно касается вредных примесей — серы, фосфора и кислорода — и образуемых ими так называемых неметаллических включений в виде различных химических соединений. Эти дефекты в определенной мере влияют на механические свойства стали, в частности неметаллические включения являются центрами концентрации напряжений. Почти вся выплавляемая на металлургических заводах сталь идет в дальнейший передел — прокат, ковку, горячую

штамповку и лишь в небольшой доле для изготовления фасонных стальных отливок. Сталь, идущая в передел, отливается в специальные чугунные формы — изложницы. Застывшая в изложнице сталь называется слитком. При переходе из жидкого в твердое состояние сталь уменьшается в объеме примерно на 4% (и увеличивает при этом свой удельный вес). Сталь прежде всего застывает у дна и стенок изложницы и сверху слитка.

Сокращение объема металла внутри образовавшейся корки ведет прежде всего к образованию усадочной пустоты или раковины (рис. 34). Обычно раковина образуется в верхней части слитка, но могут появиться несколько таких самостоятельных участков вдоль центральной части слитка. Под усадочной раковиной располагается усадочная рыхлость, представляющая собой скопление мелких пустот, которая может проникать сравнительно глубоко по центральной части слитка. Поверхности усадочной раковины и, как правило, пустот усадочной рыхлости покрыты разными окислами и поэтому не завариваются в процессе дальнейшейковки или прокатки. Чтобы в максимальной степени избавить слиток от чрезвычайно серьезных пороков, его отливают с узкой частью — прибылью, куда искусственными методами (установкой части теплых надставок, которые замедляют остывание прибыли) поднимают усадочную раковину и рыхлость. Прибыль затем отрезают и направляют в переплав. Несмотря на то, что таким путем от слитка отрезается до 1/4 его веса, все же в слитке могут в некоторых случаях остаться следы раковины и часть рыхлости, что неблагоприятно сказывается на механических свойствах металла и может привести к полному браку ответственных изделий.

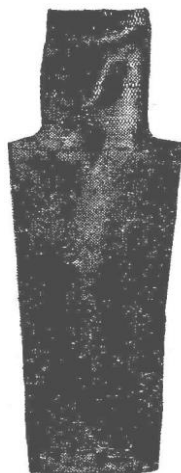
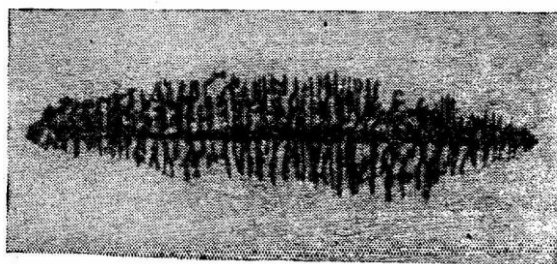


Рис 34 Застывание и кристаллизация залитой в изложницу стали начинается от стенок изложницы сразу из многих центров. Температура стали при разливке около 1500°C. Встречаясь со стенками изложницы (подогретой примерно до 100°C), сталь сразу остывает, образуя у стенок плотную корку мелких кристаллов. За этим горячим сравнительно тонким слоем застывшего металла кристаллизация идет более замедленно. Из многочисленных центров кристаллизации перпендикулярно к стенкам изложницы и в направлении к середине слитка вырастают крупные столбчатые кристаллы сначала в виде осей (стволов), обрастающих затем под прямым углом ветвями названных дендритами



Межосевое пространство такого древовидного кристалла заполнено маточным сплавом — жидкой сталью, более богатой углеродом, примесями и неметаллическими включениями. Такой маточный сплав застывает в промежутках между ветвями относительно чистой стали в последнюю очередь; поэтому застывший дендрит представляет собой химически неоднородное тело, в котором сосредоточены и неметаллические включения и тем в большей степени, чем больше металла загрязненного шлаками, окислами и вредными примесями. Группа свободно развивавшихся в слитке застывших дендритов показана на рис. 36.



Рис 36 При горячей обработке слитка, т. е. при ковке, прессовании и прокатке, дендриты вытягиваются и дают резко выраженную волокнистую или, иначе, полосчатую структуру стали, в которой параллельными прослойками чередуются неоднородные по составу части дендритов, в том числе неметаллические включения (рис. 37).



Рис 37

Механические свойства такой волокнистой стали неодинаковы в разных направлениях. Образцы стали, вырезанные вдоль волокон, обладают более высокими механическими свойствами, чем вырезанные поперек волокон. Это особенно сказывается на пластических свойствах металла. Например, ударная вязкость поперечных образцов может оказаться почти в два раза ниже продольных. При деформации слитка в разных направлениях, что невозможно при ковке и прессовании, дендриты в стали могут отчасти измельчиться и взаимно переплестись, но волокнистость, хотя и менее резко выраженная, все же останется.

Наряду с неметаллическими включениями в слитке образуются газовые пузыри вследствие способности жидкой стали поглощать некоторое количество различных газов (водорода, азота, окиси углерода и др). Эти газы затем при остывании стали выделяются. Но, не успев полностью всплыть на поверхность быстро густеющего металла, образуют в теле слитка газовые пузыри. Газы образуются также вследствие продолжающихся в изложнице химических реакций, результатом которых являются газообразные продукты, также частично не успевающие выделиться из слитка. Внутреннее строение слитка всегда лучше изучать невооруженным глазом на продольной пластине, так называемом темплете, вырезанном по продольной оси слитка. На таком шлифованном темплете очень хорошо выявляются положение и конфигурация усадочной раковины и рыхлости, газовые пузыри и сравнительно крупные трещины. Помимо требований, предъявляемых к внутреннему строению слитка, однородности и чистоте его, серьезные требования предъявляются

также к состоянию его поверхности. Здоровый слиток должен прежде всего иметь чистую поверхность без плен, наплывов, открытых пузырей, трещин и шлаковых наростов. Он не должен иметь подкорковых (т. е. близко лежащих от поверхности) пузырей. При прокатке они вызывают более или менее крупные продольные трещины.

Макроструктура стали.

Дендритное строение и характер расположения волокон, иначе говоря, макроструктуру стали

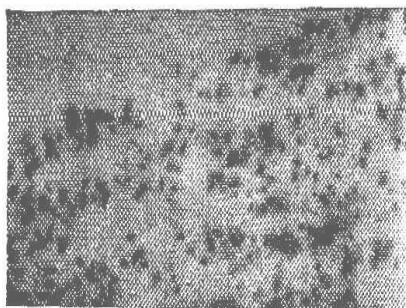


Рис. 38. Пористость круглой заготовки определяют на полированном образце, вырезанном из слитка (или из фасонной стальной отливки) либо, что значительно проще, на поперечном темплете прокатанной из стали заготовки. Такой образец, глубоко протравленный соответствующим реактивом, позволяет отчетливо выявить невооруженным глазом дендритную структуру слитка либо полученной из него заготовки. При этом могут быть обнаружены также и некоторые внутренние пороки стали, например трещины, мелкие пузыри и следы усадочной раковины. Характер расположения волокон катаной заготовки позволяет судить о степени загрязненности металла неметаллическими включениями.

На рис. 38, 39, 40 показаны некоторые пороки, обнаруженные при проверке макроструктуры стали.

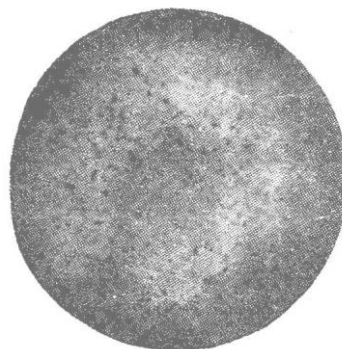


Рис 38

Микроструктура стали.

Результаты вторичной кристаллизации остывшей стали рассматриваются под микроскопом на полированных и соответствующим образом протравленных (обычно 5%-ным раствором пикриновой кислоты в этиловом спирте) шлифах, представляющих собой небольшие образцы стали (диаметром или стороной квадрата, например, 12 мм -м высотой 10—12 мм), вырезанные из тех мест металла, которые следует изучить. Кристаллическая структура стали или иного металлического сплава, выявляющаяся только под микроскопом, называется микроструктурой.

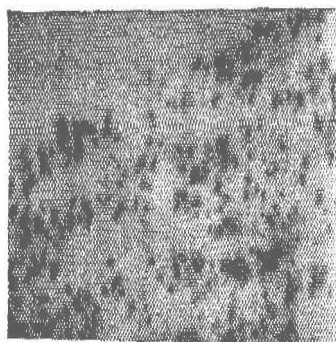


Рис. 39. Неметаллические включения в стали

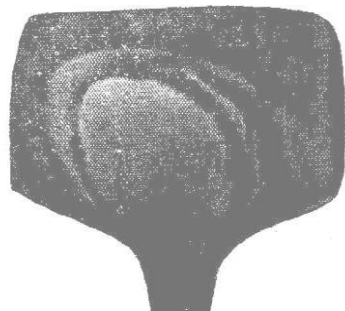


Рис. 40. Продольное расслоение головки рельса из-за наличия остатка усадочной раковины (аварийная поломка)

Для ее изучения применяются металлографические микроскопы с различным увеличением начиная со 100—200 до 2000 раз. Наряду с ферритом и цементитом на шлифах под микроскопом выявляются и другие структурные составляющие стали — перлит; структуры закалки — аустенит, мартенсит, троостит, сорбит и др. При рассмотрении под микроскопом могут быть также обнаружены различные пороки стали, например на рис. 41 показана выявленная таким образом тонкая трещина — волосовина в теле металла, вызвавшая его поломку.

Вертикальный металлографический микроскоп типа МИМ.

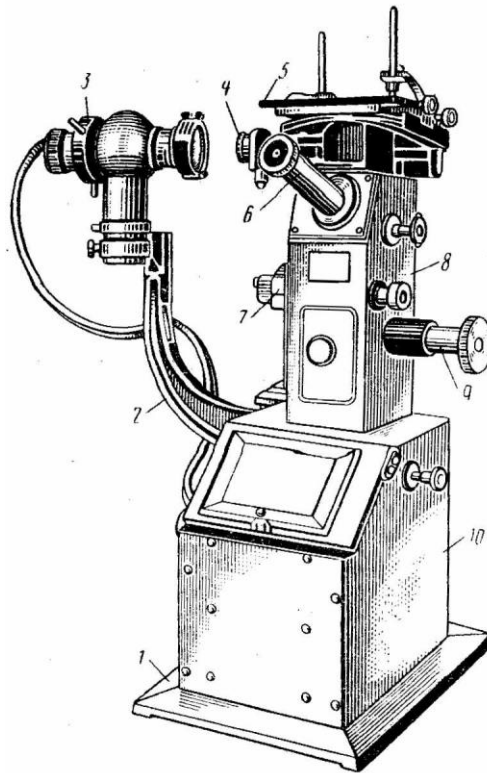


Рис. 42 Микроскоп МММ

Микроскоп (рис. 42, 43) применяется для визуального наблюдения и фотографирования микроструктуры металлов и позволяет путем подбора, объективов и окуляров получать четкие изображения при увеличении практически в 1000 раз (теоретически до 1500 раз).
 Рис. 41. Трещина в теле металла, выявленная при рассмотрении его микроструктур.

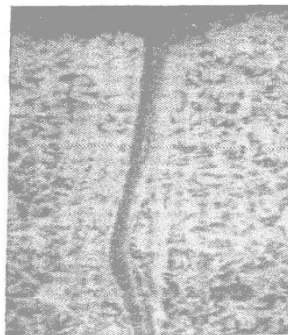


Рис. 41

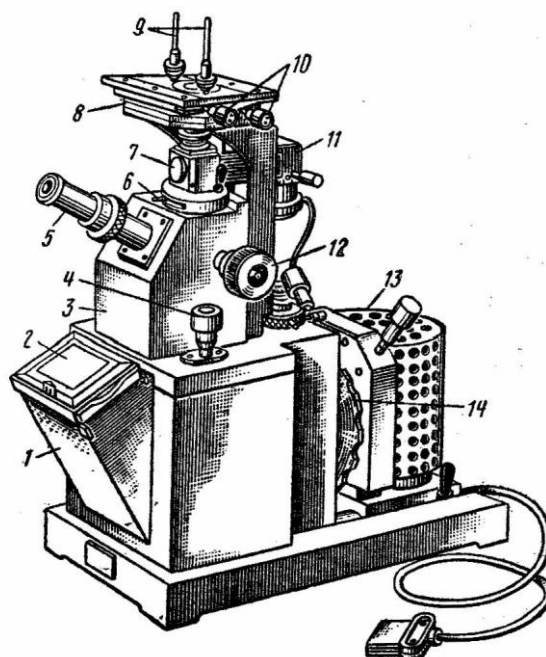


Рис. 43. Вертикальный металлографический микроскоп МИМ-7:

Шлиф укладывается на предметный столик полированной поверхностью вниз. Столик крестообразно перемещается рукоятками. 1 — фотокамера, 2 — матовое стекло, 3 — корпус, 4 — микрометрическая подача объектива, 5 — визуальный тубус, 6 — анализатор, 7 — иллюминатор, 8 — стол, 9 — клеммы, 10 — рукоятки перемещения стола, 11 — кожух пентапризмы, 12 — рукоятка грубой подачи стола, 13 — осветитель, 14 — светофильтр

Содержание работы:

1. Ознакомление со строением стального слитка в натуре или по плакату.
2. Ознакомление с дендритной структурой стали.
3. Ознакомление с основными элементами микро- структуры горячекатаной стали (феррит, перлит, цементит) при помощи микроскопа.
4. Составление отчета о работе.

Требования техники безопасности.

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие требования

1. Не наклонять и не опрокидывать продольный темплет слитка.
2. Не прикасаться к реактивам и к посуде для них
3. Соблюдать обычные правила безопасности при выполнении слесарных операций (если они производятся на занятии).

Отчет по лабораторной работе

- 1 Определить влияние строения слитка на свойство стали
- 2 Определить микро и макроструктуру стали и методы ее изучения
- 3 Объяснить устройство микроскопа МИМ-7

Контрольные вопросы

- 1 Перечислить порядок подготовки образца к изучению макроструктуры
- 2 Что можно определить с помощью макроисследования?
- 3 Перечислить порядок подготовки образца к изучению микроструктуры
- 4 Что можно определить с помощью микроанализа?
- 5 Что помогает выявить макроструктуру стали?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: Основы термической обработки

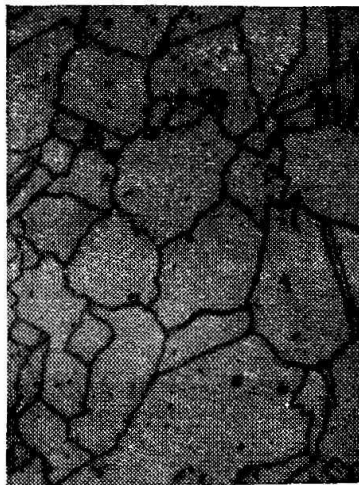
Цель работы: ознакомить студентов с процессами закалки и отпуска углеродистых сталей и привить им навыки самостоятельного выполнения этих операций в лабораторных условиях.

Перечень приборов, принадлежностей и материалов необходимых для выполнения работы.

1. Электронагревательная муфельная печь с термоэлектрическим пирометром для закалки и отпуска образцов.
2. Прибор Роквелла для определения изменения твердости образцов в процессе обработки.
3. два сосуда (ванночки) с охлаждающей жидкостью — водой и минеральным маслом.
4. Пять образцов углеродистой стали. Рекомендуются образцы-диски диаметром 15—20 мм, высотой 10—15 мм.
5. Щипцы для закладки образцов в печь и выемки их из печи.
6. Штангенциркуль для измерения образцов.
7. Тиски параллельные.
8. Напильник плоский личной для опиловки образцов.
9. Обтирочные концы.
10. Наждачная бумага для зачистки образцов.
11. Водяной термометр для измерения температуры охлаждающей жидкости.
12. диаграммы, ГОСТ, таблицы: диаграмма железо — углерод; ГОСТ 1050—72; сталь углеродистая качественная машиностроительная; таблицы определения твердости; атлас микроструктур углеродистой стали в различных состояниях или крупного формата фотографии основных структур стали

Теоретические основы.

Закалка стали, т. е. придание ей высокой твердости и прочности, состоит в нагреве ее выше критических точек, при котором весь содержащийся в ней феррит (в любом состоянии) превращается в аустенит, выдержке при этой температуре и последующем быстром охлаждении. Сущность закалки, как и всякой иной термической обработки стали, заключается в получении требуемой структуры, определяющей ее механические (и иные) свойства. Нагревая и охлаждая сталь в различных температурных условиях и в течение различного времени, мы производим нужное изменение ее структуры, называемое структурными превращениями в углеродистой стали. Температуры, при которых происходят структурные превращения, называются критическими. Температуры превращений различны для сталей с различным содержанием углерода (кроме превращений при температуре 723°C , которые одинаковы для всех сталей. При нагреве углеродистой стали любого состава выше точки A_{c1} (т. е. выше 723°C) перлит (т. е. механическая смесь цементита и феррита) превращается в новые зерна железа, способного растворять углерод вплоть до 2,0%. Такое железо в отличие от феррита, который углерод не растворяет, называется аустенитом (сталь закаливается только при наличии аустенита). Аустенит представляет собой однородный твердый раствор углерода в железе.



