




Департамент образования Ивановской области
областное государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Шуйский технологический колледж»
155901 г. Шуя, Ивановская обл., Учебный городок, 1
 (49351) 4-70-81  www.prof4.ru  liceyshuya@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине

ОП.04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

по специальности

**23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного
транспорта**

Введение

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине ОП.04 «Материаловедение» предназначены для студентов по профессиям среднего профессионального образования с учетом профиля подготовки (технический профиль).

В данном методическом пособии приведены указания по выполнению практических и лабораторных работ по темам дисциплины, указаны темы и содержание лабораторных и практических работ, формы контроля по каждой теме и рекомендуемая литература.

Данные рекомендации способствуют развитию Ваших общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей. Рекомендованы к использованию при изучении учебной дисциплины ОП.04 «Материаловедение» в учреждениях среднего профессионального образования с учетом специфики профиля подготовки (технический профиль).

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен **уметь:**

- выбирать материалы на основе анализа их свойств, для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен **знать:**

- строение и свойства машиностроительных материалов;
- методы оценки свойств машиностроительных материалов;
- области применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов;
- методы защиты от коррозии;
- способы обработки материалов;

В современной системе среднего профессионального образования большая роль отводится практико-ориентированному обучению, следовательно, в содержании каждой учебной дисциплины должно быть определенное количество лабораторных и практических работ.

Лабораторные и практические работы позволят Вам сформировать практические навыки работы, профессиональные компетенции. Они входят в структуру изучения учебной дисциплины ОП.04 «Материаловедение».

Лабораторные и практические работы представляют собой элемент учебной дисциплины и оцениваются по критериям, представленным ниже:

Оценка «5» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент показывает системные и полные знания и умения по данному вопросу;
- работа оформлена в соответствии с рекомендациями преподавателя;
- объем работы соответствует заданному;
- работа выполнена точно в сроки, указанные преподавателем.

Оценка «4» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент допускает небольшие неточности или некоторые ошибки в данном вопросе;
- работа оформлена с неточностями в оформлении;
- объем работы соответствует заданному или чуть меньше;
- работа сдана в сроки, указанные преподавателем, или позже, но не более чем на 1-2 дня.

Оценка «3» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, но в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы или тематика изложена нелогично, не четко представлено основное содержание вопроса;
- работа оформлена с ошибками в оформлении;
- объем работы значительно меньше заданного;
- работа сдана с опозданием в сроках на 5-6 дней.

Оценка «2» выставляется студенту, если:

- не раскрыта основная тема работы;
- работа оформлена не в соответствии с требованиями преподавателя;
- объем работы не соответствует заданному;
- работа сдана с опозданием в сроках больше 7 дней.

Лабораторные и практические работы по своему содержанию имеют определенную структуру, предлагаем рассмотреть ее: ход работы приведен в начале каждой практической и лабораторной работы; при выполнении практических работ студентами выполняется задание, которое указано в конце работы ; при выполнении лабораторных работ Вами составляется отчет по ее выполнению, содержание отчета указано в конце лабораторной работы.

При выполнении лабораторных и практических работ студентами выполняются определенные правила, рассмотрите их ниже: лабораторные и практические работы выполняются во время учебных занятий; допускается окончательное оформление лабораторных и практических работ в домашних условиях; разрешается использование дополнительной литературы при выполнении лабораторных и практических работ; перед выполнением лабораторной и практической работы необходимо изучить основные теоретические положения по рассматриваемому вопросу.

Содержание.

Введение

Лабораторная работа № 1 «Макроисследование металлов и сплавов».

Лабораторная работа № 2 «Изучение микроструктуры сталей, белого и серого чугунов».

Лабораторная работа № 3 «Изучение микроструктур цветных металлов и сплавов».

Лабораторная работа № 4 «Определение твердости металлов методами Роквелла и Бринелля».

Лабораторная работа № 5 «Испытания на ударный изгиб».

Лабораторная работа № 6 «Определение качества пластичной смазки».

Лабораторная работа № 7 «Определение физико-механических свойств резиновых материалов».

Лабораторная работа № 8 «Проведение закалки и отпуска углеродистой стали».

Лабораторная работа № 9 «Исследование температуры отпуска на свойства закаленной стали».

Лабораторная работа № 10 «Изучение микроструктур цементованной стали».

Практическая работа № 1 «Расшифровка марок металлов и сплавов».

Практическая работа № 2 «Исследование влияния скорости охлаждения на свойства стали».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Макроисследование металлов и сплавов.

Цель работы. Ознакомление с методикой приготовления макрошлифов и освоение методов выявления макроскопического строения и дефектов стали.

Оборудование: шлифовальный станок, фарфоровая чашка, щипцы, бинокулярный микроскоп, лупа, реактив для травления (хлористая медь CuCl_2 85 г + хлористый аммоний NH_4Cl 53 г + вода H_2O 1000 мл – реактив Гейне), 5%-ный раствор серной кислоты, фиксатор (тиосульфат натрия), глянцевая бромсеребряная бумага, фильтровальная бумага, вата, образцы сплавов.

Макроанализ по виду излома

Излом – поверхность, образующаяся после разрушения образца или изделия. Различают изломы хрупкий (*например*, у керамики, закаленных сталей); вязкий со следами местной пластической деформации на поверхности излома; усталостный – после разрушения в результате многократного нагружения. Анализ и правильное — чтение изломов играют важную роль при установлении причин аварий и поломок. Макроскопический анализ структуры изломов называется *фрактографией*.

По виду излома можно судить о величине зерна металла или сплава, наличии перегрева, причине разрушения (усталостный излом), о наличии расслоения, рыхлости и др. Изломы бывают кристаллические (зернистые), волокнистые и смешанные, продольные и поперечные.

Вязкий (волокнистый) излом обычно наблюдается после пластической деформации образца с появлением шейки перед разрушением. Волокнистый излом имеет место в отожженных доэвтектоидных сталях, а также в сталях, улучшенных термической обработкой (закалка полная, отпуск высокий). Вязкие изломы не имеют кристаллического блеска, характеризуют доброкачественную структуру металла (рис.1,а).

Хрупкие (кристаллические) изломы. Хрупкому разрушению подвержены закаленные стали, поверхности изломов состоят из множества блестящих площадок. Различают следующие разновидности хрупких изломов: транскристаллический (проходит по телу зерна), межкристаллический (интеркристаллический), крупнозернистый (грубозернистый, крупнокристаллический), мелкозернистый (мелкокристаллический), нафталинистый, камневидный, шиферный, черный, усталостный.

Нафталинистый - транскристаллический излом, по внешнему виду напоминающий блеск нафталина, встречается у быстрорежущих сталей при нарушении режима термической обработки.

Камневидный излом - межкристаллический, имеющий крупнозернистое строение, появляется в сталях в процессе перегрева при горячей механической обработке, признак недоброкачественности структуры.

Шиферный (слоистый) излом - характеризуется древовидным расположением волокон в продольных изломах стали. Встречается в среднеуглеродистых сталях, загрязненных неметаллическими включениями и перенасыщенных газами.

Черный излом является следствием выделения графита из сталей с высоким содержанием углерода и кремния после длительного отжига при низких температурах или закалки с отпуском при температуре 700°C .

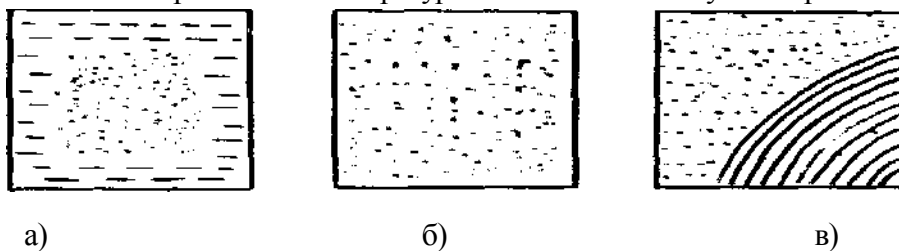


Рис.1. Строение вязкого (а), хрупкого (б) и усталостного (в) изломов

Усталостный излом встречается в деталях, работавших при циклических нагрузках (рельсы, оси, валы, шестерни, штоки, клапанные пружины и др.). На изломе поверхности разграничиваются на очаг разрушения (риски, забоины, трещины, неметаллические, газовые включения), зону постепенного развития усталостной трещины и зону излома. Усталостная трещина, развиваясь, постепенно ослабляет поперечное сечение детали. Не пораженное трещиной сечение не может противодействовать нагрузке на деталь и разрушается. Зона излома может иметь признаки или хрупкого, или вязкого разрушения (рис.1,в).

Излом с закалочной трещиной имеет два характерных участка: темный - окисленная поверхность закалочной трещины и светлый - мелкозернистый хрупкий излом. Закалочная трещина возникает при чрезмерно высокой скорости охлаждения стали. Образование поперечной закалочной трещины в рельсе связано с местным нагревом рельс до закалочной температуры при буксовании колеса локомотива и последующим очень быстрым отводом тепла.

Нагревание буксы вызывает излом шейки оси (рис.2). В сечении излома отломившейся части выделяются следующие слои: 1 слой – основной металл, 2 слой имеет крупнозернистую структуру и явные следы скручивания металла, 3 слой – сердцевина, более темная по цвету.

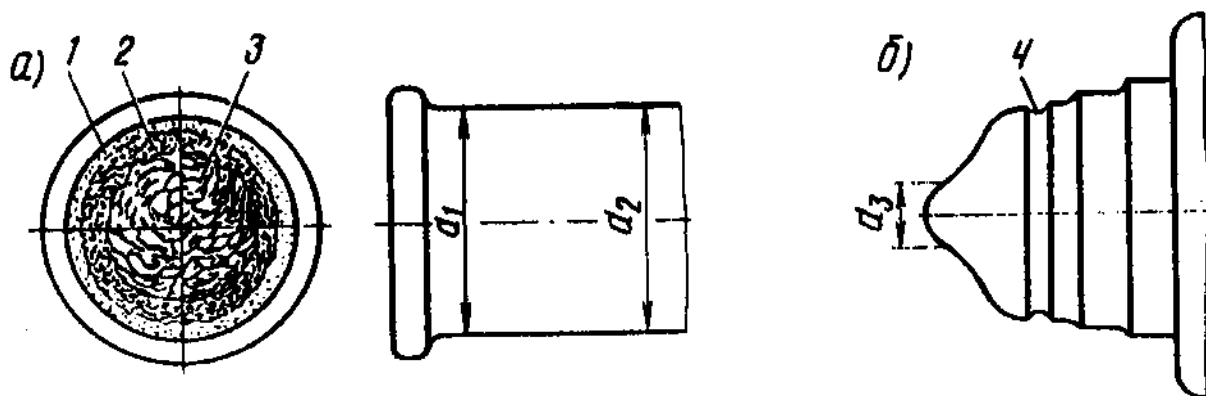


Рис. 2. Характерные признаки излома шейки оси в результате нагревания буксы а – отломившаяся часть; б – оставшаяся часть

Макроанализ при помощи макрошлифов

Исследование на макрошлифах с применением реактивов проводят с целью выявления направления волокон в детали, определения места наплавки после ремонта деталей, равномерности распределения углерода, серы, фосфора в сечении, выявления пор, раковин, трещин и других дефектов, а в сварных соединениях - исследуются особенности структуры сварного шва.