.Рис. 31 Аустенит

Однако при 723°C структурно свободный феррит в сталях с содержанием углерода менее 0,8% и такой же свободный цементит в сталях с содержанием углерода выше 0,8% остаются нетронутыми. Таким образом, при нагреве стали несколько выше точки A_{c1} структура ее состоит в одних случаях из аустенита и свободного феррита, а в других — из аустенита и свободного цементита. Чтобы перевести весь феррит в твердый раствор, что необходимо для полноты закалки, так как феррит в отличие от аустенита закалить нельзя, сталь надо продолжать нагревать до точки A_{c3} . Точно так же, чтобы перевести весь свободный цементит в твердый раствор, сталь надо нагреть до точки, лежащей на цементитной линии диаграммы $SE-A_{cm}$. В чисто перлитных сталях, т. е. содержащих 0,8% углерода, переход перлита в аустенит заканчивается в точке A_{c1} . A_{c1} — перлитная точка; A_{c3} — ферритная и A_{cm} — цементитная. Выше этих точек не существует ни перлита, ни феррита, ни цементита, а существует только один аустенит. Получение мелкозернистой стали.

для полноты закалки необходимо не только превратить а аустенит весь содержащийся в стали феррит, но и равномерно распределить углерод в аустените. Это достигается выдержкой стали при температуре выше A_{c3} или A_{cm} . Выдержка позволяет избыточному ферриту или цементиту полностью растворяться в уже образовавшем аустените и получить его в виде однородных зерен. Выравнивание содержания углерода в аустените происходит тем быстрее, чем выше температура, однако после того как выравнивание состав закончено, зерна аустенита начинают быстро расти и тем быстрее чем выше температура. В результате получается слишком крупное зерно. Хотя сталь с таким зерном глубже прокаливается в толстых сечениях и легче механически обрабатывается, она после закалки и отпуска обладает меньшей прочностью и некоторой хрупкостью. поэтому важно не допускать перегрева аустенита. Чтобы обеспечить однородность состава, сталь следует выдержать при температуре несколько выше A_{c3} , дав достаточно времени для диффузии углерода в аустенит.

Нагрев под закалку.

Из соображений производительности и экономии топлива нагрет изделий под закалку следует осуществлять быстро, учитывая, что при слишком быстром нагреве поверхность изделия нагревается сильнее и больше при этом расширяется, чем его сердцевина; это может привести к образованию внутренних трещин и к перегреву углов и тонких частей изделия. Трещины могут появиться и вследствие неодинакового расширения при быстром нагреве разностенных изделий и изделий сложной формы. По этой же причине изделия могут покоробиться. Поэтому большие и сложные изделия греют медленно и равномерно. Мелкие изделия нагревают быстрее, примерно в течение 15—20 мин на каждые 25

мпоперечного сечения изделия. Выдержка при температуре нагрева обязательна для выравнивания температуры по всему изделию и получения исходного для заковки однородного мелкозернистого аустенита. Надо учитывать, что сталь представляет собой не только сплав железа с углеродом, но и с разными неизбежными примесями и что в стали любой заводской марки содержание углерода может колебаться в пределах 0,05%. Кроме того, при переносе из печи в ванну сталь немного остывает, поэтому нагрев под заковку ведут при температуре по крайней мере на 20—30 °С выше того, что следует из диаграммы. В стали с содержанием углерода 0,8% все превращения заканчиваются в точке A_{c1} , или при 723°C, поэтому практически нагревают до 750°C. Сталь с содержанием углерода ниже 0,8% нагревают до температуры выше линии GOS. Высокоуглеродистые инструментальные стали обычно нагревают до температуры несколько выше линии SK, но не приближаясь к цементитной линии SE (точек A_{cm}). При этом в такой стали, кроме аустенита, будет находиться и некоторое количество нерастворенного цементита, что для большинства инструментальных сталей вполне допустимо.

Под заковку стали нагревают в печах различного типа на твердом, жидком или газообразном топливе, в электрических печах, а также электротокотом в высокочастотных установках. Газовые и электропечи и высокочастотные установки легче всего поддаются автоматизации. Небольшие изделия можно нагревать в металлических или соляных ваннах. Например, в расплавленном свинце предварительно подогревая изделия во избежание появления трещин от неравномерного нагрева. Важно, чтобы изделия не покрывались при нагреве плотно пристающим слоем окалина. Окалина мешает заковке. Против образования окалина применяют различные средства, исключая окислительную атмосферу в печи, при которой получается окалина. В медленно охлажденной стали, нагретой до высокой температуры образуются исходные структуры — перлит, феррит или цементит. При очень быстром охлаждении они вообще не образуются, а получается новая кристаллическая структура, называемая мартенситом. Мартенсит очень тверд и вместе с тем хрупок. Его твердость составляет HB 425—625. Изделия, закаленные на мартенсит, поддаются только шлифованию. При несколько меньшей скорости охлаждения образуются и другие, более мягкие и пластичные кристаллы, имеющие специальные названия. При заковке, т. е. при превращении аустенита в мартенсит, сталь увеличивается в объеме (примерно на 0,1% на каждые 0,1% углерода). Это вызывает изменение размеров закаленного изделия и сопровождается появлением в нем внутренних напряжений, что является одной из причин образования трещин или коробления, особенно изделий сложной формы.

Охлаждение нагретых под заковку изделий.

При заковке стальные изделия охлаждают в различных жидкостях, влияние которых неодинаково, поэтому твердость закаленных изделий зависит не только от температуры нагрева, но и от скорости охлаждения, т. е. от рода охлаждающей жидкости. Обычно для охлаждения применяется вода температурой 20°C и ниже. Орошение изделия водой под давлением или использование слабо подсоленной воды действуют более резко. Теплая вода — плохой охладитель, например действие воды, имеющей температуру 80°C, вчетверо слабее действия воды температурой 20°C, а в воде при 100°C изделие вообще не закаливается. Сталь приобретает мелкозернистое строение при быстром охлаждении. действие различных минеральных масел значительно слабее действия воды. Твердость металла, закаливаемого в масле, составляет 1/5-1/2 твердости, полученной при заковке в холодной воде. Количество жидкости должно быть достаточно во избежание ее сильного нагрева при заковке. Закаливается изделие нужно энергично перемещать в жидкости, чтобы сбить образующуюся вокруг изделия паровую рубашку, изолирующую изделие от охлаждающей жидкости. Выбор жидкости определяется сложностью формы закаливаемого изделия (наличием острых углов, резких переходов сечений, большой разностенностью, наличием полостей и т. д.) и подверженностью данной марки стали к

трещинам при закалке. Изделия сложной формы закаливают в жидкости, медленнее охлаждающей металл, или же применяют искусственные методы, например закалку в воде через налитый на ее поверхность слой масла. Чтобы снять внутренние напряжения, сохранив при этом достаточную твердость, и повысить пластичность, изделие подвергают отпуску. Оставленные продолжительное время без отпуска закаленные изделия могут дать трещины. Поэтому изделие в закаленном виде без последующего отпуска а машиностроении не применяется.

Отпуск закаленных изделий.

Полученный при закалке мартенсит устойчив лишь при невысоких температурах. При 200°C он постепенно переходит в новую более мягкую, но зато более пластичную структуру, называемую трооститом, обладающую все той же высокой твердостью, порядка HB 400 и выше. При 450—500°C мартенсит переходит в новую структуру, называемую сорбитом, которая по своим свойствам близка к перлиту. Чем выше температура отпуска и чем дольше выдержка при этой температуре, тем полнее резче изменения структуры. Например, при 310°C эти изменения заканчиваются в несколько минут. Изделия, от которых требуется максимальная твердость, не подвергают отпуску при температуре значительно выше 200°C и, наоборот, изделия, от которых требуется значительная пластичность, отпускаются при более высоких температурах. Нагретые для отпуска изделия охлаждают любым способом — в воздухе, в масле или в воде, так как скорость охлаждения при отпуске не влияет на твердость, однако некоторые стали, склонны проявлению отпускной хрупкости, их после нагрева предпочтительней охлаждать в воде. Отпуск изделий при температуре около 200°C условно принято считать низким отпуском. Такому отпуску подвергается измерительный инструмент. Твердость металла при таком отпуске составляет HB 600 и выше. Например, инструментальная углеродистая сталь арки УЮА закаливается в воде при температуре около 790°C и подвергается низкому отпуску при 200°C. Твердость ее после отпуска составляет HRC 60, что соответствует HB 600. Отпуск при 500—600°C — высокий отпуск. Ему подвергают машиностроительные углеродистые стали. Твердость их после отпуска HB 250—300. Машиностроительная сталь 80, содержащая около 8% углерода, закаливается с 820°C в масле и отпускаемая при 480—500°C, имеет твердость HB 285—300. Стали с различным содержанием углерода, закаливаемые на мартенсит и подвергаемые последующему низкому, среднему или высокому отпуску, имеют различную твердость и пластичность. для отпуска применяют нагревательные печи, лучше всего электропечи, а также соляные, свинцовые и другие ванны. для отпуска до 250°C часто применяют масляные ванны с высокой температурой воспламенения масла.

Содержание работы:

1. Ознакомление с электронагревательной муфельной печью и действием термических электроизмерительных приборов.
2. Закалка образцов углеродистой стали в разных средах (жидкостях) с последующим отпуском.
3. Определение результатов термической обработки по изменению твердости образцов.
4. Составление отчета о работе.

Требования техники безопасности

1. Не включать и не выключать рубильник Эл. печи.
2. Для укладки и выемки образцов применять длинные щипцы.
3. Не касаться щипцами спиралей печи. Печь должна быть заземлена.
4. Не открывать двери печи.
5. Не касаться руками нагретых образцов.
6. При закалке в масле студенты должны отойти от ванночки на несколько шагов во

избежании ожога в результате вспышки масла и отлетании горячих брызг. Ванночку с маслом нужно держать не ближе 1 метра от горячей печи.

7. Горячие образцы надежно держать щипцами, чтобы они не выпали.

8. Соблюдать известные меры безопасности при выполнении слесарных операций и при работе на твердомере.

Порядок выполнения закалки.

При закалке образцов следует придерживаться следующего порядка:

1. Подготовить образцы 5 шт.) к закалке: чисто опилить плоскости дисков для измерения твердости алмазным наконечником. Измерить и записать диаметр дисков, заклеить образцы порядковым номером. Записать марку стали и определить по ГОСТ 1050—57 содержание в ней углерода. Определить по диаграмме железо — углерод температуру нагрева под закалку. Установить продолжительность нагрева и выдержки образцов.

2. Подготовить ванночки с охлаждающей жидкостью нормальной температуры. Измерить и записать ее.

3. Определить по гальванометру температуру в (заранее нагретой) печи и записать ее.

4. Проверить, если необходимо, работу твердомера Роквелла. Замерить и записать величину твердости каждого образца по шкале С.

5. Открыть дверцы печи, нагретой до температуры примерно на 50—100°C ниже требуемой, и щипцами последовательно вложить в нее все образцы так, чтобы они не касались друг друга. Отметить по часам время закладки образцов.

6. Следить за показанием гальванометра. При достижении требуемой температуры зафиксировать продолжительность нагрева в минутах, продолжить нагрев и выдержать в печи образцы нужное время.

7. Открыть дверцы, взять щипцами один образец и охладить его в воде, энергично перемещая его при этом. Повторить эти операции со вторым и третьим образцами, закрывая каждый раз дверцы печи. Последние два образца охладить в масле. Следить по термометру за температурой воды и масла, так как они не должны сильно нагреваться. Заменить ванночки с жидкостью или быстро сменить воду, если потребуется. Не допускать повышения температуры в печи во время закалки. Замерить температуру ванн после закалки.

8. Выключить печь рубильником.

9. Вытереть образцы насухо. Записать номера образцов, закаленных в воде и в масле, если нужно зачистить торцы от окалины. Измерить по шкале и записать величину твердости каждого образца.

Порядок выполнения отпуска.

При отпуске необходимо придерживаться следующего порядка: 1. Закаленные образцы двумя партиями (первая партия — закаленные в воде; вторая — в масле) вложить в печь, нагретую (охлажденную) до 200°C. Отметить время пребывания образцов в печи до достижения температуры 250°C. Выдержать образцы при этой температуре в течение 15 мин.

2. Вынуть по одному образцу из каждой группы и охладить на воздухе, записать их номера.

3. Продолжить нагрев оставшихся образцов до 400°C выдержать их в течении 15 мин.

4. Вынуть по одному образцу из партии и охладить на воздухе, записать их номера.

5. Последний образец нагреть до 600°C, выдержать и замочить в воде, записать его номер

6. Вытереть образцы, измерить по шкале С твердость каждого и записать.

Отчет по практической работе

1. Объяснить порядок выполнения закалки и отпуска.

2. Объяснить изменения твердости при закалке и отпуске.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается закалка стали.
2. Назвать кристаллические структуры стали до закалки.
3. Для какой цели нужна выдержка стали при температуре закалки.
4. Какую цель преследует отпуск.
5. Назвать дефекты закалки.

Практическая работа №5

Тема:Классификация, маркировка и области применения сталей и чугунов.

Цель работы: Изучить классификацию, маркировку и области применения сталей и чугунов.

Теоретические основы.

Сталь — сплав железа с углеродом (и другими элементами). Содержание углерода в стали от 0,1 до 2,14 % На данный момент существуют стали с большим содержанием углерода, такие как: zfp-189 ~ 3.0%, cpmrex 121 ~ 3,4%. Углерод придаёт сплавам железа прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость.

Учитывая, что в сталь могут быть добавлены легирующие элементы, сталью называется содержащий не менее 45 % железа сплав железа с углеродом и легирующими элементами (легированная, высоколегированная сталь).

Стали с высокими упругими свойствами находят широкое применение в машино- и приборостроении. В машиностроении их используют для изготовления рессор, амортизаторов, силовых пружин различного назначения. Пружины, рессоры машин и упругие элементы приборов характеризуются многообразием форм, размеров, различными условиями работы. Особенность их работы состоит в том, что при больших статических, циклических или ударных нагрузках в них не допускается остаточная деформация. В связи с этим все пружинные сплавы, кроме механических свойств, характерных для всех конструкционных материалов (прочности, пластичности, вязкости, выносливости), должны обладать высоким сопротивлением малым пластическим деформациям.

По назначению стали делятся на множество категорий, таких как конструкционные стали, коррозионно стойкие (нержавеющие) стали, инструментальные стали, жаропрочные стали, криогенные стали.

По химическому составу стали делятся на углеродистые^[3] и легированные^[4]; в том числе по содержанию углерода — на низкоуглеродистые (до 0,25 % C), среднеуглеродистые (0,3—0,55 % C) и высокоуглеродистые (0,6—2 % C); легированные стали по содержанию легирующих элементов делятся на низколегированные — до 4 % легирующих элементов, среднелегированные — до 11 % легирующих элементов и высоколегированные — свыше 11 % легирующих элементов.

Стали, в зависимости от способа их получения, содержат разное количество неметаллических включений. Содержание примесей лежит в основе классификации сталей по качеству: обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

По структуре сталь разделяется на аустенитную, ферритную, мартенситную, бейнитную и перлитную. Если в структуре преобладают две и более фаз, то сталь разделяют на двухфазную и многофазную.

- Плотность: 7700—7900 кг/м³,
- Удельный вес: 75500—77500 Н/м³ (7700—7900 кгс/м³ в системе МКГСС),
- Удельная теплоёмкость при 20 °С: 462 Дж/(кг·°С) (110 кал/(кг·°С)),
- Температура плавления: 1450—1520 °С,
- Удельная теплота плавления: 84 кДж/кг (20 ккал/кг, 23 Вт·ч/кг),
- Коэффициент теплопроводности при температуре 100 °С^[5]

Хромоникельвольфрамовая сталь	15,5 Вт/(м·К)
Хромистая сталь	22,4 Вт/(м·К)
Молибденовая сталь	41,9 Вт/(м·К)
Углеродистая сталь (марка 30)	50,2 Вт/(м·К)
Углеродистая сталь (марка 15)	54,4 Вт/(м·К)

Свойства сталей зависят от их состава и структуры, которые формируются присутствием и процентным содержанием следующих составляющих.

Углерод — элемент, с увеличением содержания которого в стали увеличивается её твёрдость и прочность, при этом уменьшается пластичность.

Кремний и марганец (в пределах 0,5 ... 0,7 %) существенного влияния на свойства стали не оказывают. Эти элементы вводятся в большинство углеродистых и низколегированных марок сталей во время операции раскисления (сначала - ферромарганец, затем - ферросилиций, как дешевые раскисляющие ферросплавы).

Сера является вредной примесью, образует с железом химическое соединение FeS (сернистое железо). Сернистое железо в сталях образует с железом эвтектику с температурой плавления 1258 К, которая обуславливает ломкость материала при обработке давлением с подогревом. Указанная эвтектика при термической обработке расплавляется, в результате чего между зернами теряется связь с образованием трещин. Кроме этого, сера уменьшает пластичность и прочность стали, износостойкость и коррозионную стойкость.

Фосфор также является вредной примесью, т. к. придает стали хладноломкость (хрупкость при пониженных температурах)^[7]. Это объясняется тем, что фосфор вызывает сильную внутрикристаллическую ликвацию. Однако существует группа сталей с повышенным содержанием фосфора, так называемые - "автоматные стали", металлоизделия из которых легко поддаются обработке резанием (например, болты, гайки и пр. на револьверных токарных станках-полуавтоматах).

Феррит — железо с объемноцентрированной кристаллической решеткой. Сплавы на его основе обладают мягкой и пластичной микроструктурой.

Цементит — карбид железа, химическое соединение с формулой Fe₃C, наоборот, придает стали твёрдость и хрупкость. При появлении в структуре заэвтектоидной стали свободного цементита (при С более 0,8 %) пропадает четкая связь между содержанием углерода и комплексом механических свойств: твердостью, ударной вязкостью и прочностью.

Перлит — эвтектоидная (мелкодисперсная механическая смесь) смесь двух фаз — феррита и цементита, содержит 1/8 цементита (точнее - согласно правилу "рычага", если пренебречь растворимостью углерода в феррите при комнатной температуре - 0,8/6,67) и поэтому имеет повышенную прочность и твёрдость по сравнению с ферритом. Поэтому доэвтектоидные стали гораздо более пластичны, чем заэвтектоидные.

Стали содержат до 2,14 % углерода. Фундаментом науки о стали как сплава железа с углеродом является диаграмма состояния сплавов железо-углерод — графическое отображение фазового состояния сплавов железа с углеродом в зависимости от их химического состава и температуры. Для улучшения механических и других характеристик сталей применяют легирование. Главная цель легирования подавляющего большинства сталей — повышение прочности за счет растворения легирующих элементов в феррите и аустените, образования карбидов и увеличения прокаливаемости. Кроме того, легирующие элементы могут повышать устойчивость против коррозии, термостойкость, жаропрочность и др. Такие элементы, как хром, марганец, молибден, вольфрам, ванадий, титан образуют карбиды, а никель, кремний, медь, алюминий карбидов не образуют. Кроме того, легирующие элементы уменьшают критическую скорость охлаждения при закалке, что необходимо учитывать при назначении режимов закалки (температуры нагрева и среды для охлаждения). При значительном количестве легирующих элементов может существенно измениться структура, что приводит к образованию новых структурных классов по сравнению с углеродистыми сталями.

Разновидности некоторых сталей

Марки стали	Термообработка	Твёрдость поверхность) (сердцевина-
35	нормализация	163—192 НВ
40	улучшение	192—228 НВ
45	нормализация	179—207 НВ
45	улучшение	235—262 НВ
55	закалка и высокий отпуск	212—248 НВ
60	закалка и высокий отпуск	217—255 НВ
70	закалка и высокий отпуск	229—269 НВ
80	закалка и высокий отпуск	269—302 НВ
У9	отжиг	192 НВ
У9	закалка	50—58 HRC

Марки стали	Термообработка	Твёрдость поверхность) (сердцевина-
У10	отжиг	197 HB
У10	закалка	62—63 HRC
40Х	улучшение	235—262 HB
40Х	улучшение+закалка токами частоты	выс. 45-50 HRC; 269—302 HB
40ХН	улучшение	235—262 HB
40ХН	улучшение+закалка токами частоты	выс. 48-53 HRC; 269—302 HB
35ХМ	улучшение	235—262 HB
35ХМ	улучшение+закалка токами частоты	выс. 48-53 HRC; 269—302 HB

Контрольные вопросы:

1. Марки стали
2. Отпуск закаленных изделий.
3. Феррит
4. Цементит
5. Перлит

Практическая работа №6

Тема:Классификация, маркировка и области применения цветных металлов и сплавов.

Цель: приобрести навык в работе со справочной литературой по выбору сплава цветных металлов в зависимости от условий их работы.

Задание: Согласно задания своего варианта :1)изучить условия заботы заданной детали и требования, предъявляемые к ней; 2)выбрать сплав цветных металлов для изготовления заданной детали, изучить ее химический состав и механические свойства; 3)дать обоснование выбора сплава для заданной детали; 4)составить отчет о практическом занятии.

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15
11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15
15	15,4,10	30	3,9,14

Методические указания

Практическое занятие 3, как и предыдущие, учит пользоваться справочной литературой, умению самостоятельно разобраться в большом числе сплавов и подборе их для изготовления деталей.

Для изготовления деталей машин и механизмов используют медные, алюминиевые, магниевые и титановые сплавы.

Медные сплавы.

Наиболее применение имеют латуни марок Л62, Л68 – для получения листов, предназначенных для изготовления деталей методом глубокой штамповки;

Л59, ЛС59-1 – для получения катаных и прессованных прутков, из которых изготавливают втулки, гайки, кольца и т. д.

Из специальных латуней благодаря высокой коррозионной стойкости и хорошим механическим свойствам получила широкое применение латунь марки ЛО70-1.

Алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, БрПМц9-2 применяют для изготовления лент, полос, трубок. Бронзы БрАЖН10-4-4Л, БрАЖ9-4Л применяют для фасонного литья. Добавки в бронзу никеля, железа, марганца повышают ее сопротивление коррозии и улучшают механические свойства; например, бронза БрАЖН10-4-4 в результате закалки в воде при температуре 920С и последующего отпуска при температуре 650С имеет НВ 200-250.

Свинцовистая бронза БрС30 обладает высокими антифрикционными свойствами и

применяется для сильно нагруженных подшипников с большими удельными давлениями (например, коронные подшипники турбин).

Алюминиевые сплавы обладают высокими свойствами, небольшим удельным весом и устойчивы против коррозии. Различают две группы алюминиевых сплавов: литейные и деформируемые. Литейные сплавы применяют для изготовления литейных деталей путем отливки в земляные и металлические формы. Деформируемые сплавы применяют для изготовления листов, проволоки, фасонных профилей и производства различных деталей путемковки, штамповки и прессования.

Магниеые сплавы представляют собой сплавы магния с алюминием, марганцем и цинком. Их широко применяют в промышленности - как литейные (МЛ2 – МЛ6), так и деформируемые (МА1 – МА5). Из указанных литейных сплавов наибольшее распространение получил сплав МЛ5, обладающий лучшей жидкотекучестью. Сплав МЛ5 для улучшения механических свойств закаливают (температура нагрева до 415С с последующим охлаждением на воздухе).

Деформируемые магниевые сплавы имеют большую вязкость, пластичность и прочность, чем литейные сплавы, и применяются для изготовления кованных и штампованных деталей. Для улучшения свойств магниевых сплавов в них вводят в небольших количествах бериллий, титан и другие элементы и подвергают термической обработке.

При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.

Задачи по выбору марки сплавов цветных металлов для конкретных деталей в зависимости от условий их работы

1. Детали арматуры турбин и котлов гидронасосов работают во влажной атмосфере и изготавливают массовыми партиями литьем, имеют сложную форму и высокую точность размеров.

Подберите применяемый для этой цели цветной сплав и сталь для изготовления форм.

2. Трубки в паросиловых установках должны быть стойки против коррозии.

Подберите марку сплава на медной основе, пригодную для изготовления трубок, не содержащего дорогих элементов. Укажите способ изготовления трубок и сравните механические свойства выбранного сплава с механическими свойствами стали, стойкости против коррозии в тех же условиях.

3. Необходимо изготовить зубчатые колеса из сплавов, стойкого против действия воды и пара и обладающего небольшим коэффициентом трения. Предел прочности не ниже 340 МПа.

Объясните, почему в таких случаях не применяют нержавеющей сталь, стойкую против коррозии в условиях воды и пара. Укажите цветной сплав, пригодный для изготовления подобных зубчатых колес.

4. Детали самолетов: педали, рычаги, стойки педалей и т.п. изготавливают из сплава с хорошими литейными свойствами, обладающего, кроме того, хорошей обрабатываемостью резанием. Предел прочности сплава должен быть не ниже 220 МПа.

Рекомендуйте состав сплава, укажите механические свойства его в готовом изделии и сопоставьте его свойства с аналогичными свойствами стали.

5. Вкладыши коренных и шатунных подшипников двигателей внутреннего сгорания изготавливают из сплавов, обладающих высокими антифрикционными свойствами.

Подберите состав сплава, укажите причины хорошей их работы в условиях износа и назовите сплавы, применяемые для заливки подшипников.

6. Бесшовные трубы опреснительных установок, подающие морскую воду, нагретую до 80-120С, целесообразно для повышения их долговечности изготавливать из сплава со

значительно большей стойкостью против коррозии в этих условиях, чем у нержавеющей стали 12Х18Н0Т.

7. Сварные бензиновые и масляные баки, от материала которых не требуется высоких механических свойств, изготавливают в авиапромышленности из легких листов сплавов, обладающих повышенной стойкостью против коррозии, пластичностью и хорошей свариваемостью.

Подберите сплав, пригодный для данного назначения, и для сравнения приведите марку стали, стойкой против коррозии в указанных средах.

8. Червяк редуктора для уменьшения коэффициента трения часто изготавливают из стали, а венец колес - из сплава на медной основе.

Подберите марку и состав сплава для венца, колеса, обладающего высокими антифрикционными свойствами. Укажите для сравнения сталь для изготовления червяка редуктора диаметром 30 мм.

9. Выберите состав цветного сплава, обладающего высокой пластичностью, для изготовления деталей из листа способом глубокой вытяжки.

Укажите назначение термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки для повышения пластичности, и приведите для сравнения сталь с аналогичными свойствами.

10. Выберите латунь для изготовления на станках – автоматах винтов, болтов и гаек, которая позволяет получить чистую поверхность и высокую производительность.

Сравните механические свойства выбранного сплава с аналогичными характеристиками латуни высокой вязкости и пластичности.

11. Выберите цветной сплав для изготовления резервуаров, используемых в пищевой промышленности. При необходимости назначьте режимы термической обработки, укажите механические свойства и химический состав сплава.

12. Выберите сплав для цветных металлов для изготовления седла клапанов двигателей. Выбранный сплав должен сохранять свои механические свойства при повышенных температурах (400/500С). Приведите для сравнения сталь с аналогичными свойствами.

13. Выберите марку стали для изготовления валов редуктора станка-качалки и укажите режим Т.О. и твердость готового вала. Предел текучести валов должен быть не ниже 540МПа. Приведите состав и марку стали, учитывая необходимость предотвращения деформации вала.

14. Выберите цветной сплав для изготовления шестерни зубчатой передачи, работающей в агрессивной среде. Сравните механические свойства выбранного сплава с аналогичными характеристиками конструктивной стали высокой коррозионной стойкости.

15. Выберите цветной сплав для изготовления теплообменников, работающих в азотной кислоте. Сравните механические свойства выбранного сплава с аналогичными характеристиками нержавеющей стали.

Пример решения типовой задачи по выбору марки цветного сплава

З а д а ч а. Выберите марку цветного сплава для изготовления ряда деталей самолета. Укажите состав и характеристики механических свойств сплава после термической обработки. Опишите способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения.

Решение.

Сплав Д16 $\sigma_{0.2}=400\text{МПа}$, $\sigma_{\text{в}}=540\text{МПа}$, $\delta=11\%$.

Сплавы Д16. В конструкциях средней и повышенной прочности, требующих повышенной долговечности при переменных нагрузках; в строительных конструкциях, не требующих

высокой коррозионной стойкости, для изготовления ферм, а также для различных высоконагружаемых деталей и элементов-конструкций, за исключением штамповок и поковок. Ставится в конструкциях, работающих при температуре до 250° С.

Сплав Д16 - наиболее распространенный сплав. Относится к системе А1 - Cu - Mg - Mn . Он интенсивно упрочняется термической обработкой. Сплав хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии. Горячая деформация возможна в широком интервале температур от 350 0 до 450 ° С. Деформации при комнатной температуре сплав может подвергаться как в отожженном, так и в закаленном состоянии. Механические свойства полуфабрикатов после закалки и естественного старения в значительной мере зависят от условий предварительной обработки. Сплав Д16 удовлетворительно сваривается.

Сплав Д16 обладает более высокими пластическими характеристиками и жаропрочностью. При сварке термически упрочняемых сплавов сварной шов и околошовная зона значительно ослабляются, отчего снижается коррозионная стойкость. Поэтому сплавы этой группы относятся к несвариваемым. Сборку конструкций из этих сплавов осуществляют при помощи заклепочных и реже - болтовых соединений. Для производства профилей, применяемых при изготовлении тяжелонагруженных конструкций используют сплав Д16.

Сплав Д16 в качестве ковочного не используют, но выпускают в широком ассортименте в виде прессованных и катаных изделий.

Д16 изготавливают детали растянутой зоны крыльев и обшивку фюзеляжей, для обшивки гермокабин.

Обшивку самолетов производят из сплава Д16 искусственно состаренного для увеличения коррозионной стойкости.

Упрочнение дуралюминов Д16 при термической обработке достигается в результате образования зон Гинье-Перстона сложного состава или упрочняющих фаз CuAl_2 , Al_2CuMg . Именно поэтому медь и магний в дуралюминах является главными легирующими компонентами, определяющими природу сплава.

Контрольные вопросы

1. Медные сплавы, Перечислить, дать определение.
2. Сплавы алюминия, свойства, применение.
3. Титан и его сплавы.
4. Деформируемые и литейные магниевые сплавы. Назначение, свойства.
5. Расшифровать марки сплавов:
БрАЖМц 10-3-1,5

Л63

АЛ4

ВТ9

Д1

Приложение.

Марка стали	Назначение
ВСт3сп	Несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат- для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных

	нагрузках.
ВСт5пс	Детали клепаных конструкций, болты, гайки, ручки, тяги, втулки, ходовые валики, клинья, цапфы, рычаги, упоры, штыри, пальцы, стержни, звездочки, трубчатые решетки, фланцы и др. детали, работающие в интервале температур от 0 до +425С; поковки сечением до 800 мм.
Сталь10	Детали, работающие при температурах от -40 до 450С, к которым предъявляются требования высокой пластичности, после химико-термической обработки – детали с высокой поверхностной твердостью при невысокой прочности сердцевины.
Сталь 35	Детали невысокой прочности, испытывающие небольшие напряжения: оси, цилиндры, коленчатые валы, шатуны, шпиндели, звездочки, тяги, ободы, траверсы, бандажи, диски и другие детали.
Сталь 45	Вал-шестерни, коленчатые и распределительные валы, шестерни, шпиндели, бандажи, цилиндры, кулачки и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.
Сталь 60	Цельнокатанные колеса вагонов, валки рабочие листовых станов для горячей прокатки металлов, шпиндели, бандажи, диски сцепления, пружинные кольца амортизаторов, замочные шайбы, регулированные шайбы, регулировочные прокладки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и износостойкости.
A20	Мелкие детали машин и приборов, малонагруженные детали сложной конфигурации, к которым предъявляются требования высокой точности размеров и качества поверхности, после цементации и цианирования – малонагруженные детали, к которым предъявляются требования износостойкости и повышенного качества поверхности.
A40Г	Детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, и детали, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях: оси, валики, втулки, кольца, шестерни, пальцы, винты, болты, гайки, ходовые винты.
15Х	Втулки, пальцы, шестерни, валики, толкатели и другие цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины, детали, работающие в условиях износа при трении.
40Х	Оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, зубчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.

15XCHД	Элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до 450С.
20ХН	Шестерни, втулки, пальцы, детали крепежа и другие детали, от которых требуется повышенная вязкость и умеренная прокаливаемость.
30ХГС	Различные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, тормозные ленты моторов, фланцы, корпуса обшивки, лопатки компрессорных машин, рычаги, толкатели, ответственные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках, крепежные детали.
45ХН2МФА	Торсионные валы, коробки передач и другие нагруженные детали, работающие повторно- переменных нагрузках и испытывающие динамические нагрузки.
25ХГТ	Нагруженные зубчатые колеса и другие детали, твердость которых более HRC 59
38ХГН	Детали экскаваторов, крепеж, валы, оси, зубчатые колеса, серьги и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности.
ШХ15	Шарики диаметром до 250 мм, ролики диаметром до 23 мм, кольца подшипников с толщиной стенки до 14 мм , втулки плунжеров, плунжеры, нагнетательные клапаны, корпуса распылителей, ролики толкателей и другие детали, от которых требуется высокая твердость, износостойкость и контактная прочность.
ШХ15СГ	Крупногабаритные кольца шарико- и роликоподшипников со стенками толщиной более 20-30 мм; шарики диаметром более 50 мм; ролики диаметром более 35 мм.
60Г	Плоские и круглые пружины, рессоры, пружинные кольца и другие детали пружинного типа, от которых требуются высокие упругие свойства и износостойкость; бандажы, тормозные барабаны и ленты, скобы, втулки и другие детали общего и тяжелого машиностроения.
50ХФА	Тяжелонагруженные ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой усталостной прочности, пружины, работающие при температурах до 300С и другие детали.
70С3А	Тяжелонагруженные пружины ответственного назначения.
У7А,У7	Инструмент, который работает в условиях, не вызывающих разогрева рабочей кромки: зубила, долота, бородки, молотки, лезвия ножниц для резки металла, топоры, колуны, стамески, плоскогубцы комбинированные, кувалды.
У10,У10А	Инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, рашпили, надфили, пилы для обработки древесины, матрицы для холодной штамповки, гладкие калибры, топоры.

У12,У12А	Режущие инструменты, работающие в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, метчики машинные мелкоразмерные, плашки для круп, развертки мелкоразмерные, надфили, измерительный инструмент простой формы: гладкие калибры, скобы.
9ХС	Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампели, клейма для холодных работ. Ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактном нагружении, а также упругими свойствами.
Х12МФ	Профилировочные ролики сложных форм, секции кузовных штампов сложных форм, сложные дыропрошивные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волокни, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповки активной части электрических машин.
6ХВГ	Пуансоны сложной формы для холодной прошивки преимущественно фигурных отверстий в листовом и полосовом материале, небольшие штампы для горячей штамповки, главным образом, когда требуется минимальное изменение размеров при закалке.
Р6М5К5	Для обработки высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного разогрева режущей кромки.
Р9	Для изготовления инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов.
Р18	Резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, венкеры, метчики, протяжки для обработки конструкционных сталей с прочностью до 1000 МПа, от которых требуется сохранение режущих свойств при нагревании во время работы до 600С.
Р9М4К8	Для обработки высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного разогрева режущей кромки: зуборезный инструмент, фрезы, фасонные резцы, зенкеры, метчики.
12Х17	Крепежные детали, валики, втулки и другие детали аппаратов и сосудов, работающих в разбавленных растворах азотной, уксусной, лимонной кислоты, в растворах солей, обладающих окислительными свойствами. Сталь коррозионно-стойкая и жаропрочная до 850С ферритного класса.
08Х17Т	Изделия, работающие в окислительных средах, а также в атмосферных условиях, кроме морской атмосферы, в которой возможна точечная коррозия. Теплообменники, трубы. Сварные конструкции, не подвергающиеся действию ударных нагрузок и работающие при температуре не ниже -20С. Сталь жаростойкая, коррозионно-стойкая ферритного класса.