Макрошлиф - это образец, одна поверхность которого специально подготавливается для проведения исследований.

На рис.3 показана макроструктура болта с правильным (рис.3, б) и неправильным (рис.3, а) расположением волокон в детали. Волокна болта, изготовленного ковкой с высадкой, соответствуют его конфигурации. Волокна болта, выточенного из заготовки, расположены параллельно его оси, что влечет за собой резкое снижение ударной вязкости в месте перехода от головки к стержню.

Химическая неоднородность стали может быть выявлена наиболее наглядно только при помощи макроанализа, так как общий химический состав стали дает представление лишь о среднем количественном содержании элементов, входящих в металл, но не характеризует распределения их по сечению.

Выявление общей ликвации углерода, фосфора производят травлением шлифованной поверхности реактивом Гейне. На продольных макрошлифах наблюдаются темные полосы в виде волокон - это ликвационные зоны, обогащенные углеродом и фосфором (рис.4). На поперечных шлифах волокон нет.

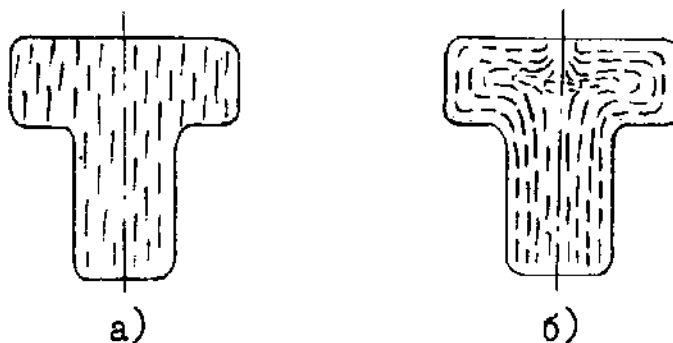


Рис 3. Макроструктура болта, изготовленного резанием (а) и ковкой с высадкой (б)

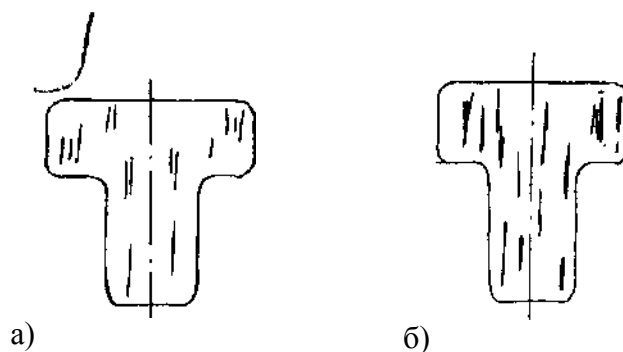


Рис. 4. Общая ликвация в стали: болт (а) с небольшим и болт (б) с большим содержанием углерода и фосфора

Ликвацию серы определяют методом серного отпечатка на фотобумаге (по Бауману). По результатам исследований отмечается, как распределена (равномерно или неравномерно) сера по сечению детали. Неравномерное распределение серы ускоряет разрушение металла в процессе эксплуатации.

Качество сварных соединений определяется различными методами макроанализа. Визуальный осмотр сварных швов позволяет вскрыть отклонения в размерах и форме сварного шва. Дендритное строение сварного шва, зону термического влияния, мелкие трещины и поры обычно выявляют при травлении исследуемых поверхностей сварного шва реактивом Гейне (рис.5).

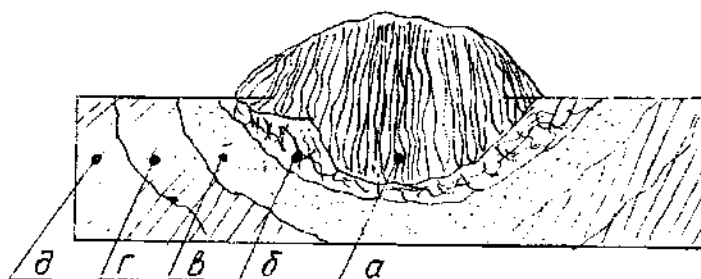


Рис.5. Макроструктура сварного шва:
швов (а), участок перегрева (б), участок мелкого зерна (в),
участок перекристаллизации (г), исходная сталь (д)

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить макрошлифы. Одна поверхность образца шлифуется наждачной бумагой различных номеров в последовательности от более крупного до более мелкого № 220 – 320. При этом водят по шлифу бумагой, а не наоборот. Подготовленную поверхность протирают ватой, смоченной спиртом для обезжиривания перед травлением. Травление макрошлифа производят крепкими и сильнодействующими реактивами.
2. Выявить в темплетах трещины, поры, раковины глубоким травлением подогретым до 60 – 70 °С водным раствором соляной кислоты (по 50 см³ HCl и H₂O). Время травления 10-45 мин. Поверхность после травления промыть, обработать 15% раствором азотной кислоты и просушить. Выявленные видимые дефекты зарисовать. Этим методом выявляют и направления в расположении волокон.
3. Выявить ликвацию серы, применяя метод Баумана, на двух образцах. Листы фотобумаги, замоченные в 5% растворе серной кислоты наложить на подготовленную поверхность эмульсионной стороной (не допускать сдвига и поглаживанием удалять выделяющийся газ), выдержать 3-4 минуты. Бумагу промыть, зафиксировать отпечаток, выдержав в течение 20-30 мин в 20% растворе гипосульфита, после чего снова промыть и просушить.
4. Выявить ликвацию углерода, фосфора травлением отшлифованной поверхности в реактиве, состоящем из 85 г хлорной меди и 53 г хлористого аммония в 1000 см³ воды. Образец подготовленной поверхностью погрузить в реактив и выдержать 1-2 мин. Образовавшийся на поверхности слой меди смыть струей воды, макрошлиф протереть мокрой ватой и просушить. Темные (глубоко протравленные) участки характеризуют распределение углерода, фосфора.
5. Рассмотреть, зарисовать поверхность изломов образцов и охарактеризовать их по размеру зерна (мелкозернистая, крупнозернистая структура) и другим основным признакам.

Содержание отчета:

цель работы; краткие сведения из теории макроанализа; зарисовки изломов; зарисовки характера общей ликвации и направления волокон; отпечаток на фотобумаге характера распределения серы; ликвации углерода, фосфора; зарисовки макрошлифа сварного соединения, поверхности изломов; выводы по результатам анализов.

Контрольные вопросы:

1. Макроскопический анализ и его цель.
 2. Виды макроанализа.
 3. Как готовят макрошлиф?
 4. Как выявляют дефекты, нарушающие сплошность детали?
 5. Как выявляют ликвацию серы?
 6. Как выявляют ликвацию углерода, фосфора?
 7. Макроструктура сварного соединения.
 8. Виды изломов.
- Причины, вызывающие возникновение усталостных изломов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Изучение микроструктуры сталей, белого и серого чугунов.

Цель работы: изучить микроструктуру сталей, белого и серого чугунов.

Оборудование: металлографический микроскоп; наборы микрошлифов углеродистых сталей: доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной; набор микрошлифов чугунов – белые чугуны (доэвтекктический, эвтекктический, заэвтекктический), серые чугуны на одной из приводимых основ (ферритной, ферритно-перлитной).

Задание:

1. Изучите устройство и принцип работы металлографического микроскопа.
2. По рис.1 и рис.2 изучите микроструктуры углеродистых сталей и чугунов.
3. Рассмотрите в микроскоп микрошлифы углеродистых сталей, белых и серых чугунов, определите структуры сталей и чугунов. Сделайте зарисовки каждой из этих структур в отчете с указанием структурных составляющих.

1.Краткие теоретические сведения.

Сталью называются железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода до 2%. Свойства углеродистых сталей зависят от содержания в них углерода. Углерод, вступая в химическое взаимодействие с железом, образует карбид железа Fe_3C , который носит название *цементит*. В небольшом количестве (0,006%) углерод растворяется в железе, образуя твердый раствор, который носит название *феррит*. Углеродистые стали состоят из феррита и цементита.

В сталях, содержащих 0,8% углерода и называемых *эвтектоидными* (рис.2, а), весь цементит 2 находится в пластинках, равномерно рассеянных в феррите 1. Такая структура носит название перлита. В сталях, содержащих углерода менее 0,8% и называемых *доэвтектоидными* (рис.2, б), структура состоит частично из перлита 3 и частично из чистого феррита 1. В сталях, содержащих углерода более 0,8% и называемых *заэвтектоидными* (рис. 2, в), структура состоит из зерен перлита 3, окруженных сеткой цементита 2.

Растворимость (протравливаемость) цементита и феррита в кислоте различна. Чтобы рассмотреть под микроскопом структуру металла, зеркально отполированную поверхность стальных образцов обрабатывают сильной кислотой. Из-за большой протравливаемости феррита в местах его выхода на полированную поверхность образуются углубления. Обработанная таким образом зеркальная поверхность получит микрорельеф. Такие образцы носят название *микрошлифов*.

Чугунами называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода более 2%.

Чугуны, в составе которых весь углерод связан, называют *белыми*. Такие чугуны делятся на *доэвтекктические* (рис.1, а), *эвтекктические*, содержащие 4,3% углерода (рис. 1, б), *заэвтекктические* (рис. 1, в), содержащие углерода более 4,3%.

В технике и строительстве применяют серые, серые высокопрочные и ковкие чугуны, в которых углерод частично или почти полностью находится в несвязанном состоянии в виде графита. Их структура состоит из металлической основы: ферритной (рис. 1, г, е), перлитной (рис. 1, д) и графитовых включений различной конфигурации, зависящей от способа получения серого чугуна.