25X13H2	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, предметы домашнего обихода), а также изделия, подвергающиеся действию слабоагрессированных сред (атмосферные осадки, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре и др.). Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.
10X23H18	Листовые стали, трубы, арматура (при пониженных нагрузках), работающие при 1000 °С. Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.

Химический состав углеродистых конструкционных сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	P	S	Cr	Cu	As
				не более				
ВСт3сп	0,14-0,2	0,4-0,65	0,12-0,3	0,04	0,05	0,3	0,3	0,08
ВСт5пс	0,28-0,37	0,5-0,8	0,05-0,17	0,04	0,05	0,3	0,3	0,08
Сталь10	0,07-0,14	0,35-0,65	0,17-0,37	0,035	0,04	0,15	0,25	0,08
Сталь 35	0,32-0,40	0,5-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08
Сталь 45	0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08
Сталь 60	0,57-0,65	0,5-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08
A20	0,17-0,24	0,7-1,0	0,15-0,35	0,06	0,08-0,15	-	-	-
A40Г	0,37-0,45	1,2-1,55	0,15-0,35	0,05	0,18-0,3	-	-	-

Химический состав конструкционных легированных сталей, %

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	S	P	Ni	Cu
								Не более			
15X	0,12-0,18	0,17-0,37	0,4-0,7	0,7-1,0	-	-	-	0,035	0,035	0,3	0,3
40X	0,36-	0,17-	0,5-	0,8-	-	-	-	0,035	0,035	0,3	0,3

	0,44	0,37	0,80	1,1							
15XCHД	0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,6-0,9	-	-	-	0,035	0,04	0,008	-
20XH	0,17-0,23	0,17-0,37	0,4-0,70	0,45-0,75	-	-	-	0,035	0,035	1,0-1,4	0,3
30XГC	0,28-0,35	0,9-1,2	0,8-1,1	0,8-1,1	-	-	-	0,035	0,035	0,3	0,3
45XH2MΦA	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,80	0,8-1,1	0,2-0,3	0,1-0,18	-	0,025	0,025	-	0,3
25XГT	0,22-0,29	0,17-0,37	0,8-1,1	1,0-1,3	-	-	0,03-0,09	0,035	0,035	0,3	0,3
38XГH	0,35-0,43	0,17-0,37	0,8-1,1	0,5-0,8	-	-	-	0,035	0,035	0,7-1,0	0,3
ШX15	0,95-1,05	0,17-0,37	0,2-0,4	1,3-1,65	-	-	-	0,02	0,02	0,3	0,25
ШX15CГ	0,95-1,05	0,4-0,65	0,9-1,2	1,3-1,65	-	-	-	0,02	0,027	0,3	0,25
60Г	0,57-0,65	0,17-0,37	0,7-1,0	0,25	-	-	-	0,035	0,035	0,25	0,20
50XΦA	0,46-0,54	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	-	0,1-0,20	-	0,025	0,025	0,25	0,2
70C3A	0,66-0,74	2,4-2,8	0,6-0,9	0,3	-	-	-	0,025	0,025	0,25	0,2

Химический состав углеродистых инструментальных сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
				Не более				
У7А	0,66-0,73	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,2	0,2	0,2
У7	0,66-0,73	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,03	0,2	0,25	0,25
У10	0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,03	0,2	0,25	0,25
У10А	0,96-1,03	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,2	0,2	0,2
У12	1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,03	0,2	0,25	0,25
У12А	1,16-1,23	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,2	0,2	0,2

Химический состав легированных инструментальных сталей, %

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	S	P	Ni	Cu
								Не более			
9ХС	0,85-0,95	1,2-1,6	0,3-0,60	0,95-1,25	0,2	0,15	0,2	0,03	0,03	0,35	0,3
X12МФ	1,45-1,65	0,1-0,4	0,15-0,45	11,0-12,5	-	0,15-0,3	0,4-0,6	0,03	0,03	0,35	0,3
6ХВГ	0,55-0,7	0,15-0,35	0,9-1,2	0,5-0,8	0,5-0,8	-	0,3	0,03	0,03	0,35	0,3
P6M5K5	0,84-0,92	0,5	0,5	3,8-4,3	5,7-6,7	1,7-2,10	4,8-5,3	0,03	0,03	0,4	-
P9	0,85-0,95	0,5	0,5	3,8-4,4	8,5-9,5	2,3-2,7	1,0	0,03	0,03	0,4	-
P18	0,73-0,83	0,5	0,5	3,8-4,4	17,0-18,5	1,0-1,4	1,0	0,03	0,03	0,4	-
P9M4K8	1,0-1,1	0,5	0,5	3,0-3,6	8,5-9,5	2,3-2,7	3,8-4,3	0,03	0,03	0,4	-

Химический состав коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей.

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
					Не более				
12X17	0,12	0,8	0,8	16,0-18,0	0,025	0,035	0,2	0,3	0,6
08X17T	0,08	0,8	0,8	16,0-18,0	0,025	0,035	0,8	0,3	0,6
25X13H2	0,2-0,3	0,5	0,8-1,2	12,0-14,0	0,15-0,25	0,08-0,15	0,2	0,3	1,5-2,0
10X23H18	0,1	1,0	2,0	22,0-25,0	0,02	0,035	0,2	0,3	17,0-20,0

Ориентировочные режимы термической обработки и механические свойства легированных конструкционных сталей

Марка стали	Температура Нагрева под Закалку, С	Температура Отпуска, С	Механические свойства		
			твёрдость	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
30X	825-870	540-580	HB207-229		
40X	825-860	300-400		730-780	14-18
		400-500	HRC 52-45	-	-
		500-600	HRC 45-36	-	-
45X	820-850	500-580		-	-
		600-650	HRC 36-30	980	9
40XФА	840-880	450-400		830	10
		620-680	HB280-300	1070	8
40XГ	840-880	550-600		880	10
40XГТ	850-880	500-520	HB230-280	980	10
30XГТ	860-890	460-520		1070	12
		560-600	HRC 35-40	1080-1420	-
35XГС	860-880	640-600		980-1070	-
30XM	860-890	640-660	HB 255	740	16
		540-560	HB272-300	1170-1270	-
40XH	800-840	550-600		880-1070	-
30XH3A	810-840	530	-	830-930	14-16
37XH3A	810-840	200-220	HRC 45-52	1560	9
40XHMA	840-850	525-575	HB321-387	1070	10
		200-330		1610	9
		610	HRC 48-53	1070	12
			HB 302		

Ориентировочные режимы термической обработки быстрорежущей стали.

Марка стали	Отжиг		Закалка	Отпуск			
	Температура	Твёрдость,	Температура	Охлажд.	HRC	Температура	HRC

	нагрева	НВ	нагрева	среда		нагрева	
P9	850-870	210-255	1225-1240	Масло и воздух	60-61	560	62
P9M	850-870	210-255	1225-1240	-//-	60-61	560	62
P18	850-870	210-255	1270-1285	-//-	60-62	560	62
P18M	850-870	210-255	1270-1285	-//-	60-62	560	62

Практическая работа №7

Тема 7. Современные способы получения металлов и сплавов

Цель работы: Изучить современные способы получения металлов и сплавов.

Теоретическая часть

Пирометаллургия – совокупность процессов получения и очистки металлов и сплавов, протекающих при высоких температурах. Пирометаллургия – основная и древнейшая область металлургии. В современной классификации пирометаллургия противопоставляется гидрометаллургии – совокупности так называемых мокрых процессов получения металлов, осуществляемых при невысоких температурах. Примерами пирометаллургических процессов могут служить доменная плавка, мартеновская плавка, плавка в конвертерах, дуговых и индукционных печах. Почти 100% мирового производства чугуна, стали, свинца, около 95% меди, свыше 60% цинка получают методами пирометаллургии.

Гидрометаллургия – извлечение металлов из руд, концентратов и отходов различных производств при помощи водных растворов химических реагентов с последующим выделением металлов из этих растворов. Основные операции гидрометаллургии: механическая обработка руды (дробление, измельчение, классификация, сгущение); изменение химического состава руды или концентрата (обжиг, спекание, разложение химическими реагентами); выщелачивание; обезвоживание и промывка; осветление растворов и удаление вредных примесей; осаждение металлов или их соединений из растворов; переработка осадков. Гидрометаллургические методы широко используются при производстве меди, никеля, кобальта, платины и других цветных металлов.

Электрометаллургия – область металлургической науки и техники, охватывающая извлечение металлов из руд и концентратов, плавку и рафинирование металлов и сплавов, а также их нагрев и придание им соответствующей структуры при помощи электрического тока. Электрометаллургия делится на две области: в первой применяются электротермические методы, т.е. используется тепловой эффект электрических явлений; во второй – электрохимические методы, а именно электролиз как при обычных (электролиз водных растворов), так и при высоких (электролиз расплавленных солей) температурах. В чёрной металлургии применяют преимущественно электротермические методы, а в цветной – электротермические и электрохимические. Широкое распространение получили рафинирующие переплавы (так называемая спецэлектрометаллургия). Электрометаллургические методы широко используются при производстве алюминия, магния и других цветных металлов, образующих прочные окислы.

Побочные продукты, получающиеся при производстве черных и, особенно, цветных металлов, могут содержать большое количество ценных элементов и используются, например, для получения всех металлов платиновой группы, золота, серебра, редкоземельных элементов и т.п. Из газообразных продуктов доменных печей извлекают цинк, селен и др. ценные элементы. Сера, получающаяся при производстве ряда цветных металлов, идет на производство серной кислоты. Шлак, образующийся в больших количествах при реализации пирометаллургических процессов, применяется при изготовлении стройматериалов (шлакобетон, шлаковата, шлакоблоки и т.п.).

Производство чугуна и стали. Чугун выплавляют в доменных печах за счет разделения смеси железной руды, кокса и шлакообразующих на три фазы: газообразную и две жидких – шлак и чугун. Благодаря различию в плотности шлак концентрируется в средней части печи, а чугун – в нижней. Важнейшими химическими реакциями, идущими в доменной печи являются окисление углерода, восстановление железа, марганца, кремния и др. металлов из оксидов, восстановление фосфора и частичный перевод его в шлак, разложение сульфидов и частичное удаление серы в виде газов H_2S и SO_2 . Чугун, направляемый на производство стали, называют «передельным». Передельный чугун в жидком виде транспортируют в сталеплавильный цех.

Контрольные вопросы

1. Пирометаллургия
2. Гидрометаллургия
3. Электрометаллургия
4. Производство чугуна и стали

Практическая работа № 8

Тема: Способы защиты металлов от коррозии.

Цель: Изучить противокоррозийную защиту металлов и сплавов

Теоретическая часть

Основным условием противокоррозийной защиты металлов и сплавов является уменьшение скорости коррозии. Уменьшить скорость коррозии можно, используя различные методы защиты металлических конструкций от коррозии. Основными из них являются:

- 1 Защитные покрытия.
- 2 Обработка коррозионной среды с целью снижения коррозионной активности (в особенности при постоянных объемах коррозионных сред).
- 3 Электрохимическая защита.
- 4 Разработка и производство новых конструкционных материалов повышенной коррозионной устойчивости.
- 5 Переход в ряде конструкций от металлических к химически стойким материалам (пластические высокомолекулярные материалы, стекло, керамика и др.).
- 6 Рациональное конструирование и эксплуатация металлических сооружений и деталей.

Защитные покрытия

Защитное покрытие должно быть сплошным, равномерно распределенным по всей поверхности, непроницаемым для окружающей среды, иметь высокую адгезию (прочность сцепления) к металлу, быть твердым и износостойким. Коэффициент

теплового расширения должен быть близким к коэффициенту теплового расширения металла защищаемого изделия.

Металлические покрытия

Нанесение защитных металлических покрытий – один из самых распространенных методов борьбы с коррозией. Эти покрытия не только защищают от коррозии, но и придают их поверхности ряд ценных физико-механических свойств: твердость, износоустойчивость, электропроводность, паяемость, отражательную способность, обеспечивают изделиям декоративную отделку и т.д.

По способу защитного действия металлические покрытия делят на катодные и анодные.

Катодные покрытия имеют более положительный, а анодные - более электроотрицательный электродные потенциалы по сравнению с потенциалом металла, на который они нанесены. Так, например, медь, никель, серебро, золото, осажденные на сталь, являются катодными покрытиями, а цинк и кадмий по отношению к этой же стали – анодными покрытиями.

Необходимо отметить, что вид покрытия зависит не только от природы металлов, но и от состава коррозионной среды. Олово по отношению к железу в растворах неорганических кислот и солей играет роль катодного покрытия, а в ряде органических кислот (пищевых консервах) служит анодом. В обычных условиях катодные покрытия защищают металл изделия механически, изолируя его от окружающей среды. Основное требование к катодным покрытиям – беспористость. В противном случае при погружении изделия в электролит или при конденсации на его поверхности тонкой пленки влаги обнаженные (в порах или трещинах) участки основного металла становятся анодами, а поверхность покрытия катодом. В местах несплошностей начнется коррозия основного металла, которая может распространяться под покрытие (рис. 44 а).

Анодные покрытия защищают металл изделия не только механически, но главным образом электрохимически. В образовавшемся гальваническом элементе металл покрытия становится анодом и подвергается коррозии, а обнаженные (в порах) участки основного металла выполняют роль катодов и не разрушаются, пока сохраняется электрический контакт покрытия с защищаемым металлом и через систему проходит достаточный ток (рис.4 б). Поэтому степень пористости анодных покрытий в отличие от катодных не играет существенной роли.

В отдельных случаях электрохимическая защита может иметь место при нанесении катодных покрытий. Это происходит, если металл покрытия по отношению к изделию является эффективным катодом, а основной металл склонен к пассивации. Возникающая анодная поляризация пассивирует незащищенные (в порах) участки основного металла и затрудняет их разрушение. Такой вид анодной электрохимической защиты проявляется для медных покрытий на сталях 12Х13 и 12Х18Н9Т в растворах серной кислоты.

Основной метод нанесения защитных металлических покрытий – гальванический. Применяют также термодиффузионный и механотермический методы, металлизацию распылением и погружением в расплав. Разберем каждый из методов более подробно.

Гальванические покрытия.

Гальванический метод осаждения защитных металлических покрытий получил очень широкое распространение в промышленности. По сравнению с другими способами нанесения металлопокрытий он имеет ряд серьезных преимуществ: высокую экономичность (защита металла от коррозии достигается весьма тонкими покрытиями), возможность получения покрытий одного и того же металла с различными

механическими свойствами, легкую управляемость процесса (регулирование толщины и свойств металлических осадков путем изменения состава электролита и режима электролиза), возможность получения сплавов разнообразного состава без применения высоких температур, хорошее сцепление с основным металлом и др.

Недостаток гальванического метода – неравномерность толщины покрытия на изделиях сложного профиля.

Электрохимическое осаждение металлов проводят в гальванической ванне постоянного тока (рис 45). Покрываемое металлом изделие навешивают на катод. В качестве анодов используют пластины из осаждаемого металла (растворимые аноды) или из материала, нерастворимого в электролите (нерастворимые аноды).

Обязательный компонент электролита – ион металла, осаждающийся на катоде. В состав электролита могут также входить вещества, повышающие его электропроводность, регулирующие протекание анодного процесса, обеспечивающие постоянство pH, поверхностно-активные вещества, повышающие поляризацию катодного процесса, блескообразующие и выравнивающие добавки и др.

В зависимости от того, в каком виде ион разряжающегося металла находится в растворе, все электролиты делятся на комплексные и простые. Разряд комплексных ионов на катоде происходит при более высоком перенапряжении, чем разряд простых ионов. Поэтому осадки, полученные из комплексных электролитов, более мелкозернисты и равномерны по толщине. Однако у этих электролитов ниже выход металла по току и более низкие рабочие плотности тока, т.е. по производительности они уступают простым электролитам, в которых ион металла находится в виде простых гидратированных ионов.

Распределение тока по поверхности изделия в гальванической ванне никогда не бывает равномерным. Это приводит к разной скорости осаждения, а следовательно, и толщине покрытия на отдельных участках катода. Особенно сильный разброс по толщине наблюдается на изделиях сложного профиля, что отрицательно сказывается на защитных свойствах покрытия. Равномерность толщины осаждаемого покрытия улучшается с увеличением электропроводности электролита, ростом поляризации с ростом плотности тока, уменьшением выхода металла по току при повышении плотности тока, увеличении расстояния между катодом и анодом.

Способность гальванической ванны давать равномерные по толщине покрытия на рельефной поверхности называется рассеивающей способностью. Наибольшей рассеивающей способностью обладают комплексные электролиты.

Для защиты изделий от коррозии используют гальваническое осаждение многих металлов: цинка, кадмия, никеля, хрома, олова, свинца, золота, серебра и др. Применяют также электролитические сплавы, например Cu – Zn, Cu – Sn, Sn – Bi и многослойные покрытия.

Наиболее эффективно (электрохимически и механически) защищают черные металлы от коррозии анодные покрытия цинком и кадмием.

Цинковые покрытия применяются для защиты от коррозии деталей машин, трубопроводов, стальных листов. Цинк – дешевый и доступный металл. Он защищает основное изделие механическим и электрохимическим способами, так как при наличии пор или оголенных мест происходит разрушение цинка, а стальная основа не корродирует.

Покрытия из цинка занимают доминирующее положение. С помощью цинка защищают от коррозии примерно 20 % всех стальных деталей, и около 50% производимого в мире цинка расходуется на гальванические покрытия.

В последние годы получили развитие работы по созданию защитных гальванических покрытий из сплавов на основе цинка: Zn – Ni (8 – 12% Ni), Zn – Fe, Zn – Co (0,6 – 0,8% Co). При этом удается повысить коррозионную стойкость покрытия в 2-3 раза.

Цинкование проводят в кислых, цианидных и цинкатных электролитах. Осаждение цинка происходит с высоким выходом по току. Цинковые покрытия отличаются высокой степенью чистоты, химической стойкостью и хорошими механическими свойствами.

Применение цианидных электролитов обеспечивает получение более мелкозернистых покрытий. Их используют для обработки деталей сложной формы. Однако эти электролиты экологически опасны. В некоторых случаях цианидные электролиты заменяют на щелочные цинкатные.

Все большее распространение получают цинковые комбинированные электрохимические покрытия (КЭП). Из сульфатного электролита получают КЭП с включениями корунда до 0,4 – 0,5 масс. %. Из цинкатного электролита с порошком карбонильного никеля получают КЭП с содержанием никеля 6 – 12 масс. %. На основе цинка получают также покрытия с частицами полимеров – капрона и полиамида, содержание которых в КЭП 0,9 – 3,1 масс. %. Эти покрытия в 1,5 раза более стойки к воздействию кислот, чем чистые цинковые покрытия.

Кадмий имеет более близкий потенциал к железу, чем цинк. Характер защиты кадмием зависит от коррозионной среды. Во влажной атмосфере в присутствии хлор-ионов потенциал кадмия становится электроотрицательнее потенциала железа, и кадмий электрохимически защищает металл от коррозии.

Необходимо учитывать высокую токсичность и дефицитность кадмия. Поэтому его применяют только для защиты особо важных деталей.

Для цинкования и кадмирования предложены электролиты, в которых металлы находятся в виде простых солей или в виде комплексных соединений. Наибольшее применение получили сульфатные электролиты. Их состав, г/л:

Цинкование	Кадмирование
Zn SO ₄ – 200 – 250	Cd SO ₄ – 40 – 60
Na ₂ SO ₄ – 50 – 100	(NH ₄) ₂ SO ₄ – 240 – 250
Al ₂ (SO ₄) ₃ – 20 – 30	Препарат ОС-20 – 0,7 – 1,2
Декстрин – 8 – 10	Диспергатор НФ – 50 – 100
pH = 3,5 □ 4,5	Уротропин – 15 – 20

Катодная плотность тока для цинкования 100 – 400 А/м². Температура электролита для обоих процессов – 15 – 30 °С.

Очень распространены никелевые покрытия. Их широко применяют для защиты изделий от коррозии и для декоративной отделки в машиностроении, приборостроении, автомобилестроительной, медицинской, электронной промышленности, при изготовлении предметов бытового потребления. Никелевые покрытия весьма стойки в атмосфере, растворах щелочей и некоторых органических кислот, что обусловлено сильно выраженной способностью никеля к пассивации в этих средах.

Никель в паре с железом является катодом, так как имеет более электроположительный потенциал, чем железо. Никель может защищать сталь только механическим путем, следовательно, покрытие не должно иметь пор и должно иметь большую толщину – 20 – 25 мкм. Существуют несколько разновидностей никелевых покрытий.

Никелирование матовое – нанесение на поверхность металлических деталей матового слоя никеля. Основным компонентом электролитов для получения матовых осадков никеля является сульфат никеля. В раствор вводят также сульфат натрия или магния для получения пластичных и полируемых покрытий, а также борную кислоту для поддержания устойчивого значения pH.

Блестящее никелирование используют для защитно-декоративной отделки поверхности. Блестящий никель можно наносить на детали со сложным профилем, он обладает пониженной коррозионной стойкостью по сравнению с матовыми покрытиями.

Никелирование черное – электролитическое нанесение на поверхность металлических изделий слоя никеля черного цвета. Такое покрытие используют как с защитно-декоративной целью, так и для уменьшения коэффициента отражения света. Оно нашло применение в оптической промышленности и в некоторых отраслях машиностроения. У черного никеля низкие показатели коррозионной стойкости, пластичности и прочности сцепления с поверхностью. Поэтому применяют предварительное оловянирование или осаждение матового никеля. Если применить предварительное цинкование, а затем осадить черный никель, то покрытия приобретают такую же коррозионную стойкость, как если бы они были покрыты только цинком. Часто черный никель наносят на изделия из меди или латуни.

Применяют также химический способ нанесения никеля на поверхность металлических изделий. Химически восстановленный никель отличается повышенной коррозионной стойкостью и твердостью. Он позволяет получать равномерные по толщине осадки, отличающиеся высокими декоративными свойствами и малой пористостью.

Усовершенствование процессов никелирования идет по пути создания новых электролитов и сплавов на основе никеля. Разработаны новые метансульфоновые растворы, из которых получают пластичные никелевые покрытия с низкими внутренними напряжениями.

Многослойные в два-три слоя никелевые покрытия обладают большей коррозионной стойкостью, чем однослойные. Первый слой никеля осаждают из простого никелевого электролита, а 2-й слой из электролита, содержащего серу, в составе органических добавок. Потенциал никеля, содержащего серу имеет более отрицательное значение, чем потенциал никеля без включений серы. Поэтому второй слой электрохимически защищает от коррозии первый слой никеля. Таким образом обеспечивается более высокая защита основного изделия.

Используют также двухслойное покрытие, называемое «сил-никель». Оно состоит из первого блестящего слоя никеля. Второй слой получают из электролита, содержащего в виде суспензии каолин. В ходе электролиза каолин осаждается вместе с никелем и включается в осадок.

Покрытия из сплавов Ni – W используются при изготовлении пуансонов штампов для производства телевизионных трубок. Совершенствуются процессы соосаждения Ni с фторопластом и MoS₂. Введение в матрицу покрытия алмазных и других неметаллических составляющих позволяет существенно повысить твердость и износостойкость никелевых покрытий.

Использование многослойных никелевых покрытий обеспечивает значительную экономию никеля и повышает их эксплуатационные свойства.

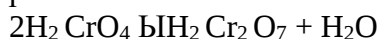
Хромовые покрытия широко применяют для защиты от коррозии и механического износа различных машин и аппаратов.

Хромовые покрытия бывают защитно-декоративные и функциональные. Хром по отношению к стали является катодом, и при их контакте разрушаться будет сталь. Поэтому хромовые покрытия на стали должны быть сплошными и беспористыми.

Стальные изделия могут быть защищены от коррозии в атмосферных условиях однослойным хромовым покрытием толщиной не менее 40 мкм.

Для деталей из меди и медных сплавов осаждают хром по никелевому подслою. Детали из цинковых, алюминиевых, магниевых сплавов покрывают хромом после нанесения многослойного покрытия.

Основными компонентами электролитов для хромирования являются оксид хрома (VI) CrO_3 и серная кислота. В водном растворе соединения Cr (VI) образуют смесь, состоящую из кислот $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и H_2CrO_4 . В растворе эти кислоты находятся в динамическом равновесии:



При электролизе на катоде одновременно происходит восстановление Cr^{+2} до Cr^{+3} и до металлического хрома, а также разряд ионов водорода. Выход по току хрома не превышает 15 – 25%. Хромирование – очень сложный процесс. Хром выделяется на катоде только при очень высоких плотностях тока (1000 – 3000 А/м²). Причем для каждой температуры имеется минимум плотности тока, ниже которого хром не осаждается. Изменяя режим электролиза, можно получить блестящие, матовые (серые) или «молочные» осадки хрома. Блестящие осадки имеют наиболее высокую твердость, хорошее сцепление с основным металлом и наименьшую хрупкость. Матово-серые осадки отличаются высокой хрупкостью. Покрытия «молочным» хромом имеют высокую твердость, пластичность, значительно меньшую пористость и более высокую защитную способность.

Стальные детали приборов и машин, работающих в жестких условиях эксплуатации, покрывают двумя слоями хрома: нижний - молочный и верхний – блестящий. Это обеспечивает хорошую защиту от коррозии и высокую износостойкость при необходимых декоративных качествах.

Хромирование черное применяется для защитно-декоративной отделки деталей, поверхность которых наряду с коррозионной стойкостью должна иметь низкий коэффициент отражения света. По сравнению с другими покрытиями черного цвета черное хромовое покрытие отличается повышенной коррозионной стойкостью. Наносят черный хром по подслою молочного или блестящего хрома или никеля. Черные хромовые покрытия состоят на 75% из металлического хрома и на 25% из оксидов хрома.

Традиционные процессы получения хромовых покрытий из растворов, содержащих соединения Cr (VI), экологически опасны. ПДК для Cr (VI) равно 0,02 мг/л, а для Cr (III) – 0,07 мг/л. В связи с этим отработанные гальваностокки проходят сложную систему очистки. Первоначально соединения Cr(VI) восстанавливают до Cr(III). Если процесс восстановления проводят химическим путем, то применяют гидросульфит натрия – NaHSO_3 . Для полного восстановления соединений Cr (VI) требуется 5-7-кратный избыток гидросульфита и $\text{pH} = 2 - 2,5$. В процессе очистки часть NaHSO_3 разлагается с выделением SO_2 , что приводит к дополнительному загрязнению атмосферы. Заключительная стадия очистки состоит в подщелачивании раствора до $\text{pH} = 8,0-8,5$ и осаждении Cr (OH)₃ вместе с другими примесями в осадок.

С целью улучшения экологической ситуации очень привлекательно выглядит идея получения осадков хрома из электролитов, содержащих соединения Cr (III). На этом пути возникают трудности, связанные с низким pH гидратообразования Cr(OH)₃, инертностью аквакомплексов $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, образованием прочных внутриаорбитальных комплексов и сложной конструкцией электролизера.

Разработанные электролиты на основе соединений Cr(III) не позволяли получить толстые слои. При достижении толщины в несколько микрон выделение хрома прекращается. Введение в раствор слабых лигандов, таких, как муравьиная или малоновая кислоты, а также ряда добавок позволяет получать толстые осадки хрома (до 100-200 мкм). Использование новых электролитов дало возможность проводить осаждение хрома с выходами по току до 25-45 % и скоростью 0,8-1,6 мкм/мин вне зависимости от времени.

В процессе электролиза растворов, содержащих ионы Cr^{3+} , соединения Cr (VI) оказывают вредное влияние. Это требует усложнения конструкции электролизера и разделения диафрагмой или мембраной анодного и катодного пространства, так как шестивалентные ионы хрома (Cr^{6+}) в основном образуются в результате химического взаимодействия с озоном, выделяющимся на аноде. Применение новых оксидных материалов, имеющих высокое перенапряжение для реакции образования соединений Cr (VI), позволило резко снизить выход по току Cr^{6+} и избежать конструктивного усложнения электролизера. Таким образом, открываются перспективы для промышленного освоения новых передовых технологий нанесения защитных хромовых покрытий.

Оловянные покрытия применяют главным образом для защиты от коррозии в растворах органических кислот и солей, содержащихся в пищевых продуктах, а также от атмосферной коррозии в приборостроении, где наряду с защитными свойствами необходимо обеспечить паяемость изделия.

Олово в контакте со сталью является катодом, так как его потенциал имеет более положительное значение по отношению к железу. Однако в среде органических кислот олово образует комплексные соединения, и потенциал его становится более электроотрицательным.

В этих средах олово выступает как анод.

Около 50% добываемого олова расходуется на изготовление белой жести. С целью повышения коррозионной устойчивости производят оплавление оловянных покрытий. Блестящее оловянирование – это нанесение на поверхность металлических изделий блестящего слоя олова. По пористости и коррозионной стойкости они не отличаются от матовых покрытий, но обладают повышенной твердостью.

Для оловянирования применяют кислые и щелочные электролиты. Кислые электролиты просты по составу и работают при комнатной температуре. Они применяются для покрытия деталей простой конфигурации. Состав кислого электролита для покрытия оловом, г/л: Sn SO_4 — 20-25; H_2SO_4 — 50-100; препарат ОС-20 — 2-5. Температура 15-30°C, плотность тока — 100-200 А/м².

Для покрытия оловом сложных деталей применяют щелочной электролит состава, г/л: $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$ — 45-90; $\text{NaOH}_{\text{своб}}$ — 7-17; CH_3COONa — 15. Температура 60-80 °C, плотность тока — 50-200 А/м².

Свинец устойчив в среде серной кислоты и ее соединений. Свинец, как и олово, не может защищать стальные изделия электрохимически. Поэтому применяют свинцовые беспористые покрытия большой толщины (до 300 мкм), которые механически защищают детали из черных металлов в средах, содержащих серную и хромовые кислоты и их соли. Необходимо учитывать высокую токсичность свинца.

Для покрытия изделий свинцом в промышленности применяют борфтористоводородные или фенолсульфоновые электролиты. Осадки хорошего качества получают только в присутствии органических добавок. Состав электролитов, г/л:

Борфтористоводородный Фенолсульфоновый

Pb (BF ₄) ₂ — 125-200	Pb(HOC ₆ H ₄ SO ₃) ₂ — 170-180
HBF ₄ — 40-600	HO C ₆ H ₄ SO ₃ H _{своб} — 20-25
Клей столярный — 0,5-1,0	Клей столярный — 0,4-0,5

Электролиз проводят при температуре 15-30 °С и плотности тока 50-200 А/м²

Термодиффузионный метод покрытия

Термодиффузионный метод был разработан в 1938 году Н.А. Изгарышевым и Э.С. Саркисовым и получил практическое применение. Сущность метода состоит в поверхностном насыщении основного металла атомами легирующего компонента в результате диффузии его при высоких температурах. Тем самым удастся значительно снизить расход легирующего металла.

Для создания термодиффузионного покрытия должны существовать следующие необходимые условия:

- возможность образования твердого раствора основного металла с металлом покрытия;
- атомный радиус металла покрытия не должен превышать атомный радиус основного металла, что обеспечивает свободу перемещения атомов вглубь кристаллической решетки.

Термодиффузионные покрытия на железе могут создавать металлы: Cu, Au, Zn, Ti, Al, Si, Cr, Mo и т.д. Из них наибольшее применение в промышленности нашли покрытия:

- алюминием — термоалитирование;
- хромом — термохромирование;
- кремнием — термосилицирование.

Термодиффузионные покрытия рассмотрены ранее (см. часть 1, гл. I, п. 8).

Плакирование — термомеханический способ. Плакирование является наиболее совершенным методом защиты малостойких металлов сплавами или металлами, обладающими повышенной коррозионной стойкостью.

Способ плакирования заключается в том, что на матрицу основного металла накладывают с обеих сторон листы другого металла, затем весь пакет подвергают горячей прокатке. В результате термодиффузии на границе раздела металлов получают прочное многослойное изделие.

Для плакирования применяют металлы и сплавы, обладающие хорошей свариваемостью: углеродистые и кислотостойкие стали, дюралюмины, сплавы меди.

В качестве защитного покрытия для плакирования используют алюминий, тантал, молибден, титан, никель, нержавеющие стали.

Толщина плакирующего слоя колеблется от 3 до 40 % от толщины защищаемого металла. Плакированную сталь можно подвергать всем видам механической обработки, в том числе штамповке и сварке.

Металлургическая промышленность выпускает углеродистую сталь в виде листов марок Ст. 3, 10, 15К, 20К и др., плакированную хромистыми, хромоникелевыми и другими высоколегированными сталями (08Х17Т, 08Х13, 10Х17Н13М2Т, 15Х25Т, 12Х18Н10Т и др.) различной толщины. Известны также сплавы, плакированные медью, серебром, алюминием. В электрохимической промышленности нашли широкое применение

биано́ды - плакированные электроды, основу которых составляет титан или тантал, а защитный слой состоит из платины, родия, иридия.

Метод плакирования позволяет экономить дорогостоящие металлы или высоколегированные сплавы и находит широкое применение в промышленности.

Горячий метод, или метод погружения в расплавленный металл

Это старейший и наиболее простой способ нанесения металла на стальные листы, проволоку и готовые изделия. «Горячие» покрытия образуются при погружении защищаемого металла в расплав металла, используемого для покрытия. В качестве последних применяют металлы, имеющие невысокую температуру плавления: цинк ($t_{пл} = 419^\circ\text{C}$), олово ($t_{пл} = 232^\circ\text{C}$), свинец ($t_{пл} = 327^\circ\text{C}$), алюминий ($t_{пл} = 658^\circ\text{C}$).

Перед нанесением на металл покрытия его обрабатывают флюсом, состоящим из 52-56% хлорида аммония, 5-6% глицерина и остальное — хлорид покрываемого металла. Флюс защищает расплав от окисления и, кроме того, удаляет с поверхности окисные и солевые пленки. К числу недостатков этого способа относятся сравнительно большой расход наносимого металла, неравномерность покрытия по толщине и невозможность нанесения металла на резьбу, в узкие отверстия и т.д.

Горячее лужение используют в пищевой промышленности. Горячее цинкование применяют для защиты готовых изделий от коррозии в атмосфере и в воде.

В химическом машиностроении используют нанесение на железо или сталь алюминия. Алюминиевые покрытия получают в ваннах с расплавленным алюминием, нагретым до $780-800^\circ\text{C}$, погружая детали на 40-50 мин.

Большое применение нашел способ горячего свинцевания. Горячие свинцовые покрытия применяют для защиты мешалок, кранов, различной арматуры. При толщине покрытия в несколько миллиметров на железе получают плотный беспористый слой свинца.

Для защиты особо ответственных аппаратов или при работе с очень агрессивными средами применяют гомогенное свинцевание. По этому способу свинец наносится на предварительно луженую поверхность защищаемой конструкции в виде капель расплава, которые, смачивая деталь и растекаясь по поверхности, образуют гомогенное покрытие. Например, емкости, покрытые методом гомогенного свинцевания, применяются для хранения и транспортировки брома.