Серые чугуны получают введением в процессе плавки кремния. Образовавшиеся графитовые включения в серых чугунах имеют форму лепестков (см. рис. 1, г).

Высокопрочные серые чугуны, получаемые при введении магния или церия, имеют шаровидные включения графита (рис. 1, е).

Ковкие чугуны получают путем длительного выдерживания при высоких температурах (томлении) белых чугунов. В структуре ковких чугунов присутствуют хлопьевидные включения графита (см. рис.1, д).

Перед работой ознакомьтесь с металлографическим микроскопом (рис. 3). Образец 1 устанавливают на столик 2 микроскопа. От источника света 3 луч преломляется призмой 4 на зеркальную поверхность образца под углом α . Отраженный от зеркальной поверхности луч второй призмой преломляется в окуляр 5.

Так как поверхность имеет микрорельеф, то при падении луча на поверхность образца под углом α от выступающих компонентов сплава на поверхность будут падать тени, которые можно наблюдать в поле зрения микроскопа. Так как тени будут располагаться по границам структурных составляющих сплава, то по ним можно судить о структуре металла.

Рассмотрев в микроскоп шлифы углеродистой стали, пользуясь рис. 2, студенты определяют структуру стали и делают зарисовки каждой из этих структур в отчете с указанием структурных составляющих.

Микрошлифы чугунов необходимо начинать рассматривать с белых чугунов, затем – микрошлифы серых чугунов. Все рассмотренные микрошлифы необходимо зарисовать в отчет с названием структурных составляющих.

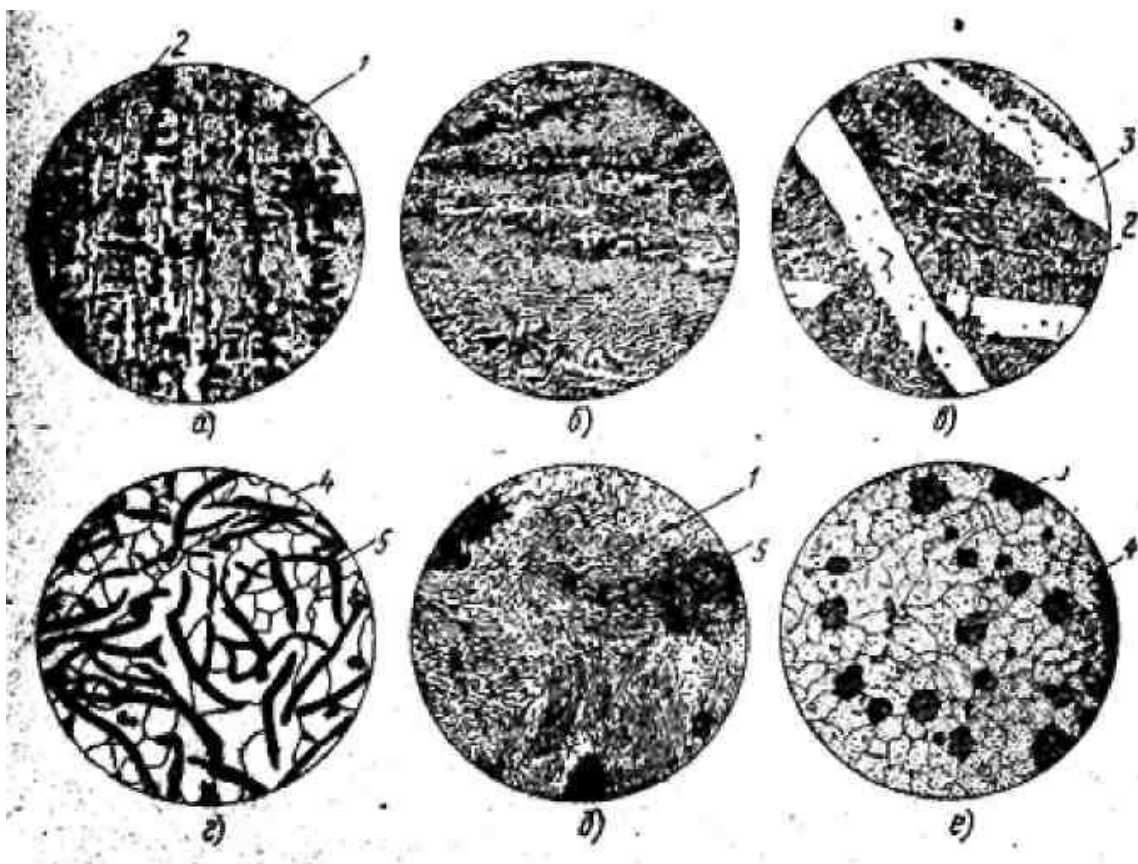


Рис. 1 - Структуры чугунов:

а – белый доэвтектический, б – белый эвтектический (ледебурит), в – белый заэвтектический, г – серый на ферритной основе, д – ковкий на перлитной основе, е – модифицированный, высокопрочный на ферритной основе; 1 – перлит, 2 – ледебурит, 3 – цементит, 4 – феррит, 5 – графит.

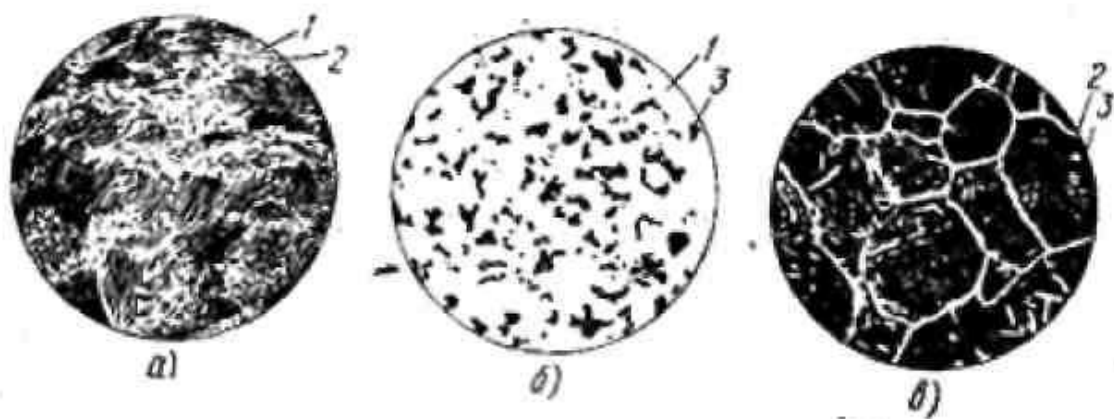


Рис. 2 - Микроструктура углеродистых сталей: а – эвтектоидная, б – доэвтектоидная, в – заэвтектоидная; 1 – феррит, 2 – цементит, 3 – перлит

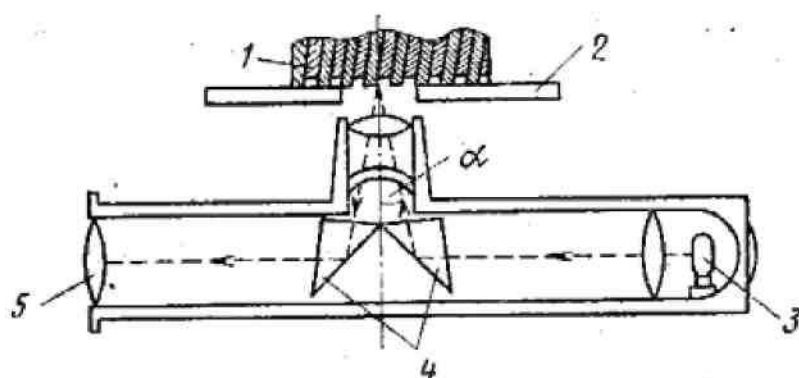


Рис. 3 - Схема металлографического микроскопа:
1 – образец, 2 – столик, 3 – источник света, 4 – призмы, 5 – окуляр.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Изучение микроструктур цветных металлов и сплавов.

Цель работы: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов машиностроения.

1. Краткие теоретические сведения.

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;
- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;
- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;
- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;
- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;
- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литиевые сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 17, а схемы микроструктур приведены на рис. 14. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами: высокой способностью жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 17. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов.

№ шлифа	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический состав, %	Обработка сплава	Структурные составляющие
42	Дуралюмин	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg; 0,3...0,9Mn.	Отжиг	α -раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α -раствора с двойниковыми кристаллами и (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo;1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствора (светлый)
47	Магниевого сплава	МЛ5	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный α -раствор и Mg_4Al_3
48	Бронза оловянная	БрО10Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты α -раствора (темные), эвтектоид (светлый) и Cu_3P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	α -раствор, светлые крупные кристаллы β и мелкие Cu_3Sn

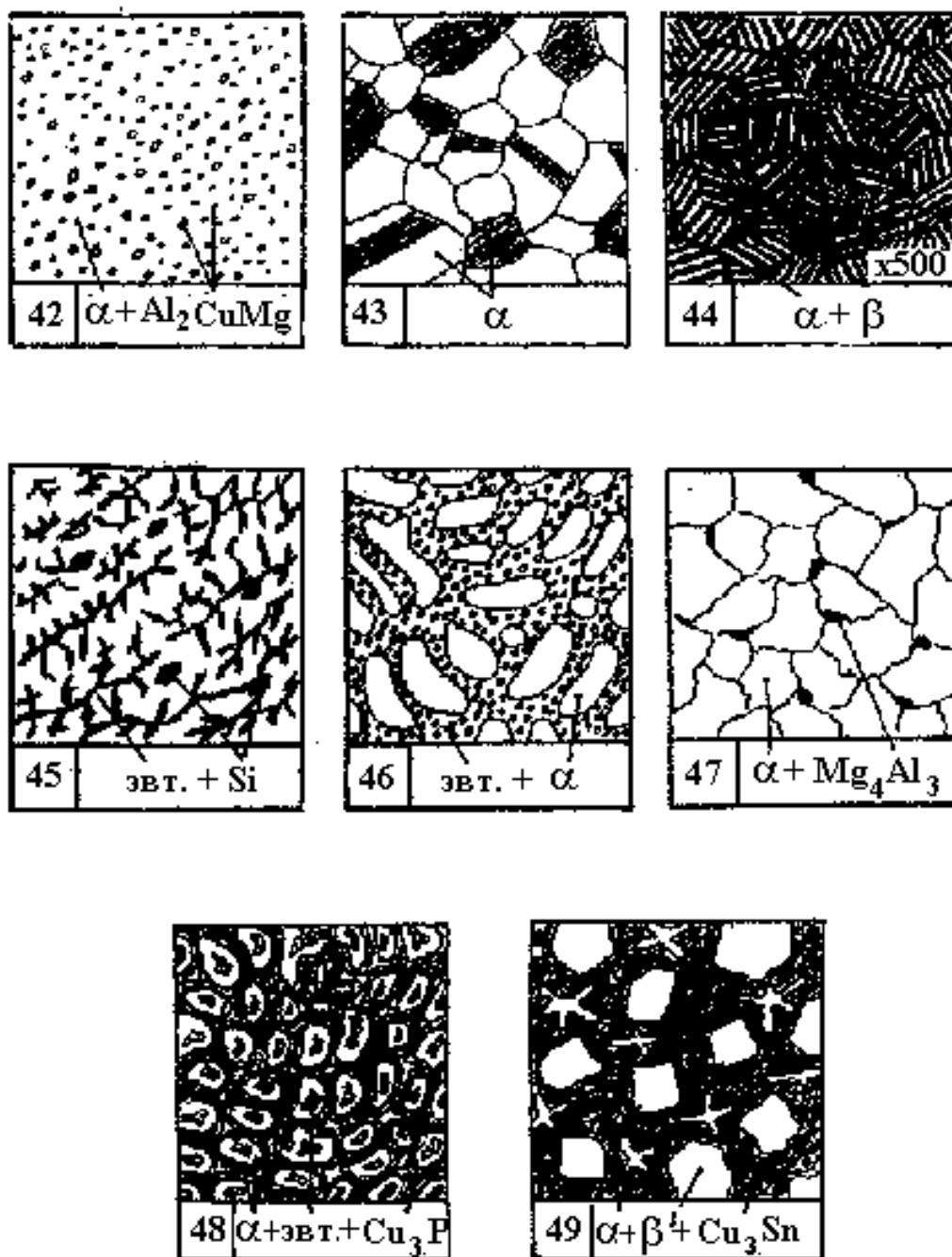


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов.

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (*дуралюмины*). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из α - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений CuAl_2 , Al_2CuMg (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются **медно-цинковые сплавы** (латуни). Двухкомпонентные сплавы медь-цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного α -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора α , имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различный цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуней с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен α - твердого раствора и фазы β' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения CuZn). Такие двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из α - раствора или $\alpha+\beta$ - растворов на основе титана. Твердый раствор α на основе Ti α имеет гексагональную кристаллическую решетку, β - раствор на основе Ti β - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь α - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надрезов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из α раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твердого раствора α и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру α - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора α и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: α - раствора и Cu₃₁Sn₈ (δ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu₃P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магниевых* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ15. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ15 состоит из α -твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения Mg₄Al₃. Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный α -раствор с частицами Mg₄Al₃ (закалка). Магниевого сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого α -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной β' -фазы на основе химического соединения SnSb с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения Cu₃₁Sn₈, которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов β' - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора α и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

В работе используются металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов. Описание микроскопов дано в лабораторной работе № 1.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры типовых цветных сплавов машиностроения: алюминиевых, медных, титановых, магниевых, баббита. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа $\times 100$. Студентам предоставляется лабораторная коллекция микрошлифов, подготовленных для анализа.

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 17 и схем микроструктур (рис. 14) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: перечень классов цветных металлов; краткие сведения о типовых литейных и деформируемых цветных сплавах машиностроения.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех цветных сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ

1. Как классифицируются цветные металлы?
2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находит алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?
8. Что представляет собой твердый раствор α в дуралюминах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Определение твердости металлов методами Роквелла и Бринелля.

Цель: научиться определять твердость металлов различными способами.

Оборудование: твердомер Бринелля; твердомер Роквелла; образцы в виде пластин или дисков из различных металлов; таблицы показателей механических свойств металлов и сплавов.

Время на проведение работы – 2 часа

Задание:

1. Изучите методику определения твердости по Бринеллю и Роквеллу.
2. Определите твердость металлов и сплавов различными способами.
3. Составьте отчет о работе по форме 1.

Подготовительные работы

Заранее подготавливают образцы различных металлов и сплавов, твердость которых будут определять. Образцы изготавливают в виде пластин или дисков с параллельными плоскостями. Толщина пластин или дисков зависит от предполагаемой твердости металла. Так, толщина образцов из мягких сталей, алюминия, меди должна быть не меньше 6 мм, из других сталей, дюралюмина, силуминов, никеля, бронз, латуней – не менее 4 мм.

Поверхность образцов очищают от окалины и других посторонних веществ. На ней не должно быть вмятин, следов от ударов, раковин.

Содержание работы

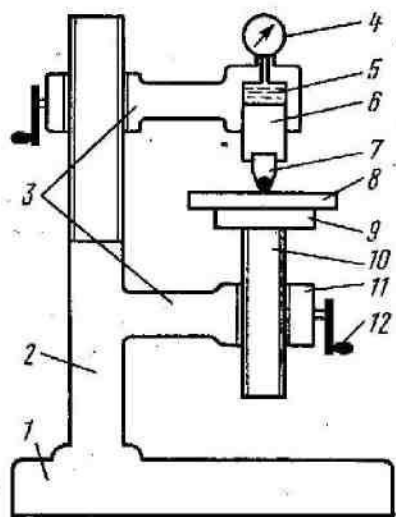
Твердостью металла называют его способность сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела. Твердость металлов определяют, измеряя деформации в поверхностном слое металла при вдавливании в него шарика или индикатора (деталь в виде острия) под действием регламентированной нагрузки.

Определение твердости по Бринеллю. Твердость металла по Бринеллю оценивают по диаметру отпечатка на поверхности испытуемого металла, оставленного вдавливаемым шариком.

Твердость определяют с помощью твердомера Бринелля (рис. 1).

Испытуемый образец 8 кладут на рабочий стол твердомера 9 так, чтобы центр отпечатка отстоял от края образца не менее чем на 2,5 диаметра предполагаемого отпечатка (для меди и алюминия $3,0d$), а расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее $4,0d$, а для меди и алюминия $6,0d$. Вращением рукоятки 12, насаженной на червячный вал редуктора 11, поднимают стол 9 с образцом 8. При этом шарик наконечника вдавливается в поверхностный слой образца 8. Одновременно наконечник через поршень 6 сжимает в гидроцилиндре 5 масло, давление в котором определяют по манометру 4.

Шарики наконечника - съемные, изготовлены из термически обработанной стали с твердостью, определенной по методу Виккерса не менее HV 850. Диаметр применяемых шариков 2, 5 и 10 мм. Для образцов, толщина которых указана в описании подготовительных работ, используют шарики диаметром 10 мм.



Загружают образец равномерно, что достигается плавным вращением рукоятки со скоростью примерно один оборот в секунду. После того как нагрузка достигнет требуемой величины, ее выдерживают определенное время. Размер нагрузки и время выдержки под нагрузкой образца зависит от твердости металла и толщины испытуемого образца (табл. 1).

Рисунок 1 – Твердомер Бринелля

1- станина; 2 - колонна; 3- консоли; 4 - манометр; 5 - гидроцилиндр; 6 - поршень; 7- сменный наконечник; 8 - испытуемый образец; 9-рабочий стол; 10- червячный винт; 11-червячный редуктор; 12 – рукоять

Таблица 1- Размер нагрузки и время выдержки под нагрузкой при диаметре шарика 10 мм

Материал	Интервал твердости в числе Бринелля	Нагрузка на шарик Р, кгс	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы (мягкие стали)	140	1000	10
Черные металлы (мягкие стали)	140-450	3000	10
Никель, дюралюмины, силумины, латуни, бронзы	35-130	1000	30
Алюминий, медь	8-35	250	60

Нагрузку на образец определяют по показанию манометра 4, который в некоторых случаях градуирован на величину нагрузки в кгс. Требуемое показание манометра устанавливают по формуле: $M = P / F_p$, (1)
где М – показание манометра, кгс/см; Р – требуемая нагрузка по таблице 1, кгс; F_p – площадь поршня цилиндра, см².

После того как время выдержки истечет, нагрузку снимают, вращая рукоять 12 в обратном направлении. Образец снимают со стола 9 и замеряют диаметр отпечатка отсчетным микроскопом, который входит в комплект прибора. Замер производят с погрешностью не более 0,01 мм. Твердость металла характеризуется числом твердости по Бринеллю НВ, которое определяют по формуле:

$$HB = P/S = 2P/3,14 \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2}), \text{ кгс/мм}^2$$

где P – усилие, действующее на шарик, кг;

S- площадь поверхности отпечатка, мм;

D- диаметр шарика, мм.;

d – диаметра отпечатка, мм;

HB – твердость по Бринеллю. Например, при измерении твердости шариком диаметром 10 мм под нагрузкой 3000 кгс, выдерживаемой в течение 10 с, число твердости по Бринеллю выражается символом HB, например HB 180. При других параметрах испытания их символ дополняется индексом. Например, HB 5/750/30-200, что означает число твердости по Бринеллю 200 при испытании шариком диаметром 5 мм, под нагрузкой 750 кгс, приложенной в течение 30 с.

К прибору Бринелля прилагается таблица, в которой число твердости по Бринеллю указано в зависимости от диаметра отпечатка и нагрузки. При наличии таких таблиц подсчеты по формуле (2) можно не делать.

Результаты испытания записывают в тетрадь по форме 1.

Форма 1

Материал или сплав	Измерение Твердости							
	По Бринеллю					По Роквеллу		
	Диаметр вдавливаемого							

Определение твердости по Роквеллу. Твердость металлов по Роквеллу оценивается глубиной проникновения в него наконечника (алмазного конуса или стального шарика), вдавливаемого с определенной силой. За условную единицу твердости по Роквеллу принята величина, соответствующая проникновению наконечника на 0,002 мм. Твердость определяют на рычажном твердомере Роквелла (рис. 2).