Металлизация напылением

Сущность метода состоит в нанесении расплавленного металла на поверхность защищаемого изделия с помощью струи сжатого воздуха или инертного газа. Частицы расплавленного металла, двигаясь с большой скоростью, ударяются о поверхность основного металла и сцепляются с ней, образуя металлическое покрытие. Металл поступает в распылитель в виде проволоки и расплавляется либо в газовом пламени, либо в электрической дуге, создающейся между двумя электродами. Проволока подается специальным механизмом со скоростью до 2,5 м/мин.

Покрытия наносят с целью защиты изделий от коррозионного воздействия среды, для восстановления изношенных трущихся поверхностей, для придания изделиям жаростойкости. Металлизацией можно покрывать большие сложной формы конструкции в собранном виде. На рис. 46 приведена схема устройства электрометаллизатора проволочного типа. Концы проволок, по которым проходит электрический ток, выходя из наконечника (4), встречаются, и возникает вольтовая дуга, под действием которой концы проволок расплавляются. Струя сжатого воздуха через сопло (5) распыляет расплавленный металл.

Вместо двух проволок можно взять три и подавать на них ток от трехфазного источника тока. В этом случае образуется сочетание электрических дуг, горящих между концами различных проволок. Такой металлизационный аппарат применяют обычно для получения псевдосплавов (искусственных сплавов железа с медью, цинком, алюминием и т.д.). Полученные таким образом псевдосплавы обладают очень высокими антифрикционными свойствами.

При газовой металлизации происходит более мелкое и равномерное распыление металла. При электрической металлизации из-за невозможности одинакового оплавления концов проволоки в напыленном слое обнаруживают частицы различных размеров — от 10 мкм до 100 мкм. Такая неоднородность частиц по размерам ухудшает физико-механические свойства металлизированных покрытий.

Основной металл детали в процессе металлизации нагревается весьма незначительно, поэтому он не претерпевает структурных изменений, и его усталостная прочность не понижается.

Получаемое покрытие имеет чешуйчатую структуру и высокую пористость. При металлизации расходуется большое количество металла на угар и распыление, покрытие имеет пористую структуру, неравномерную толщину и низкую адгезию к металлу. Толщина получаемого слоя обычно равна 0,5-0,7 мкм.

Метод напыления применяется в промышленности для защиты крупногабаритных конструкций в собранном виде, например, газгольдеров, резервуаров и т.д. В химическом машиностроении он не нашел широкого применения вследствие недостатков, указанных выше. Известно только применение алюминиевых покрытий, полученных подобным способом, для защиты от коррозии оборудования заводов, перерабатывающих сернистые нефти, вулканизационных котлов и подобных аппаратов.

Неметаллические покрытия

Неорганические покрытия

Большинство металлов окисляется кислородом воздуха с образованием поверхностных оксидных пленок. Однако эти пленки в силу незначительной толщины не обеспечивают надежной защиты от коррозии. Особенно слабы в этом отношении естественные пленки на железе.

Между тем в результате определенной химической или электрохимической обработки можно создать на поверхности металла искусственные пленки, которые обладали бы значительно более высокой коррозионной стойкостью, чем основной металл, и защищали бы его от разрушения.

Существуют различные методы получения таких неметаллических пленок, отличающихся химическим составом. Наиболее распространены оксидные и фосфатные пленки, хотя по защитным свойствам они уступают металлическим покрытиям. Процесс изготовления оксидных покрытий на металле получил название оксидирования, а фосфатных — фосфатирования.

Оксидирование. Основное назначение этого процесса — защита черных и цветных металлов от атмосферной коррозии.

Современный метод оксидирования — химическая и электрохимическая обработка деталей в щелочных растворах.

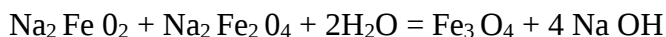
Электрохимическое оксидирование ведут в растворе 4% едкого натра при 65—120°C и анодной плотности тока от 2,5 до 10 А/дм². Продолжительность анодной обработки не превышает 60 минут.

Качественное покрытие состоит из магнитной окиси железа, получающейся в результате последовательных превращений:



Оксидирование черных металлов носит также название «воронения». Его осуществляют в растворе состава, г/л: Na OH — 600-700; Na NO₂ — 200-250; Na NO₃ — 50-100.

Температура — 135-145 °С, время 30-90 мин. В процессе происходит растворение железа с образованием соединений Na₂FeO₂ и Na₂Fe₂O₄, из которых образуется поверхностная пленка оксида железа



Оксидная пленка на малоуглеродистой стали имеет глубокий черный цвет, а на высокоуглеродистых сталях — черный с сероватым оттенком. Для повышения антикоррозионных свойств оксидированное изделие погружают на 2-3 мин в горячий 2-3% раствор мыла, а затем на 5-10 мин - в минеральное трансформаторное или машинное масло при температуре 105-120 °С. После этой операции поверхность покрытия становится блестящей, с равномерной черной окраской. Возможно оксидирование и магниевых сплавов — в хромово-кислых электролитах с последующим нанесением лакокрасочных покрытий. Толщина оксидных пленок составляет 0,8-1,5 мкм.

Контрольные вопросы

- 1 Защитные покрытия.
- 2 Обработка коррозионной среды с целью снижения коррозионной активности (в особенности при постоянных объемах коррозионных сред).
- 3 Электрохимическая защита.
- 4 Разработка и производство новых конструкционных материалов повышенной коррозионной устойчивости.
- 5 Переход в ряде конструкций от металлических к химически стойким материалам (пластические высокомолекулярные материалы, стекло, керамика и др.).
- 6 Рациональное конструирование и эксплуатация металлических сооружений и деталей.

Практическая работа №9

Тема: Пластические массы.

Цель работы: Рассмотреть типы пластмасс; свойства; получение, методы обработки .

Теоретическая часть

Пластмассы (пластическиемассы) или пластики — органические материалы, основой которых являются синтетические или природные высокомолекулярные соединения (полимеры). Исключительно широкое применение получили пластмассы на основе синтетических полимеров.

Название «пластмассы» означает, что эти материалы под действием нагревания и давления способны формироваться и сохранять заданную форму после охлаждения или отвердения. Процесс формования сопровождается переходом пластически деформируемого (вязко-текучего или высокоэластического) состояния в твёрдое состояние (стеклообразное или кристаллическое)

Типы пластмасс

В зависимости от природы полимера и характера его перехода из вязкотекучего в стеклообразное состояние при формировании изделий пластмассы делят на:

- Термопласты (*термопластичные пластмассы*) — при нагреве расплавляются, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние;
- Реактопласты (*термореактивные пластмассы*) — в начальном состоянии имеют линейную структуру макромолекул, а при некоторой температуре отверждения приобретают сетчатую. После отверждения не могут переходить в вязкотекучее состояние. Рабочие температуры выше, но при нагреве разрушаются и при последующем охлаждении не восстанавливают своих исходных свойств.

Также газонаполненные пластмассы — вспененные пластические массы, обладающие малой плотностью.

Свойства

Основные механические характеристики пластмасс те же, что и для металлов. Пластмассы характеризуются малой плотностью ($0,85\text{—}1,8\text{ г/см}^3$), чрезвычайно низкими электрической и тепловой проводимостями, не очень большой механической прочностью. При нагревании (часто с предварительным размягчением) они разлагаются. Не чувствительны к влажности, устойчивы к действию сильных кислот и оснований, отношение к органическим растворителям различное (в зависимости от химической природы полимера). Физиологически почти безвредны. Свойства пластмасс можно модифицировать методами сополимеризации или стереоспецифической полимеризации, путём сочетания различных пластмасс друг с другом или с другими материалами, такими как стеклянное волокно, текстильная ткань, введением наполнителей и красителей, пластификаторов, тепло- и светостабилизаторов, облучения и др., а также варьированием сырья, например использование соответствующих полиолов и диизоцианатов при получении полиуретанов.

Твёрдость пластмасс определяется по Бринеллю при нагрузках $50\text{—}250\text{ кгс}$ на шарик диаметром 5 мм .

Теплостойкость по Мартенсу — температура, при которой пластмассовый брусок с размерами $120 \times 15 \times 10\text{ мм}$, изгибаемый при постоянном моменте, создающем наибольшее напряжение изгиба на гранях $120 \times 15\text{ мм}$, равное 50 кгс/см^2 , разрушится или изогнётся так, что укреплённый на конце образца рычаг длиной 210 мм переместится на 6 мм .

Теплостойкость по Вика — температура, при которой цилиндрический стержень диаметром $1,13\text{ мм}$ под действием груза массой 5 кг (для мягких пластмасс 1 кг) углубится в пластмассу на 1 мм .

Температура хрупкости (морозостойкость) — температура, при которой пластичный или эластичный материал при ударе может разрушиться хрупко.

Для придания особых свойств пластмассе в неё добавляют пластификаторы (силикон, дибутилфталат, ПЭГ и т. п.), антипирены (дифенилбутансульфокислота), антиоксиданты (трифенилфосфит, непредельные углеводороды).

Получение

Производство синтетических пластмасс основано на реакциях полимеризации, поликонденсации или полиприсоединения низкомолекулярных

исходных веществ, выделяемых из угля, нефти или природного газа, таких, к примеру, как бензол, этилен, фенол, ацетилен и других мономеров. При этом образуются высокомолекулярные связи с большим числом исходных молекул (приставка «поли-» от греческого «много», например, этилен-полиэтилен).

Методы обработки

- Литъё/литъё под давлением
- Экструзия
- Прессование
- Виброформование
- Вспенивание
- Отливка
- Сварка
- Вакуумная формовка и пр.
- Механическая обработка

Пластические массы, по сравнению с металлами, обладают повышенной упругой деформацией вследствие чего при обработке пластмасс применяют более высокие давления, чем при обработке металлов. Применять какую-либо смазку, как правило, не рекомендуют; только в некоторых случаях при окончательной обработке допускают применение минерального масла. Охлаждать изделие и инструмент следует струей воздуха.

Пластические массы более хрупки, чем металлы, поэтому при обработке пластмасс режущими инструментами надо применить высокие скорости резания и уменьшать подачу. Износ инструмента при обработке пластмасс значительно больше, чем при обработке металлов, почему необходимо применять инструмент из высокоуглеродистой или быстрорежущей стали или же из твердых сплавов. Лезвия режущих инструментов надо затачивать, по возможности, более остро, пользуясь для этого мелкозернистыми кругами.

Пластмасса может быть обработана на токарном станке, может фрезероваться. Для распиливания могут применяться ленточные пилы, дисковые пилы и карборундовые круги.

Контрольные вопросы

1. Типы пластмасс
2. Свойства
3. Получение
4. Методы обработки

Тема 10. Резины

Цель работы: рассмотреть производство синтетических каучуков.

Теоретическая часть

Резина (от лат. *resina* «смола») — эластичный материал, получаемый вулканизацией каучука.

Применяется для изготовления шин для различного транспорта, уплотнителей, шлангов, транспортёрных лент, медицинских, бытовых и гигиенических изделий и др.

Получают из натурального или синтетического каучука методом вулканизации — смешиванием с вулканизирующим веществом (обычно с серой) с последующим нагревом.

По степени вулканизации резина разделяется на мягкую (1—3 % серы), полутвёрдую и твёрдую (более 30 % серы) (эбонит). Плотность около 1200 кг/м³.

История резины начинается с открытием американского континента. Издревле коренное население Центральной и Южной Америки, собирая млечный сок т. н. каучуконосных деревьев (гевей), получали каучук. Ещё Колумб обратил внимание, что применявшиеся в играх индейцев тяжёлые монолитные мячи из чёрной упругой массы, отскакивают намного лучше, чем известные европейцам кожаные. Кроме мячей, каучук применялся в быту: изготовления посуды, герметизация днищ пирога, создание непромокаемых «чулков» (правда способ был довольно болезненным: ноги обмазывались каучуковой массой и держались над костром, в результате получалось непромокаемое покрытие); применялся каучук и как клей: с помощью него индейцы приклеивали перья к телу для украшения. Но сообщение Колумба о неизвестном веществе с необычными свойствами осталось незамеченным в Европе, хотя, несомненно, что конкистадоры и первые поселенцы Нового света широко использовали каучук.

Производство синтетических каучуков

После того, как резина стала широко применяться и природные источники каучука не могли покрыть возросшие потребности стало ясно, что надо найти замену сырьевой базе в виде каучуконосных плантаций. Проблема усугублялась тем, что плантациями монопольно владели несколько стран (основной из них была Великобритания), кроме того, сырьё было достаточно дорогим из-за трудоёмкости выращивания каучуконов и сбора каучука и больших транспортных расходов.

Поиск альтернативного сырья шёл двумя путями:

- Поиск растений-каучуконов, которых можно было бы культивировать в субтропическом и умеренном климате. В США инициаторами этого направления были Томас Эдисон и Генри Форд. В России и СССР над этой проблемой работал Николай Вавилов.
- Производство синтетических каучуков из нерастительного сырья. Начало этому направлению дали опыты Майкла Фарадея по исследованию химического состава и структуры каучука. В 1878 году Гюстав Бушарда открыл реакцию превращения изопрена в каучукоподобную массу. В 1910 году Иван Кондаков открыл реакцию полимеризации диметилбутадиена.

Интенсивно производство синтетических каучуков стало развиваться в СССР, который стал пионером в этой области. Это было связано с острой нехваткой резины для интенсивно развивающейся промышленности, отсутствием эффективных природных каучуконов на территории СССР и ограничением поставок каучуков из-за рубежа. Проблема налаживания крупнотоннажного промышленного производства синтетической резины была успешно решена, несмотря на скептицизм некоторых зарубежных специалистов (самый известный из них — Эдисон).

Применение

Резина используется в производстве автомобильных, мотоциклетных и велосипедных шин, резино-технических изделий, — это транспортёрные ленты, приводные ремни, напорные и напорно-всасывающие рукава, дюритовые изделия, технические пластины, резиновые кольца различных уплотнителей, виброизоляторов и вибродемпферов, а также резиновых напольных покрытий и резиновой обуви например, сапог, галош.

Из резины изготавливаются презервативы (средство контрацепции), медицинские и защитные перчатки, специальные костюмы для войск химзащиты и гражданской обороны (ОЗК и Л-2).

Для получения резиновых трубок и уплотнителей с различными профилями сырую резину пропускают через шприц-машину, в которых разогретая (до 100—110°) смесь продавливается через профилирующую головку. В результате получают профиль или трубу, которые затем вулканизируют либо в вулканизационном автоклаве при повышенном давлении либо в вулканизационной «трубе» при нормальном давлении в среде циркулирующего горячего воздуха, либо в расплаве солей.

Изготовление дюритовых рукавов — резиновых шлангов, армированных волокнистой или проволоочной оплёткой происходит следующим образом: из каландрованной резиновой смеси вырезают полосы и накладывают их на металлический дорн, наружный диаметр которого равен внутреннему диаметру изготавливаемого рукава. Края полос смазывают резиновым клеем и прикатывают роликом, затем накладывают один или несколько парных слоев ткани либо оплетают металлической проволокой и промазывают их резиновым клеем, а сверху накладывают ещё слой резины. Далее собранную заготовку бинтуют увлажнённым бинтом и вулканизируют в автоклаве.

Производство автомобильных покрышек

Автомобильные камеры изготавливают из резиновых труб, шприцованных или склеенных вдоль камеры. Существует два способа изготовления камер: формовый и дорновый. Дорновые камеры вулканизируют на металлических или изогнутых дорнах. Эти камеры имеют один или два поперечных стыка. После стыкования камеры в месте стыка подвергают вулканизации. При формовом способе камеры вулканизируют в индивидуальных вулканизаторах, снабженных автоматическим регулятором температуры. После изготовления во избежание склеивания стенок, внутрь камеры вводят молотый тальк.

Автомобильные покрышки собирают на специальных станках из нескольких слоев особой ткани (корд), покрытой резиновым слоем. Тканевый каркас, то есть скелет шины, тщательно прикатывают, а кромки слоев ткани заворачивают. Снаружи каркас покрывают двумя слоями металлокордного брекера, затем в беговой части покрывают толстым слоем резины, называемым протектором, а на боковины накладывают более тонкий слой резины. Собранную таким образом шину (сырую шину) подвергают вулканизации. Перед вулканизацией на внутреннюю часть сырой шины наносят антиадгезионную специальную разделительную смазку (окрашивают) для исключения прилипания к раздувающей диафрагме и лучшего скольжения диафрагмы во внутренней полости шины при формовании.

Резины делятся по назначению:

- маслобензостойкие;
- кислотостойкие;
- агрессивностойкие;
- теплостойкие;
- температуростойкие;
- озоностойкие;
- токопроводящие.
-

Контрольные вопросы

1. Производство синтетических каучуков
2. Изготовление дюритовых рукавов
3. Изготовление автомобильных покрышек

Практическая работа №11

Тема: Конструкционные неметаллы

Цель: Рассмотреть виды и назначение конструкционных неметаллов

Теоретическая часть

Неметаллические конструкционные материалы нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Используются также для защиты различных металлических конструкций от коррозии. Применение таких конструкционных материалов позволяет также сэкономить денежные средства, заменяя ими более дорогостоящие.

Неметаллические конструкционные материалы подразделяются на органические (на основе полимеров) и неорганические (на основе силикатов).

К конструкционным материалам органического происхождения относятся материалы на основе каучука, полимерные соединения, графит и его производные и т.п. К неорганическим: керамика, горные породы, силикатные материалы.

В неорганических конструкционных материалах устойчивость к химическому воздействию сильно зависит от минералогического и химического состава. Типа структуры, пористости. Если в составе конструкционного материала большое содержание труднорастворимых или нерастворимых кислотных оксидов – он обладает повышенной устойчивостью к воздействию кислот. К кислотостойким неорганическим соединениям такого рода относятся алюмосиликаты, кремнезем, низкоосновные силикаты и т.д. Каолин (гидратированный алюмосиликат) повышенной стойкостью к воздействию кислот не отличается.

Если в состав материала входит основной оксид, то он разрушается в минеральных кислотах, но устойчив в щелочах. К таким материалам относятся: строительные цементы, известняки, магнезиты.

Силикатные материалы

Различают искусственные и природные силикатные материалы.

Асбест, граниты, андезиты, бештауниты относятся к кислотостойким природным соединениям.

Асбест, кроме высокой стойкости к кислотам, является еще и отличным огнеупорным материалом. Это дигидрат силиката магния ($3\text{MgO} \times 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Граниты термостойки до температуры 250°C . В состав гранитов входит около 70-75% SiO_2 , 13-15% Al_2O_3 , оксиды кальция, магния и натрия занимают около 8-10%.

Бештауниты отличаются повышенной кислотостойкостью, твердостью, термостойкостью (до 800°C), тугоплавкостью. SiO_2 в бештаунитах содержится около 60-70%.

Горные породы довольно востребованный материал, но сложность их добычи немного притормаживает широкое распространение в народном хозяйстве. Однако в некоторых случаях горные породы являются незаменимыми.

Асбест, в большинстве случаев, используется как вспомогательный материал, в виде наполнителя, фильтрующей ткани, нитей, применяется в изоляции корпусов различных аппаратов.

Из неметаллических конструкционных материалов могут быть изготовлены устройства и агрегаты, а также отдельные детали к ним. Кроме того, неметаллические конструкционные материалы используются в качестве защиты основного материала

изделия (например, футеровка ванны травления выполнена из неметалла, а основа – металлическая).

Свойства неметаллических конструкционных материалов многообразны: высокая стойкость в различных агрессивных средах, небольшая плотность, различная теплопроводность, хорошая адгезия к поверхности металла и др. Большинство из них все же не выдерживают высоких температур (особенно это относится к неметаллическим конструкционным материалам органического происхождения, которые разрушаются уже при 150-200°C), плохо реагируют на перепады температуры, трудно обрабатываются.

В средах с повышенной агрессивностью очень важную роль играет способность защитного покрытия изолировать основную конструкцию. Между подложкой и внешней средой не должно быть прямого контакта. Для обеспечения полной изоляции используются утолщенные слои одного материала или же многослойные покрытия, которые включают в себя несколько относительно тонких слоев из разных материалов. Довольно часто, когда один материал наносят слишком толстым слоем, в нем возникают внутренние напряжения, и защитное покрытие довольно быстро разрушается.

В нефтеперерабатывающей и химической промышленности широкое распространение получили именно многослойные защитные покрытия, сформированные из неметаллических конструкционных материалов.

Условно в покрытии можно выделить три основные зоны, которые несут в себе различные функции:

- нижний слой (грунт), который прилегает непосредственно к основному материалу и обеспечивает стабильность связи между подложкой и покрытием;
- средняя часть (основное покрытие) определяет механические и изоляционные свойства;
- внешний слой, поверхностный, который вступает в непосредственный контакт с агрессивной средой (иногда ему придают специальные свойства).

Среди неметаллических конструкционных материалов в противокоррозионной защите нашли широкое применение *резины, пластические массы (пластмассы), различные силикатные материалы* и многие другие.

Резина – один из самых распространенных конструкционных материалов. Применяется во многих отраслях промышленности, народного хозяйства, в особенности, в автомобилестроении. Существует большое количество различных видов и марок резины, которые используются для изготовления определенных изделий, например шин, втулок, шланги, изоляционные материалы и др.

Фарфор – это тонкокристаллический материал, который получают обжигом при температурах около 1300 - 1450°C. Фарфор довольно прочный, не пропускает воду, газы. Фарфор стоек в кислотах (даже в плавиковой). Отличается высокой термостойкостью, износостойкостью, твердостью. Не боится резких и больших перепадов температур (сохраняет свои свойства при перепаде температуры от 20 до 1000°C). Пор в материале крайне мало и они незаметны невооруженным глазом.

Фарфор не взаимодействует с различными реагентами и поэтому нашел широкое применение в тех областях, где нужна особая чистота используемых материалов (фармацевтика, пищевая промышленность и др.)

Применяют фарфор также и в химической промышленности, даже в металлургии для изготовления тиглей, разных емкостей, фильтров, вакуум-аппаратов и т.д.

Фарфор является отличным футеровочным материалом для травильных ванн, металлических аппаратов. В шаровых мельницах фарфором покрыта поверхность шаров.

В металлургии широко используется **огнеупорная керамика** (огнеупор), которой покрыты плавильные и другие печи, агрегаты (используется также для строительства). К такому материалу предъявляются определенные требования: огнеупорная керамика должна выдерживать очень высокую температуру, не теряя своих первоначальных свойств, т.е. не подвергаться короблению (деформации), разрушению, особенно при резких перепадах температуры.

Огнеупорная керамика (в производстве называют просто огнеупорным кирпичом) бывает нескольких видов: шамотная, кислая (динасовая), полукислая, тальковая и др. Эти виды огнеупоров отличаются по составу и каждый вид используется только в определенной среде.

Керамические материалы нашли широкое применение при защите металлов от коррозии. Например, пористая керамика используется для изготовления электролизеров (а именно, диафрагмы), для специальных пластин-фильтров для кислородных установок и многого другого.

С пористой керамики делают поролитовые плитки. Для очистки газов (на конечных стадиях) используются фильтры также из пористой керамики.

Контрольные вопросы.

1. Огнеупорная керамика
2. Фарфор
3. Резина
4. Силикатные материалы

Практическая работа №12

Тема: Топливо и смазочные материалы

Цель: Рассмотреть виды и производство ГСМ

Теоретическая часть

Горюче-смазочные материалы (сокращённо **ГСМ**) — нефтепродукты, к которым относят различные виды горючего и смазки, в основном в применении к автотранспорту: топливо (бензин, дизельное топливо, сжиженный нефтяной газ, сжатый природный газ, сжиженный природный газ), смазочные материалы (моторные, трансмиссионные и специальные масла, пластичные смазки), специальные жидкости (тормозные и охлаждающие).

В бывшем СССР до 1979 года наименования смазок устанавливались произвольно. В результате одни смазки получили словесное название, другие номер, третьи - обозначение создавшего их учреждения. В 1979 году был введен ГОСТ 23258-78 (действующий в настоящее время в России), согласно которому наименование смазки должно состоять из одного слова и цифры. В настоящее время в России выпускается более 100 видов смазок. Смазки классифицируют по консистенции, составу и областям применения: По консистенции смазки разделяют на полужидкие, пластичные и твердые. Пластичные и полужидкие смазки представляют собой коллоидные системы, состоящие из дисперсионной среды, дисперсной фазы, а также присадок и добавок. Наибольшее применение пластичные смазки получили в подшипниках качения и скольжения, шарнирах, зубчатых, винтовых и цепных передачах, многожилых тросах. Наиболее существенными, влияющими на эффективность применения пластичных смазок, являются следующие факторы:

- особенности узлов трения и условия и условия эксплуатации смазок - температура, нагрузка, скорость перемещения трущихся пар;
- совместимость смазок с конструктивными материалами;
- совместимость смазок друг с другом при их возможном смешивании.

Твердые смазки до отверждения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем - дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т.п. После отверждения (испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел и характеризующиеся низким коэффициентом сухого трения.

По составу смазки разделяют на четыре группы.

1. Мыльные смазки, для получения которых в качестве загустителя применяют соли высших карбоновых кислот (мыла). В зависимости от аниона мыла смазки одного и того же катиона разделяют на обычные и комплексные (кальциевые, литиевые, бариевые, алюминиевые и натриевые).

В отдельную группу выделяют смазки на смешанных мылах, в которых в качестве загустителя используют смесь мыл (литиево - кальциевые, натриево - кальциевые и другие: первым указан катион мыла, доля которого в загустителе большая). Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно синтетическими (анион мыла - радикал синтетических жирных кислот) или жировыми (анион мыла - радикал природных жирных кислот), например, синтетические или жировые солидолы.

2. Неорганические смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые и другие смазки.

3. Органические смазки, для получения которых используют термостабильные, высокодисперсные органические вещества. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые и другие смазки.

4. Углеводородные смазки, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (петролатум, церезин, парафин, озокерит, различные природные и синтетические воски).

В зависимости от типа их дисперсионной среды различают смазки на нефтяных и синтетических маслах. По области применения в соответствии с ГОСТ 23258-78 смазки разделяют на:

1. Антифрикционные (снижение износа и трения сопряженных деталей);
2. Узкоспециализированные (отраслевые) смазки;
3. Консервационные (предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации)
4. Уплотнительные (герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе вакуумных систем)
5. Канатные (предотвращение износа и коррозии стальных канатов)

Контрольные вопросы.

Общие сведения о нефти и технологии ее переработки

Автомобильные бензины

Дизельные топлива

Газообразные топлива

Топочные мазуты. Печное и твердое топливо

Моторные масла

Трансмиссионные масла

Индустриальные, компрессорные и электроизоляционные масла
Пластичные смазки
Специальные жидкости
Снижение потерь и контроль качества нефтепродуктов

Практическая работа №13

Тема: Способы получения заготовок.

Цель: Изучить способы получения заготовок.

Теоретическая часть

В современном машиностроении применяют множество различных технологических методов получения заготовок и оборудования. Основные из них: различные методы литья, методы пластического деформирования и формообразования (ковка, штамповка, высадка), размерная резка из проката, порошковая металлургия. Обобщенная классификация заготовок, применяемых в настоящее время в машиностроении, приведена на рисунке.



Обобщенная классификация заготовок, применяемых в машиностроении

Заготовки получают в основном двумя методами — литьем или обработкой давлением (пластическим деформированием). Иногда для крупногабаритных деталей допускается использование сварных заготовок или комбинированных (т. е. полученных сваркой предварительно отштампованных или отлитых отдельных элементов сложной формы).

На первом этапе выбора метода получения заготовки исходят из физико-механических свойств материала детали, а именно из пластичности материала и его литейных свойств. Для ряда материалов их низкая пластичность определяет отсутствие альтернативы в выборе метода получения заготовки: единственно возможным методом является литье.

Это относится в первую очередь к чугуну, отдельным маркам стальных высоколегированных сплавов и некоторым сплавам цветных металлов.

В случае, когда свойства материала допускают использование и литья, и методов пластического деформирования, то выбор должен основываться в первую очередь на особенности формы детали.

Если имеются полости сложной формы, а также выступы и впадины на боковых наружных и внутренних поверхностях, часто единственно возможным является метод литья. Причем обязательно с применением формы разового использования, так как для извлечения отливки форма и стержни должны быть разрушены.

Если же форма детали позволяет применять как штамповку, так и литье, то выбор метода должен исходить из технических требований к детали, особенно макро- и микроструктурных внутренних и поверхностных слоев детали. Кроме того, необходимо учитывать объем производства (годовую программу выпуска деталей) и тип производства, т. е. темп выпуска. В данной работе нет возможности учесть все индивидуальные особенности конкретных деталей и предприятий, но основное направление выбора метода получения заготовки состоит в следующем: чем более строгие требования предъявляют к однородности механических свойств детали, чем выше требования к ее прочности, твердости и износостойкости, тем желательнее применить метод пластического деформирования, а не литья. Кроме этого, выбрать метод пластического деформирования тем предпочтительнее по сравнению с литьем, чем больше объем производства и чем меньше такт выпуска. Вместе с тем, чем сложнее форма детали и чем выше стоимость материала, из которого она изготовлена, тем предпочтительнее использовать метод литья, как дающий лучшее приближение формы заготовки к форме готовой детали, т. е. повышающий коэффициент использования материала.

Заготовки из проката используют в тех случаях, когда форма детали наиболее близко соответствует форме какого-либо сортового материала, нет значительной разницы в поперечных сечениях детали и можно для получения окончательной ее формы избежать снятия большого количества металла, а также для получения поковок и штампованных заготовок. Изготавливаемые из проката детали, за исключением валов, имеют сравнительно небольшие размеры. Для заготовок применяют сортовой или фасонный прокат, используют калиброванные прутки.

Простые сортовые профили общего назначения (круглые, квадратные, шестигранные, полосовые) используют для изготовления гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметра ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев.

Фасонные профили проката общего назначения (сталь угловая, балки двутавровые, швеллеры) применяют преимущественно при изготовлении металлоконструкций (рам, плит, кронштейнов). Заготовки из труб в некоторых случаях имеют преимущество по сравнению с заготовками из круглого проката. Несмотря на то, что 1 т горячего проката стоит в среднем в 1,5 раза меньше, чем 1 т труб, тем не менее экономия металла при производстве деталей из труб по сравнению с изготовлением из круглого проката всегда перекрывает разницу в ценах этих двух видов проката. Заготовки из труб незаменимы для деталей, имеющих глубокие отверстия. Трубный прокат служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, пустотелых валов и т. п. Максимального подобия конструктивных форм и размеров заготовок готовым деталям можно достичь применением специальных профилей металла. Применение гнутого специального проката (Z-, U-, C-образного и т. п.) позволяет почти полностью исключить механическую обработку, остаются только операции отрезки и сверления. Используя в качестве заготовок гнутые, открытые и многослойные профили, можно значительно уменьшить массу деталей.

Наиболее часто применяемым способом получения заготовок является литье в песчаные формы, поскольку себестоимость 1 т таких отливок минимальна, а применяемое оборудование и оснастка во многом имеют универсальный характер.

Для заготовок массового производства целесообразно применять машинную формовку по металлическим моделям, механизированный выем моделей из полуформ. В этом случае могут быть получены сложные по форме и тонкостенные заготовки, причем литьем получают отверстия диаметром от 20 мм и более. Если стержни изготавливают на специальных машинах и калибруют перед сборкой в кондукторе, то полученные заготовки по точности взаимного расположения поверхностей и отклонениям размеров обеспечивают возможность механической обработки в специальных или специализированных приспособлениях, в том числе на автоматах и полуавтоматах.

Для заготовок серийного производства рекомендуется выполнять литье по деревянным моделям, применяя машинную формовку с механизированным выемом моделей из полуформ, причем модели закрепляются на металлических плитах. Такой способ литья в заготовках позволяет получить литые отверстия диаметром свыше 30 мм.

Заготовки мелкосерийного и единичного производства изготавливают в основном в песчаных формах с ручной формовкой по деревянным моделям.

Контрольные вопросы.

1. Простые сортовые профили
2. размерная резка из проката
3. Заготовки из проката
4. Фасонные профили

Практическая работа № 14

Тема: Получение заготовок литьем, обработкой давлением сваркой.

Цель: Изучить способы получения заготовок литьем, обработкой давлением сваркой.

Теоретическая часть

Заготовкой называется предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь. Различают три основных вида заготовок: машиностроительные профили, штучные и комбинированные.

Машиностроительные профили изготавливают постоянного сечения (например, круглого, шестигранного или трубы) или периодического. В крупносерийном и массовом производстве применяют также специальный прокат. Штучные заготовки получают литьем, ковкой, штамповкой или сваркой. Комбинированные заготовки - это сложные заготовки, получаемые соединением (например, сваркой) отдельных более простых элементов. В этом случае можно снизить массу заготовки, а для более нагруженных элементов использовать наиболее подходящие материалы.

Заготовки характеризуются конфигурацией и размерами, точностью полученных размеров, состоянием поверхности и т.д.

1. Способы получения заготовок

Основные способы производства заготовок - литье, обработка давлением, сварка. Способ получения той или иной заготовки зависит от служебного назначения детали и требований, предъявляемых к ней, от ее конфигурации и размеров, вида конструкционного материала, типа производства и других факторов.

Литьем получают заготовки практически любых размеров как простой, так и очень сложной конфигурации. При этом отливки могут иметь сложные внутренние полости с криволинейными поверхностями, пересекающимися под различными углами. Точность размеров и качество поверхности зависят от способа литья. Некоторыми специальными способами литья (литье под давлением, по выплавляемым моделям) можно получить заготовки, требующие минимальной механической обработки.

Отливки можно изготавливать практически из всех металлов и сплавов. Механические свойства отливки в значительной степени зависят от условий кристаллизации металла в форме. В некоторых случаях внутри стенок возможно образование дефектов (усадочные рыхлоты, пористость, горячие и холодные трещины), которые обнаруживаются только после черновой механической обработки при снятии литейной корки. .

Обработкой металлов давлением получают машиностроительные профили, кованые и штампованные заготовки.

Ковка применяется для изготовления заготовок в единичном производстве. При производстве очень крупных и уникальных заготовок (массой до 200...300 т) ковка - единственный возможный способ обработки давлением. Штамповка позволяет получить заготовки, более близкие по конфигурации к готовой детали (массой до 350...500 кг). Внутренние полости поковок имеют более простую конфигурацию, чем отливок, и располагаются только вдоль направления движения рабочего органа молота (пресса). Точность и качество заготовок, полученных холодной штамповкой, не уступают точности и качеству отливок, полученных специальными методами литья.

Обработкой давлением получают заготовки из достаточно пластичных металлов. Механические свойства таких заготовок всегда выше, чем литых. Обработка давлением создает волокнистую макроструктуру металла, которую нужно учитывать при разработке конструкции и технологии изготовления заготовки.

Сварные заготовки изготавливают различными способами сварки - от электродуговой до электрошлаковой. В ряде случаев*сварка упрощает изготовление заготовки, особенно сложной конфигурации. Слабым местом сварной заготовки является сварной шов или околошовная зона. Как правило, их прочность ниже, чем основного металла. Кроме того, неправильная конструкция заготовки или технология сварки могут привести к дефектам (коробление, пористость, внутренние напряжения), которые трудно исправить механической обработкой.