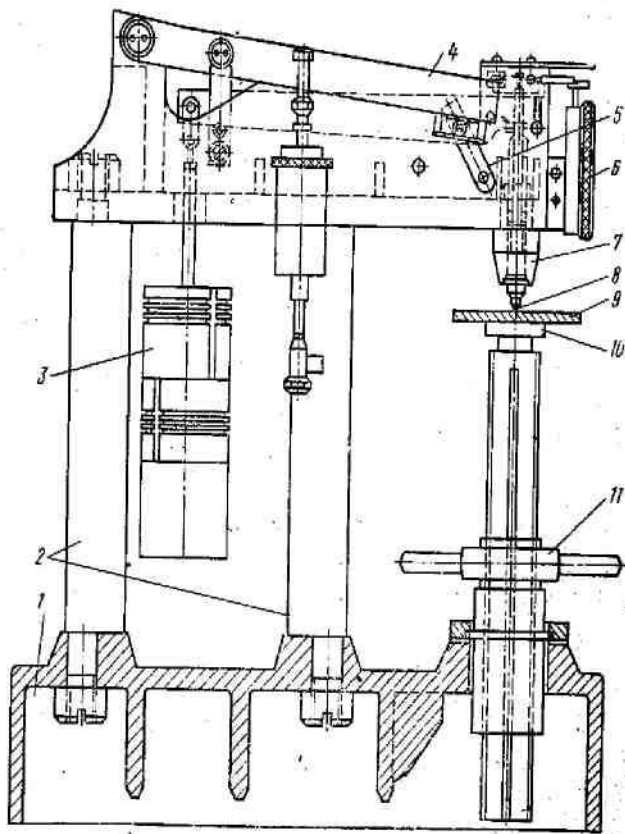


Рис. 2 - Твердомер Роквелла: 1 – станина, 2 – колонны, 3 – груз, 4 – рычажное устройство, 5 – рукоятка включения, 6 – индикатор, 7 – сменный наконечник, 8 – стальной шарик или индектор (алмазный конус), 9 – испытуемый образец, 10 – рабочий стол, 11 – маховик

Сменные наконечники 7 прибора оканчиваются стальным шариком диаметром 1,588 мм или индектором 8, представляющим собой алмазный конус.

На циферблате индикатора 6, по которому определяют число твердости, нанесены три шкалы: А, В, С. Шкала А служит для отсчетов при испытаниях алмазным конусом под общей нагрузкой 60 кгс. Число твердости в этом случае обозначается индексом HRA; пределы измерений HRA 70 – 90 единиц твердости. По шкале С твердость измеряют при том же наконечнике, но при общей нагрузке 150 кгс. Пределы измерений HRC 20 – 67. Шкала В предназначена для отсчетов при испытаниях шариком с общей нагрузкой 100 кгс. Пределы измерений по этой шкале HRB 25 – 100.

Наименьшая цена деления индикатора на всех шкалах равна 0,5 единиц твердости, что соответствует проникновению на 0,001 мм.

Твердость определяют в такой последовательности. В зависимости от ориентировочно ожидаемой твердости металла вставляют наконечник 7 и подвешивают груз 3. Образец 9 устанавливают на рабочий стол 10 твердомера таким образом, чтобы расстояние от отпечатка до края и до предыдущего отпечатка было не менее 30 мм.

Общая нагрузка на наконечник Р складывается из предварительной P_0 и основной P_1 . Предварительная нагрузка P_0 , которая во всех случаях равна 10 кгс, создается путем приближения образца к неподвижному наконечнику с помощью вращения маховика 11. В этот момент, когда предварительная нагрузка достигнет 10 кгс, маленькая стрелка индикатора совпадет с красной точкой, нанесенной на его циферблате. Затем, вращая обойму индикатора, совмещают его большую стрелку с нулевой точкой.

После этого рукояткой 5 плавно отводят опоры от рычажного устройства 4, передавая тем самым нагрузку от груза 3 через рычажное устройство на наконечник 7. Проникновение индикатора 8 наконечника в образец фиксируется по одной из шкал

индикатора. Для этого через 1-3 с после резкого замедления движения стрелки индикатора снимают основную нагрузку. Отсчет берут при продолжающемся действии предварительной нагрузки. Погрешность отсчета не более $\pm 0,5$ единиц шкалы. Взяв отсчет, снимают предварительную нагрузку. Результаты испытания записывают в отчет по форме 1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Испытания на ударный изгиб.

1. Общие сведения

Ударная вязкость характеризует способность металла работать при преднамеренных или случайных динамических (ударных) нагрузках, его склонность к хрупкому разрушению и чувствительность к концентраторам напряжения (поверхностным дефектам в виде надрезов, грубых рисок от механической обработки и др.).

В отличие от характеристик статической прочности, определяемых на разрывных машинах при скоростях деформирования $10^{-5} \dots 10^{-2}$ м/с, испытания на ударную вязкость проводят при скоростях деформирования (приложения нагрузки) до 4...7 м/с. Столь резкое повышение скорости и уменьшение времени приложения нагрузки изменяет характер протекающих в металле элементарных процессов, связанных с перемещением, размножением и взаимодействием точечных и линейных дефектов (дислокаций, вакансий) в кристаллической решетке в процессе деформации и вызывает соответствующее изменение свойств. Многие металлы, обладающие высокими прочностными свойствами при статическом (медленном) нагружении, не способны работать даже при небольших ударных нагрузках ввиду опасности их мгновенного хрупкого разрушения. Примером этого могут служить закаленные на высокую твердость (без отпуска) высокоуглеродистые инструментальные стали.

Ударную вязкость определяют при динамических испытаниях на изгиб образцов квадратного или прямоугольного сечения длиной 55 мм, шириной 10...8 мм, высотой 10...8 мм с концентраторами напряжений в виде поперечных надрезов следующих видов : U-образным с радиусом надреза 1 мм ; V-образным с радиусом надреза 0,25 мм и углом 45°, Т-образным с предварительно нанесенной усталостной трещиной. Виды и размеры наиболее часто применяемых образцов приведены на рис. 1. Как правило более острые надрезы применяют для материалов, используемых для изделий более ответственного назначения (по тяжести последствий разрушения).

Испытания проводят на маятниковых копрах (рис. 2) с предельной энергией до 300 Дж. Методика проведения испытаний регламентирована ГОСТ 9454-78.

За величину ударной вязкости (KC) принимают работу, затраченную на деформацию и разрушение образца (K), отнесенную к площади его поперечного сечения в месте надреза до испытания (F).

$$KC = K / F$$

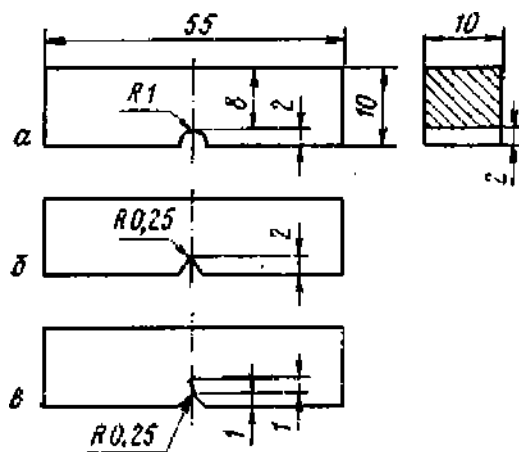


Рис. 1. Образцы для испытаний на ударный изгиб.

Стандартные размерности ударной вязкости Дж/см² и МДж/м². Тип концентратора напряжений указывается третьим индексом, добавляемом к обозначению *КС* и, таким образом, обозначениями ударной вязкости служат символы *KCU*, *KCV*, *KCT*, соответственно для U, V и T-образного надреза.

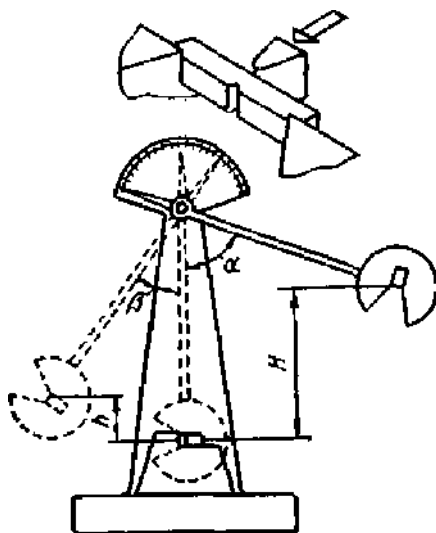


Рис. 2. Схема ударного испытания на изгиб на маятниковом копре

Схема испытания приведена на рис. 2. Образец кладут горизонтально в гнездо на опорах, обеспечив установку надреза строго в середине пролета между опорами. Удар наносят со стороны, противоположной надрезу, в плоскости, перпендикулярной продольной оси образца. Маятник копра закрепляется в исходном верхнем положении. По шкале фиксируется угол подъема маятника α .

Затем крепящую защелку вынимают, маятник свободно падает под собственной тяжестью, ударяет по образцу, изгибает и разрушает его, поднимаясь относительно вертикальной оси копра на угол β . Этот угол тем меньше, чем большая работа K затрачена маятником на деформацию и разрушение образца. Скорость маятника v_k м/с, в момент удара по образцу зависит от высоты подъема H и может быть определена по выражению, где g - ускорение свободного падения.

Величина работы деформации и разрушения определяется разностью потенциальных энергий маятника в начальный (после подъема на угол α) и конечный (после взлета на угол β) моменты испытания:

$K = P (H - h)$, где P - масса маятника, кг; H и h - высоты подъема и взлета маятника, м.

Если длина маятника L , то $h = L (1 - \cos \beta)$, $H = L (1 - \cos \alpha)$ и, следовательно,

$$K = PL (\cos \beta - \cos \alpha).$$

Эта формула и служит для расчета работы K по измеренным углам α и β (P и L постоянны для данного копра). Шкала копра может быть проградуирована в единицах работы, если угол подъема маятника α фиксирован.

Значения ударной вязкости определяют делением полной работы деформации и разрушения K на площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания F .

2. Порядок выполнения работы и заполнения рабочей таблицы

1. Записать в таблицу характеристики маятникового копра: массу маятника и его длину (расстояние от оси до центра тяжести).
2. Записать номер и материал образца.
3. Измерить с точностью до 0,1 мм размеры поперечного сечения образца в месте надреза и подсчитать площадь сечения, см^2 .
4. Отклонить маятник на небольшой угол и поместить образец в гнездо на опорах копра надрезом в сторону, противоположную удару ножа маятника.
5. Поднять маятник (нож) в верхнее положение и зафиксировать его защелкой. Записать угол подъема маятника α .

Запрещается устанавливать образец при поднятом на полную высоту маятнике, так как это крайне опасно для работающего.

6. Подвести стрелку к нулю шкалы до упора на штифт.
7. Отпустить защелку и произвести удар по образцу. Дождаться полной остановки маятника.
8. Определить по шкале копра угол подъема маятника после разрушения образца β и записать значение в таблицу.
9. Рассчитать работу разрушения образца K по формуле:
 $K = P \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha)$, кг·м и записать в таблицу. Для получения размерности по системе СИ использовать соотношение $1 \text{ кг} \cdot \text{м} = 10 \text{ Дж}$.
10. Определить ударную вязкость по формуле $KCU = K / F$, Дж/см². Записать полученное значение в таблицу.
11. Рассмотреть излом образца и классифицировать его по следующим вариантам: а) хрупкий излом - кристаллический, блестящий; б) вязкий - матовый, волокнистый. Для классификации следует использовать эталонные изломы, имеющиеся в лаборатории.

Рабочая таблица результатов испытаний на ударную вязкость

№ п/п	Параметр	Размерность	Величина		
1.	Характеристика копра: – масса маятника – длина маятника	кг м			
2.	Номер образца				
3.	Материал образца				
4.	Размеры поперечного сечения образца в месте надреза: – ширина – высота	см см			
5.	Площадь поперечного сечения образца	см ²			
6.	Угол подъема маятника – до излома образца – после излома образца	градусы			
7.	Работа деформации и разрушения образца	кг·м, Дж			
8.	Ударная вязкость	Дж/см ²			
9.	Характеристика излома				

3. Контрольные вопросы:

1. Что характеризуют испытания на ударную вязкость?
2. Каков физический смысл величины ударной вязкости, что принимают за величину ударной вязкости?
3. Объясните размерность величины ударной вязкости?
4. Приведите и расшифруйте обозначения ударной вязкости?
5. Какие концентраторы напряжений наносят на образцы для испытаний на ударную вязкость?
6. С какой целью на образцы наносят концентраторы напряжений?
7. Почему свойства металлов при механических испытаниях зависят от скорости приложения нагрузки?
8. Есть ли однозначное соответствие между прочностными характеристиками металла и значениями его ударной вязкости?
9. С какими особенностями условий эксплуатации связана необходимость определения ударной вязкости?
10. Приведите примеры изделий (деталей), для материала которых испытания на ударную вязкость наиболее необходимы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Определение качества пластичной смазки.

1. Цель работы

1. Закрепление знаний марок пластичных смазок.
2. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству пластичных смазок (ГОСТами на показатели качества и методы их определения).
3. Знакомство с методами определения контрольного анализа пластичных смазок.
4. Приобретение навыков по контролю и оценке качества пластичных смазок.

2. Задание

1. Оценить испытуемый образец по внешним признакам.
2. Определить растворимость смазки в воде и бензине.
3. Определить температуру каплепадения предложенных образцов смазок.
4. Составить отчет по работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

3. Теоретическая часть

Пластичные смазки применяются для таких трущихся деталей механизмов, где по конструкционным особенностям не могут удерживаться или регулярно подаваться жидкие масла, т. е. когда использование минеральных масел невозможно или нерационально.

В качестве примера таких узлов, используемых на автомобилях, можно назвать подшипники колес, шарниры различного рода приводов и т. д.

Эксплуатационные требования к качеству смазок следующие:

- смазки должны быть однородными,
- обладать определенными механическими свойствами,
- оказывать минимальное коррозионное воздействие на металлы,
- не должны содержать воды и механических примесей.

3.1. Оценка пластичной смазки по внешним признакам

При оценке смазки по внешним признакам обращается внимание на ее цвет, состояние ее поверхностного слоя и ее однородности.

Цвет зависит от состава смазки и технологии ее приготовления.

Смазки, в которых не содержатся специальные добавки, имеют цвет от светло-желтого до темно-коричневого. Наиболее ярко выраженный цвет имеют смазки графитная и № 158. Первая имеет черный цвет, вторая — синий.

Однородность — одно из важнейших требований, предъявляемых к пластичным смазкам. При внешнем осмотре определяется, прежде всего, отсутствие выделения из смазки жидкой фазы (масла). Затем однородность проверяется с помощью стеклянной пластинки, на которую наносится слой смазки толщиной 1—2 мм. При рассмотрении этого слоя невооруженным глазом в проходящем свете не должны обнаруживаться капли масла, комки загустителя, твердые включения.

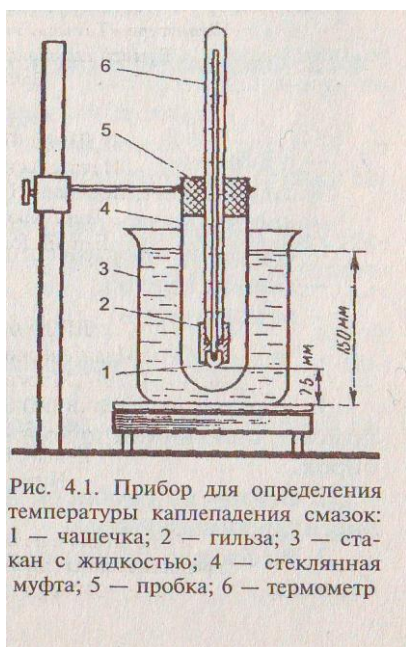
3.2. Определение растворимости смазки в воде и бензине

Испытание пластичной смазки на растворимость в воде и бензине позволяет определить загуститель данной смазки, так как известно, что натриевые смазки обладают слабой водоустойчивостью, а кальциевые и литиевые не растворимы в воде и бензине, хотя с бензином они образуют тягучие, но непрозрачные системы. Поэтому отличить их друг от друга можно только по температурам каплепадения.

Полное же растворение пластичной смазки возможно в нагретой до кипения воде. При этом будет образован мутный (мыльный) раствор с плавающим на его поверхности слоем жидкого масла, что говорит о принадлежности данного образца к натриевым смазкам. Однако если после охлаждения вода станет прозрачной или слегка мутной, а на ее поверхности будет находиться слой смазки, то данная смазка считается нерастворимой в воде.

Чтобы проверить смазку на растворимость в бензине, надо смешать ее с ним в соотношении 1:4 при температуре 60 °С. Если при этом образуется совершенно прозрачный раствор, имеющий при просвечивании цвет испытуемого образца, то смазка считается растворимой в бензине. В бензине растворяются смазки с углеводородными загустителями.

3.3. Определение температуры каплепадения смазки



Одной из причин перехода пластичной смазки в жидкое состояние является чрезмерное ее нагревание.

Для определения температуры каплепадения смазки пользуются специальным прибором (ГОСТ 6793—74), схема которого показана на рис. 4.1.

К нижней части термометра прикрепляется металлическая гильза 2, в которой за счет трения держится стеклянная чашечка 1 с калиброванным донным отверстием. Заполненная смазкой чашечка вставляется в гильзу, а собранный прибор (чашечка, гильза и термометр) вставляются в стеклянную муфту так, чтобы расстояние от ее дна до низа чашечки составляло 25 мм. Муфта погружается в стакан с водой или глицерином и закрепляется в штативе. При этом глубина погружения должна составлять 150 мм. Затем ведется нагрев жидкости в два этапа. На первом этапе скорость нагрева не нормируется и он ведется до температур: 30 °С — для низкоплавких смазок, 60 °С — для среднеплавких, 110 °С — для натриевых и 150 °С — для литиевых. На втором этапе темп нагрева должен составлять 1 °С в минуту. На обоих этапах жидкость в стакане следует периодически помешивать.

Температура, при которой в процессе нагревания падает из чашечки первая капля испытуемой смазки, считается температурой каплепадения. Если смазка не образует капли, а вытягивается из чашечки в виде цилиндра, то за температуру каплепадения принимают ту, при которой выходящий столбик смазки коснется дна муфты.

4. Экспериментальная часть

4.1. Оценка пластичной смазки по внешним признакам

Оборудование:

- стеклянная пластинка;
- шпатель;
- образец испытуемой смазки.

Порядок выполнения работы

- 1.Смазку при помощи шпателя нанести на стеклянную пластинку слоем 1—2 мм. При этом допускается образование пузырьков воздуха.
- 2.Осмотреть слой смазки в проходящем свете и определить наличие или отсутствие в ней капель масла, комков загустителя, посторонние твердые включения.
- 3.Результаты оценки записать в отчет.

4.2. Определение растворимости смазки в воде и бензине

Оборудование:

- пробирки;
- стеклянная палочка;
- дистиллированная вода;
- бензин неэтилированный;
- газовая горелка;
- водяная баня.

Порядок выполнения работы

- 1.Образец смазки в количестве примерно по 1 грамму при помощи стеклянной палочки поместить на самый низ двух пробирок.
- 2.В одну из пробирок добавить четырехкратное количество дистиллированной воды.
- 3.Во вторую пробирку добавить четырехкратное количество бензина.
- 4.Соблюдая осторожность, на газовой горелке довести до кипения воду в первой пробирке. При этом нагрев вести постепенно, внося пробирку в пламя горелки многократно на 2—3 секунды с одновременным вращением вокруг своей оси.
5. Определить растворимость смазки в воде и результат записать в отчет.
6. Подогреть вторую пробирку до температуры 60 °С (нагрев определить на ощупь).
7. Определить растворимость смазки в бензине и результат записать в отчет.

4.3. Определение температуры каплепадения смазки

Оборудование:

- прибор для определения температуры каплепадения смазок;
- шпатель;
- секундомер;
- стеклянный термостойкий стакан;
- глицерин или вода;
- кольцевая металлическая мешалка.

Порядок выполнения работы

Вынуть чашечку 1 (см. рис. 4.1) из прибора и заполнить ее с помощью шпателя смазкой, которая подлежит испытанию, не допуская образования пузырьков воздуха в смазке.

1. Вставить чашечку обратно в металлическую гильзу 2 до упора и снять шпателем выдавленную термометром 6 смазку заподлицо с нижним обрезом чашечки.
2. Собранный прибор укрепить с помощью пробки 5 в стеклянной муфте 4 так, чтобы расстояние от ее дна до низа чашечки составляло 25 мм.
3. Муфту вместе с прибором погрузить в стакан 4 с водой или глицерином и закрепить в штативе так, чтобы глубина погружения составляла 150 мм.
5. Помешивая с помощью мешалки жидкость, на газовой горелке нагревать стакан до температур:
 - 30 °С для низкоплавких смазок;
 - 60 °С для среднеплавких;
 - 110 °С для натриевых;
 - 150 °С для литиевых.
6. После прохождения указанных температур скорость дальнейшего нагрева поддерживать в пределах 1° в минуту.
7. Зафиксировать температуру, при которой из чашечки упадет первая капля смазки или ее выползающий столбик коснется дна муфты.
8. Результат округлить до целых единиц и записать в отчет.