Комбинированные заготовки сложной конфигурации дают значительный экономический эффект при изготовлении элементов заготовки штамповкой, литьем, прокаткой с последующим соединением их сваркой. Комбинированные заготовки применяют при изготовлении крупных коленчатых валов, станин кузнечно-прессового оборудования, рам строительных машин и т.д.

Перспективно в настоящее время получение заготовок из пластмасс и порошковых материалов. Характерной особенностью таких заготовок является то, что они по форме и размерам могут соответствовать форме и размерам готовых деталей и требуют лишь незначительной, чаще; всего отделочной обработки.

Выбор способа получения заготовки -- всегда очень сложная, подчас трудноразрешимая задача, так как часто различные способы могут надежно обеспечить технические и экономические требования, предъявляемые к детали. Таким образом, выбранный способ получения заготовки должен быть экономичным, обеспечивающим высокое качество детали, производительным, нетрудоемким процессом. Оценку Целесообразности и

технико- экономической эффективности применения того или иного способа необходимо производить с учетом всех его недостатков и преимуществ.

Примерная структура производства заготовок в машиностроении

Вид заготовок	Доля заготовок %	Вид заготовок	Доля заготовок, %	
Сварные конструкции	50	Поковки:		
Отливки	39,65	штампованные	8,2	
в том числе из:		из слитков	2,1	
чугуна	28,28	Изделия из металлических порошков	0,05	
стали	9,3			
цветных металлов	2,07			

2. Сущность процессов литья металлов и задача литейного производства

Теперь остановимся более подробно на таком способе заготовок как литье.

Литьем (или литейным производством) называют метод производства, при котором изготавливают фасонные заготовки деталей путем заливки расплавленного металла в заранее подготовленную литейную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки детали. После затвердевания и охлаждения металла в форме получают отливку-заготовку детали.

Основной задачей литейного производства является изготовление литейных сплавов отливок, имеющих разнообразную конфигурацию с максимальным приближением их формы и размеров к форме и размерам детали (при литье невозможно получить отливку, форма и размеры которой соответствует форме и размерам детали).

Инструментом литейного производства является литейная форма - приспособление образующее рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом и после охлаждения получают отливку.

По степени использования формы делят на :

- разовые;
- полупостоянные;
- постоянные;

Разовые формы служат для изготовления только одной отливки и изготавливают их из кварцевого песка, зерна которого соединены каким-либо связующим веществом.

Полупостоянные формы - это формы в которых получают несколько отливок (до 10-20), такие формы изготавливают из керамики.

Постоянные формы - формы, в которых получают от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч отливок. Такие формы изготавливают обычно из чугуна или стали.

Различные по форме, размерам и точности отливки из различных сплавов невозможно наиболее экономично получить одним и тем же способом. Экономически целесообразно изготавливать отливку с определенными качественными свойствами каким-либо одним или двумя способами. В настоящее время в производстве используют около 15 способов литья, среди них:

- 1) литье в песчаные формы ("землю");
- 2) литье в ЖСС (жидкие самоотвердевающие смеси);
- 3) литье в оболочковые формы;
- 4) литье в кокиль (металлические защищенные формы);
- 5) литье по выплавляемым моделям;
- 6) литье под давлением;
- 7) центробежное литье;

3. Основные этапы производства отливок

Последовательность производства отливок рассмотрим на примере литья в песчаные формы. Этот способ изучается в учебных мастерских:

1. Разработка чертежа отливки.
2. Изготовление модели и стержневого ящика.
3. Изготовление формы из заранее приготовленной формовочной смеси.
4. Сборка формы (установка ранее изготовленного из стержневой смеси стержня и соединение частей формы).
5. Заливка формы ранее расплавленным сплавом или металлом.
6. Охлаждение формы с отливкой.
7. Освобождение отливки от формы.
8. Отрезка литников и прибылей
9. Отжиг отливок.
10. Термообработка.
11. Контроль.

Изготовление и заливка литейной формы

Для изготовления литейной формы используют суспензию, состоящую из мелкозернистого кварцевого песка - маршалита и жидкого связующего вещества - этилсиликата, приготовляемого на основе этилового спирта. Суспензию на блок наносят погружением. Для удержания на поверхности блока суспензии на него наносят крупнозернистый песок, который при последующих погружениях (4...5) способствует увеличению толщины покрытия. Обычно получают толщину формы 5...6 мм. Свеженанесенное покрытие не обладает прочностью и удерживается на поверхности модели только благодаря смачиванию. Для придания прочности покрытию его сушат, при

сушке одновременно с испарением влаги происходит затвердевание связующего вещества этилсиликата (переход его из золя в гель). Сушка 2-го слоя происходит 2-4 часа при температуре 18-20^оС. Для ускорения затвердевания связующего применяют аммиачную среду. В этом случае затвердевание протекает за 2...3 минуты. Для занесения следующего слоя суспензии необходимо полное исчезновение запаха аммиака, что обычно происходит за 7...10 минут на воздухе. Весь процесс изготовления одного слоя длится 15-20 минут вместо 2-4 часов. Выплавление моделей осуществляют в горячей воде или горячим воздухом или другими способами. Наиболее часто выплавляют модельный состав горячей водой. Для этого блок моделей с формой помещают литниковой частью вверх в корзину, погружаемую на 10-15 минут в воду с температурой 85-90^оС. После выплавления модельного состава модельные блоки прокаливают для удаления из них остатков модельного состава и влаги. Кроме того при прокаливании форму нагревают до 900-1000^оС, что повышает заполняемость формы. Перед прокаливанием оболочки (формы) заформовывают, то есть засыпают в ящике-опоке наполнителем. В качестве наполнителя применяют смесь песка и шамотной крошки.

Вопросы для контроля

1. Заливка формы ранее расплавленным сплавом или металлом.
2. Охлаждение формы с отливкой.
3. Освобождение отливки от формы.
4. Отрезка литников и прибылей
5. Отжиг отливок.
6. Термообработка.

Практическая работа № 15

Тема: Назначение режимов резания при точении.

Цель: Изучить режимы резания при точении

Теоретическая часть

Глубина резания h определяется расстоянием по нормали от обработанной поверхности заготовки до обрабатываемой, мм. Глубину резания задают на каждый рабочий ход инструмента. Геометрические параметры режущего инструмента определяются углами, образуемыми пересечением поверхностей лезвия, а также положением поверхностей режущих лезвий относительно обрабатываемой поверхности и направлением главного движения.

1. Глубина резания $t = \frac{D - d}{2}$, (мм);
2. Подача S_o , (мм/об), (определяем по справочникам режимов резания и корректируем по паспорту выбранного станка);
3. Скорость резания V , (м/мин), (определяем по справочникам режимов резания с учетом поправочных коэффициентов);

4.

Частота вращения шпинделя станка n , (мин^{-1}): $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$ (полученное значение корректируем по паспорту выбранного станка $n \Rightarrow n_{\text{фактич.}}$);

5.

По найденному $n_{\text{фактич.}}$ определяем фактическую скорость

резания $V_{\text{фактич.}}$, (м/мин): $V_{\text{фактич.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{фактич.}}}{1000}$;

1.

Исходные данные:

При назначении режимов резания при точении основными исходными данными (заданы по условию задания) являются:

1.

Общая длина протяжки L и длина ее хвостовой части до первого зуба $l_{\text{хв.}}$, (мм);

2.

Материал, геометрические и угловые параметры режущей части протяжки;

3.

Схема резания и подъем на каждый зуб S_{z_i} ;

4.

Длина l и диаметр d обрабатываемого отверстия детали;

5.

Период стойкости протяжки (суммарная длина всех протянутых отверстий) – T , (мм), (определяем по справочникам режимов резания).

2.

Назначение режимов резания:

1.

Усилие резания $P = \sum b \cdot q$, (Н)

где $\sum b$ – суммарная длина режущих кромок, одновременно работающих зубьев, (мм):

$$\sum b = \frac{\pi \cdot d}{Z_c} \cdot Z_i \quad (\text{для обработки круглых отверстий})$$

где Z_c – число зубьев в секции при групповой схеме резания (для остальных

схем

резания $Z_c = 1$);

Z_i – число одновременно работающих зубьев (полученное Z_i округляем до ближайшего целого значения): $Z_i = \frac{l}{t} + 1$

где t – шаг зубьев.

Q – удельная сила резания (определяем по справочникам режимов резания).

2.

Проверяем режим резания по тяговому усилию протяжного станка $P \leq Q_{\text{станка}}$,

где $Q_{\text{станка}}$ – тяговая сила протяжного станка (паспорт выбранного станка);

3.

Скорость резания V , (м/мин), (определяем по справочникам режимов резания, должна входить в диапазон регулирования рабочих скоростей выбранного станка);

4.

Машинное время (основное технологическое время работы инструмента):

$$T_{\text{маш.}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{1000 \cdot V \cdot i} \cdot k, \text{ (мин)}$$

где $L_{\text{р.х.}}$ – длина рабочего хода, $L_{\text{р.х.}} = l + \Delta l + \Delta l_{\text{доп.}}$, (мм);

Δl – величина перебега, $\Delta l = L - l_{\text{хв.}}$, (мм);

$\Delta l_{\text{доп.}}$ – дополнительная величина перебега, $\Delta l_{\text{доп.}} = 30 \dots 50 \text{ мм}$;

i – число одновременно протягиваемых деталей;

k – безразмерный коэффициент, учитывающий ускоренный обратный ход ползуна

станка: $k = 1 + \frac{V}{V_{x.x.}}$, где $V_{x.x.}$ – скорость холостого хода (по паспорту станка).

Вопросы для контроля

1. Режимы резания
2. Частота вращения шпинделя станка
3. Скорость резания
4. Глубина резания

Практическая работа № 16

Тема: Параметры режима резания.

Цель: Научиться выполнять расчёты размерной обработки деталей машин.

Теоретическая часть:

Эксплуатационные свойства машин и механизмов в значительной мере определяются точностью изготовления деталей, качеством их рабочих поверхностей.

Под точностью изготовления понимают отклонение фактических геометрических размеров и формы поверхности (неплоскостность, конусообразность, перекос и неперпендикулярность осей) от предельных значений, указанных в рабочих чертежах. Качество поверхности характеризуется ее шероховатостью, величиной и знаком остаточных напряжений в поверхностном слое, ее структурой и химическим составом. Требования точности и качества назначает конструктор на основе эксплуатационных требований к детали и рекомендаций ГОСТа. Несоблюдение заданных требований точности и качества детали в процессе ее изготовления может стать причиной снижения эксплуатационных свойств, надежности машин и их преждевременного выхода из строя.

Все способы размерной обработки деталей классифицируют по виду используемой энергии на механические, физико-химические и комбинированные.

Механические делятся на: 1) точение; 2) сверление; 3) строгание; 4) фрезерование; 5) протягивание; 6) шлифование; 7) отделочные операции.

В основу классификации способов механической обработки заложен вид используемого инструмента и кинематика движений. Так, в качестве инструмента при точении используются токарные резцы; при сверлении – сверла; при фрезеровании – фрезы; при строгании – строгальные резцы; при протягивании – протяжки; при шлифовании – шлифовальные круги; при хонинговании – хоны; а при суперфинише – абразивные бруски.

Физико-химические методы подразделяются на: 1) электроэрозионную; 2) электрохимическую; 3) лучевую; 4) ультразвуковую.

Комбинированные методы: ультразвуковая механическая обработка; плазменно-механическая; электрохимическое шлифование. Эти методы одновременно совмещают несколько традиционных методов.

Обработка резанием – это процесс получения деталей требуемой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей за счет механического срезания с поверхностей заготовки режущим инструментом материала технологического припуска в виде стружки.

Основным режущим элементом любого инструмента является режущий клин. Его твердость и прочность должны существенно превосходить твердость и прочность обрабатываемого материала, обеспечивая его режущие свойства. К инструменту прикладывается усилие резания, равное силе сопротивления материала резанию, и сообщается перемещение относительно заготовки со скоростью V . Под действием приложенного усилия режущий клин врезается в заготовку и, разрушая обрабатываемый материал, срезает с поверхности заготовки стружку.

Внешний вид стружки характеризует процессы деформирования и разрушения материала, происходящие при резании. Различают четыре возможных типа образующихся стружек: сливная; суставчатая; элементная и стружка надлома.

В процессе резания режущий клин, испытывая интенсивное трение, контактирует с материалом стружки и обработанной поверхностью в контактных зонах. Для снижения сил трения и нагрева инструмента применяют принудительное охлаждение зоны резания смазочно-охлаждающими средами (СОС), подавая их в зону резания специальными устройствами.

В зависимости от используемого типа инструмента способы механической обработки подразделяются на лезвийную и абразивную. Отличительной особенностью лезвийной обработки является наличие у обрабатываемого инструмента острой режущей кромки определенной геометрической формы, а для абразивной обработки – наличие различным образом ориентированных режущих зерен абразивного инструмента, каждое из которых представляет собой микроклин.

Основными способами лезвийной обработки являются точение, сверление, фрезерование, строгание и протягивание. Способы абразивной обработки – шлифование, хонингование и суперфиниширование (полирование).

Любой способ обработки включает два движения: главное – движение резания и вспомогательное – движение подачи. Подача – это расстояние между положениями режущей кромки за определенный промежуток времени. Главное движение обеспечивает срез металла, а вспомогательное – подачу в зону обработки следующего необработанного участка заготовки. Эти движения осуществляются за счет перемещения заготовки или инструмента.

В процессах сверления, точения, фрезерования и шлифования главное движение подачи выполняются одновременно, а в процессах строгания, хонингования движение подачи выполняется после главного движения.

К основным параметрам режима резания относятся скорость главного движения резания, скорость подачи и глубина резания. Скорость главного движения резания определяется максимальной линейной скоростью главного движения режущей кромки инструмента. Эта скорость выражается в м/с. Если главное движение резания вращательное, как при точении, сверлении, фрезеровании и шлифовании, то скорость резания будет определяться линейной скоростью главного движения

наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки – максимальной линейной скоростью главного движения:

$$v = \omega D/2,$$

где D – максимальный диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, определяющий положение наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки; ω – угловая скорость.

Выразив угловую скорость ω через частоту вращения шпинделя станка n , получим: $v = \pi n D$.

При строгании и протягивании скорость резания определяется скоростью перемещения строгального резца и протяжки в процессе резания относительно заготовки. При хонинговании и суперфинишировании скорость резания определяется с учетом осевого перемещения инструмента. Скорость резания оказывает наибольшее влияние на производительность процесса, стойкость инструмента и качество обработанной поверхности.

Подача инструмента определяется скоростью подачи V_s . В технологических расчетах параметров режима при точении, сверлении, фрезеровании и шлифовании используется понятие подачи на один оборот заготовки S_0 , мм/об. Подача на один оборот численно равна перемещению инструмента за время одного оборота: $S_0 = V_s/n$.

Силы резания P представляют собой силы, действующие на режущий инструмент в процессе упругопластической деформации и разрушения срезаемой стружки. Мощность процесса резания определяется: $N = P_s v$

Производительность обработки при резании определяется числом деталей, изготавливаемых в единицу времени: $Q = 1/T_{шт}$. Время изготовления одной детали равно: $T_{шт} = T_0 + T_{ин} + T_{всп}$, где T_0 – машинное время обработки, затрачиваемое на процесс резания, определяется для каждого технологического способа; $T_{ин}$ – время подвода и отвода инструмента при обработке одной детали; $T_{всп}$ – вспомогательное время установки и настройки инструмента. При обработке резанием решается задача по установлению максимально допустимой производительности при сохранении требуемого качества поверхности и стойкости инструмента.

Электроэрозионная обработка основана на использовании явления электрической эрозии – разрушения материала электродов при электрическом пробое межэлектродного промежутка. Размерная электроэрозионная обработка заключается в изменении формы, размеров, шероховатости и свойств поверхности заготовки путем съема материала припуска за счет управляемого процесса электрической эрозии. Для неё требуется генератор электрических импульсов, рабочая жидкость (низкомолекулярные углеводороды различной вязкости – керосин, промышленное масло, трансформаторное масло и их смеси, вода, кремнийорганические жидкости и водные растворы спиртов), электроды.

Размерная электрохимическая обработка заключается в получении деталей требуемой геометрической формы, размеров и качества поверхности путем снятия с поверхности заготовок слоя металла припуска электрохимическим растворением. Электрохимическая обработка основана на явлении анодного растворения металлов при электролизе.

Область эффективного использования электрохимической обработки обусловлена следующими технологическими особенностями:

- способ позволяет обрабатывать только электропроводные материалы;
- производительность способа не зависит от твердости и прочности обрабатываемых материалов и в несколько раз превосходит производительность обработки резанием заготовок из высокопрочных твердых сплавов, металлокерамики и сталей в закаленном состоянии;
- способ позволяет обрабатывать поверхности любой формы;
- в металле обработанной поверхности отсутствуют остаточные напряжения и наклеп.

Контрольные вопросы.

1. Что такое литейная форма и для чего она предназначена?
2. Какие свойства формовочных смесей Вы знаете?
3. Для чего необходима литниковая система?
4. Из каких материалов изготавливают кокиль?
6. На каком свойстве металлических сплавов основана ОМД?

Основная литература:

1. Вишневецкий Ю.Т., Синдеев Ю.Г. «Материаловедение для технических колледжей»: учебное пособие для проф. уч-щ, лицеев и колледжей, 13-е изд. доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2013 г. – 407
2. Арзамасов В.Б., Черепашин А.А. «Материаловедение: учебник» - М.: Экзамен, 2014 г. – 350 с.

Дополнительная литература:

3. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. «Материаловедение»: учебник – 6-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2013 г. – 320 с.
4. Стерин И.С. «Материаловедение: учебник для ссузов» - М.: Дрофа, 2010 г. – 352 с.