4.5. Составление отчета

По результатам анализов заполнить таблицу по форме:

Отчет о лабораторной работе по оценке качества

(указать наименование и марку продукта)

Цель работы			
Задание			
Результаты оценки	Основные показатели качества оцениваемого образца		
	Наименование показателей	По ГОСТу	Полученные на основании проведенных анализов
	Цвет		
	Наличие капель масла, комков загустителя и посторонних твердых включений		
	Растворимость в воде		
	Растворимость в бензине		
	Температура каплепадения, °С		

Закключение о пригодности образца к применению:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Определение физико-механических свойств резиновых материалов.

Цель: определить параметры резины, характеризующие ее основные свойства.

Оборудование: образцы резины для испытания, прибор Шоба, твердомер, секундомер 2-го класса точности.

Время на проведение работы - 2 часа

Задание:

1. Определите эластичность резины по отскоку на приборе типа Шоба.
2. Определите твердость резины по методу Шору.
3. Составьте отчет о работе.
3. Ответьте на контрольные вопросы.

Содержание работы

Определение эластичности по отскоку на приборе типа Шоба Сущность метода заключается в определении величины отскока бойка физического маятника, падающего на образец с определенной высоты:

$$R = \frac{K}{H} * 100$$

где h - высота отскока маятника после удара, мм;

H - высота подъема бойка маятника в исходном положении, мм.

Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 27110-86 при температуре 21-25 °С. Если температура при испытаниях будет другой, то вводят в соответствии с ГОСТ 269-66 погрешность измерения или помещают прибор в специальный термостат.

Образцы должны иметь форму шайб с диаметром не менее 29 мм или квадрата со стороной не менее 29 мм. Толщина образцов берется 12, 5 или 6,25 мм. Поверхности образцов должны быть параллельными, ровными, гладкими. Пружинный захват 7 прибора (рис. 6) должен быть прикреплен к маятнику 2 так, чтобы при горизонтальном положении маятника стрелка находилась против деления 100%, а при вертикальном положении маятника - против деления 0%. Испытание проводят не менее чем на 2 образцах в следующей последовательности.

1. Измеряют толщину образцов не менее, чем в трех местах.

2. Образец 12 закрепляют пружиной 6 так, чтобы точка удара была на расстоянии не менее 10 мм от его краев.

3. Освобождают маятник 2 из защелки 5 и производят удар по образцу. После каждого удара маятник поднимают в исходное положение (к защелке 5), не давая ему повторно ударять по образцу. Сначала осуществляют 3 удара, чтобы произошла механическая стабилизация материала, а при последующих трех ударах снимают показания на дуговой шкале 11 в процентах. Для возврата стрелки в исходное положение (0%) используют пружинный механизм 9 с ручкой. Находят среднее арифметическое из трех замеров и опыты повторяют для второго образца.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух выбранных значений. Чем выше полученное значение, тем лучше эластичные свойства резины.

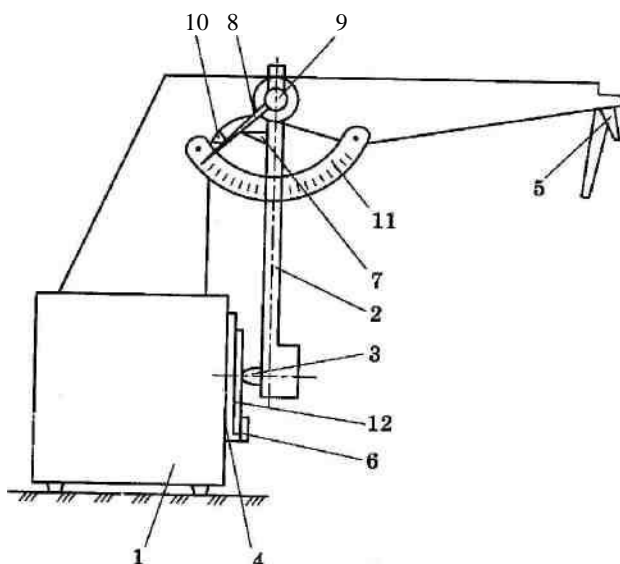


Рис. 6 - Схема прибора Шоба:

1 - станина; 2 - маятник; 3 - боек; 4 - площадка; 5 - защелка; 6 - пружина; 7 - пружинный захват; 8 - стрелка; 9 - пружинный механизм; 10 - ограничитель; 11 - дуговая шкала; 12 - образец

Определение твердости резины по методу Шору А. Твердость характеризует способность сопротивляться проникновению в него постороннего твердого предмета, вдавливаемого под действием определенной силы. Сопротивление резины измеряется прибором с пружиной определенной характеристики и выражается в условных единицах твердости по Шору А (от 100 до 0). Максимальное проникновение индентора в резину соответствует значению 0, а 100 - нулевому проникновению. Индентор представляет собой иглу из закаленной стали (рис. 7).

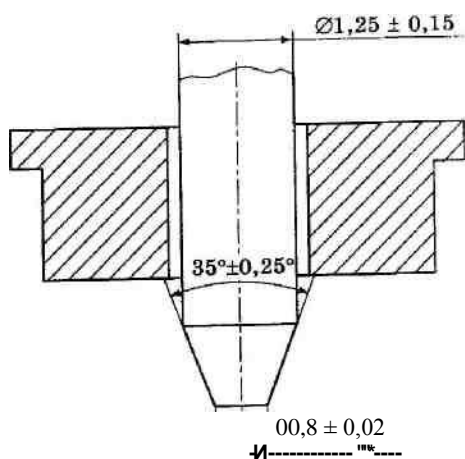


Рис.7 - Индентор твердомера

Образец для испытания должен быть в виде пластины или шайбы с параллельными плоскостями и таких размеров, чтобы расстояние между точками замера было не менее 5 мм, а расстояние от каждой точки измерения до края образца не менее 13 мм. Толщина образца должна быть не менее 6 мм. Допускается применять образцы, состоящие из нескольких (не более 3) слоев одной и той же резины, но толщина верхнего слоя должна быть не менее 2 мм. Испытуемая поверхность должна быть гладкой. Перед испытаниями проводят ориентировочную проверку прибора, ставя его на гладкую стеклянную

поверхность и, нажимая на головку прибора, прижимают опорные площадки 2,3 (рис. 8) к поверхности. Стрелка прибора должна показывать на шкале значение 100 ± 1 .

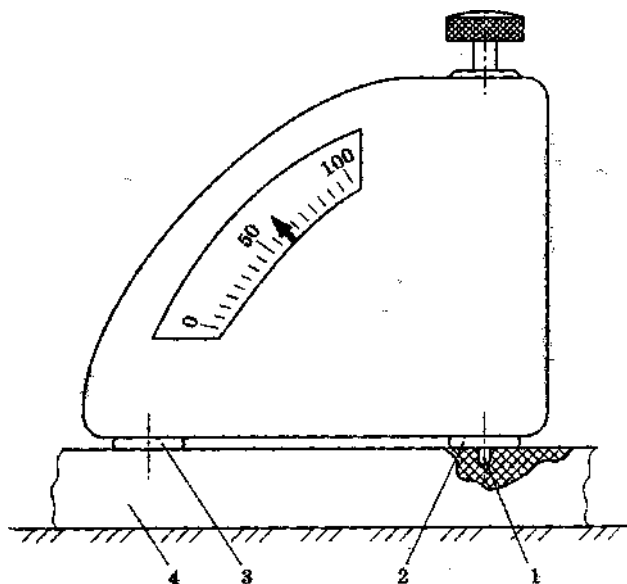


Рис. 8 - Твердомер:

1 - индентор; 2,3 - площадки; 4 - образец

Испытания проводят по ГОСТ 263-75 при температуре $21-25^\circ\text{C}$. Образец помещают на гладкую твердую поверхность. Твердомер устанавливают в приспособление, позволяющее создавать усилие прижима $10 \dots 12,5 \text{ Н}$, или по оси индентора монтируют груз массой 1 кг . Можно твердомер нагружать вручную минимальным усилием, но так, чтобы его нижние площадки плотно прилегли к поверхности резины.

Показатель твердости отсчитывают по шкале по истечении 3 с с момента приложения нагрузки. Если наблюдается дальнейшее погружение наконечника, то твердость отсчитывают по истечении 15 с . Проверку проводят не менее чем в 3 точках и за результат принимают их среднее арифметическое, причем расхождение между замерами не должно превышать 5% .

Содержание отчета

1. Схема прибора типа Шоба.

2. Характеристика образца резины:

образец №1

размер _____,

форма _____,

эластичность _____,

образец №2

размер _____,

форма _____,

эластичность _____,

Эластичность резины _____.

Таблица 2 – Результаты замера эластичности

Номера образцов	Опыт №1 (h)	Опыт №2 (h)	Опыт №3 (h)	Средн. (h)
№1				
№2				

3. Схема прибора для определения твердости резины.

4. Характеристика образца:

Размер _____ ,
Форма _____ .

Таблица 3 – Результаты замера твердости

Измеряемая характеристика	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3	Средн.
Твердость				

5. Рекомендации по применению резины.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы получения резины.
2. Назовите основные характеристики резины
3. Расскажите методику определения эластичных свойств резины.
4. Какова методика определения твердости резины?
5. Расскажите о правилах хранения и эксплуатации резинотехнических изделий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Проведение закалки и отпуска углеродистой стали.

Цель: ознакомиться с практическими приемами закалки и отпуска стали и с влиянием операций на механические свойства сталей.

Оборудование: муфельная электропечь; пресс Бринелля и специальная лупа к нему; прибор Роквелла, ванночки с водой, набор нумерованных пластинок из различных сталей, целых и в изломе, секундомер, щипцы; маятниковый копер.

Время на проведение работы – 2 часа

Задание:

1. Определите твердость стальных пластинок до проведения закалки.
2. Произведите закалку и отпуск стальных пластинок.
3. Определите твердость стальных пластинок после закалки и отпуска.
4. Соотнесите полученные числа твердости до и после закалки с отпуском.
5. Составьте отчет о работе по форме 2.

Содержание работы

Закалка стали состоит в нагреве стали до определенных высоких температур (выше 723 °С), выдержке при требуемой температуре и последующем быстром охлаждении в воде, масле или другой охлаждающей среде. Цель закалки: придать высокую твердость режущим инструментам, высокую прочность и упругость деталям машин. Результаты закалки зависят от скорости температуры нагрева, продолжительности выдержки при этой температуре и скорости охлаждения, а также от прокаливаемости стали.

Детали и инструменты, прошедшие закалку, нельзя применять без дополнительной термообработки – отпуска, так как у них велики внутренние напряжения вследствие наличия мартенситной структуры и эти изделия хрупки. Операцией термообработки, посредством которой ослабляют напряжения и придают закаленным изделиям требуемую структуру и надлежащие свойства, является отпуск, выполняемый сразу же после закалки.

Сущность отпуска состоит в том, что при отпуске происходит распад мартенсита и аустенита в закаленной стали, вместо них образуются более устойчивые структуры, а именно троостит и сорбит. Последние придают стали вязкость и пластичность в сочетании с определенной твердостью и прочностью. Температуру нагрева при отпуске контролируют приборами, а также по цветам побежалости.

Термическое улучшение – это совместно проводимые закалка и высокий отпуск – операции, повышающие механические свойства стали.

Экспериментальная часть

Порядок выполнения работы

1. Вычертите таблицу для записи данных лабораторных работы по форме 2.

Номер пластинки	Диаметр отпечатка в мм		Твердость НВ	
	до термообработки	После термообработки	до термообработки	после термообработки
1	2	3	4	5

2. Возьмите две пластинки и запишите их номера в графе 1 таблицы.

3. Зачистите напильником поверхность пластинок и произведите на прессе Бринелля вдавливание в пластинки стального шарика диаметром 5 мм.

4. Измерьте при помощи лупы диаметры отпечатков, полученных на пластинках, и запишите результат в графе 2 таблицы.

5. По известной вам таблице "Соотношение между числами твердости" определите число твердости по Бринеллю для испытанных образцов и запишите это число в графе 4 оформленной таблицы.

6. Произведите закалку пластинок в такой последовательности: поместите пластинки в электропечь для нагрева до красного каления; через 10 мин. щипцами выньте поочередно пластинки из печи и погрузите их в ванночки с холодной водой.

7. Произведите высокий отпуск закаленных пластинок (нагрев до 500 °С – 650 °С).

8. После этого испытайте пластинки на приборе Бринелля при тех же условиях, какие указаны в пункте 3. Запишите результаты в графе 3 таблицы.

9. По таблице «Соотношение между числами твердости» найдите числа твердости для закаленных пластинок по Бринеллю и запишите эти данные в графе 5 таблицы.

10. Произведите дополнительные наблюдения:

- а) сравните твердость сырой и закаленной пластинок царапанием;
- б) рассмотрите излом сырой и закаленной пластинки.

11. Сделайте выводы:

- а) напишите, как изменилась твердость стали в результате закалки и отпуска;
- б) опишите результаты дополнительных наблюдений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Исследование температуры отпуска на свойства закаленной стали.

Цель работы: исследовать влияние температуры отпуска на структуру и свойства закаленной углеродистой стали.

Приборы и оборудование: комплект лабораторных образцов, твердомер Роквелла ТК-2.

1. Краткие теоретические сведения

Закалённая на мартенсит сталь находится в неравновесном, сильно напряжённом состоянии. Она обладает высокой твёрдостью и хрупкостью.

Для снижения внутренних напряжений, повышения пластичности и вязкости закалённая сталь подвергается отпуску.

Отпуск заключается в нагреве закалённой стали до температуры ниже A_{c1} , выдержке при этой температуре и последующем охлаждении.

Отпуск является окончательной операцией термической обработки, в результате чего полностью или частично снимаются внутренние напряжения, возникающие при закалке, причем эти напряжения уничтожаются тем полнее, чем выше температура отпуска. Так, например, осевые напряжения в цилиндрическом образце из стали с содержанием углерода 0,3 % в результате отпуска при температуре 550 °С уменьшаются в 7,5 раз.

Скорость охлаждения при отпуске оказывает существенное влияние на величину остаточных напряжений. Чем медленнее охлаждение, тем меньше остаточные напряжения.

Основное влияние на свойства закалённой стали оказывает температура, до которой производится нагрев изделия при отпуске. В зависимости от температуры нагрева различают следующие три вида отпуска.

Низкотемпературный (низкий) отпуск. Этот отпуск осуществляется при нагреве изделия до 250 °С. При этом снижаются закалочные напряжения, мартенсит закалки переходит в мартенсит отпуска; повышается прочность и намного улучшается вязкость (без заметного снижения твёрдости). Однако изделие из такой стали (если не имеет вязкой сердцевины) не выдерживает значительных динамических и особенно знакопеременных нагрузок.

Низкотемпературному отпуску подвергается режущий и мерительный инструмент из углеродистых и низколегированных сталей, а также детали с поверхностной закалкой, цементацией, цианированием или нитроцементацией. Чаще всего в этих случаях продолжительность отпуска составляет 1...2,5 ч, а для крупногабаритных изделий и измерительных инструментов назначается более длительное время отпуска.

Среднетемпературный (средний) отпуск выполняется при температуре 350...500 °С. Используется он чаще всего для пружин, рессор и штампов, так как обеспечивает высокие пределы упругости, выносливости и релаксационную стойкость. Структура стали после среднего отпуска – троостит отпуска или троостомартенсит, твёрдость которого ниже, чем у мартенсита отпуска.

Охлаждение после отпуска при температуре 400...450 °С следует проводить в воде, что способствует образованию на поверхности сжимающих остаточных напряжений, которые увеличивают предел выносливости пружин.

Высокотемпературный (высокий) отпуск производится при температуре 500...680 °С. Образующая структура – сорбит отпуска. По сравнению с трооститом отпуска сорбит отпуска обладает меньшей твёрдостью, прочностью и упругостью, но более высокими показателями пластичности и вязкости.

Отпуск при температуре 550...660 °С в течение 1...2 ч почти полностью снимает остаточные напряжения, возникающие при закалке. В общем случае длительность высокого отпуска составляет

1...6 ч в зависимости от массы и габаритов изделия. Иногда это время увеличивается до нескольких десятков часов.

Термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется улучшением.

Улучшению подвергают, как правило, среднеуглеродистые (0,3...0,5 %C) конструкционные стали, если к ним предъявляются высокие требования по пределу выносливости и ударной вязкости. Улучшение существенно повышает прочность, уменьшает чувствительность к концентраторам напряжений, снижает температуру порога хладноломкости. Однако износостойкость улучшенной стали невысокая вследствие пониженной твёрдости.

2. Порядок выполнения работы

1. Вычертить участок диаграммы Fe–Fe₃C, соответствующий сталям. Нанести на нем зоны, соответствующие температурам закалки и отпуска исследуемой стали.

2. Измерить на приборе Роквелла твёрдость образцов стали после закалки в воде и отпуска при различных температурах. Данные занести в табл. 7.1.

3. Построить график зависимости твёрдости от температуры отпуска. На графике нанести прямую, соответствующую закаленной стали.

Таблица 7.1

Результаты измерения твёрдости

Марка стали образца	Твёрдость после закалки, HRC	Вид и температура отпуска	Твёрдость после отпуска, HRC	Предполагаемая структура после отпуска

3. Содержание отчёта

1. Описание цели работы.
2. Краткие сведения из теории.
3. Стальной участок диаграммы Fe–Fe₃C.
4. Таблица результатов измерения твёрдости образцов.
5. График зависимости твёрдости от температуры отпуска.
6. Выводы о структуре и механических свойствах стали после различных видов отпуска

4. Контрольные вопросы

1. Что называется закалкой стали? Режимы закалки.
2. Что такое отпуск? Цель отпуска, режимы, виды отпуска.
3. Структура стали, получаемая при различных видах отпуска.
4. Твёрдость стали, получаемая при различных видах отпуска.
5. Что такое улучшение стали? Для каких целей эта операция производится?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

Изучение микроструктур цементованной стали.

Цель работы:

Исследование структуры цементованной стали.

Сведения из теории.

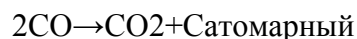
Для повышения эксплуатационной надежности деталей машин необходимо обеспечить такие характеристики, как поверхностная твердость, износостойкость, повышение предела контактной выносливости, предела выносливости при изгибе и кручении.

Одним из методов, обеспечивающих необходимые свойства, является, в частности, химико-термическая обработка.

Химико-термической обработкой называется поверхностное насыщение стали соответствующим элементом (углеродом, азотом, бором, алюминием, кремнием и т.д.) путем диффузии его в атомарном состоянии из внешней среды (твердой, газовой, жидкой) при высокой температуре.

Процесс химико-термической обработки проходит три последовательные стадии.

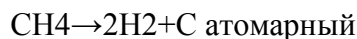
1-я стадия – *диссоциация*. Протекает в газовой среде и заключается в распаде молекул с образованием активных атомов. Например:



или



или



2-я стадия – *адсорбция*, поглощение активных атомов поверхностью насыщения;

3-я стадия – *диффузия*, то есть проникновение атомов, адсорбированных поверхностью, в глубь металла.

К химико-термической обработке относятся: цементация, азотирование, нитроцементация, цианирование, борирование и т. д.

В настоящей работе рассматривается один из видов химико-термической обработки стали цементация.

Цементация – химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали (на глубину 0,4...2,5 мм) углеродом при нагревании в соответствующей среде (карбюризаторе).

Цементация и последующая термическая обработка позволяют получить изделия с износостойкой поверхностью и вязкой сердцевиной.

Для цементации используют низкоуглеродистые стали с содержанием углерода 0,10...0,20% (например, стали марок 10, 20, 15X, 12ХН3 и др).

Цементованный слой имеет переменную концентрацию углерода и в зависимости от необходимой степени насыщения может иметь следующие зоны (рис. 8.1):

- при насыщении до 0,75...0,8 % С – доэвтектоидную с переменным содержанием углерода (Ф+ П);
- при насыщении 0,8...0,85 % С – доэвтектоидную с переменным содержанием углерода (Ф+ П) и эвтектоидную (П);
- при насыщении более 0,85% С – доэвтектоидную с переменным содержанием углерода (Ф+ П), эвтектоидную (П), заэвтектоидную (П+ Ц).

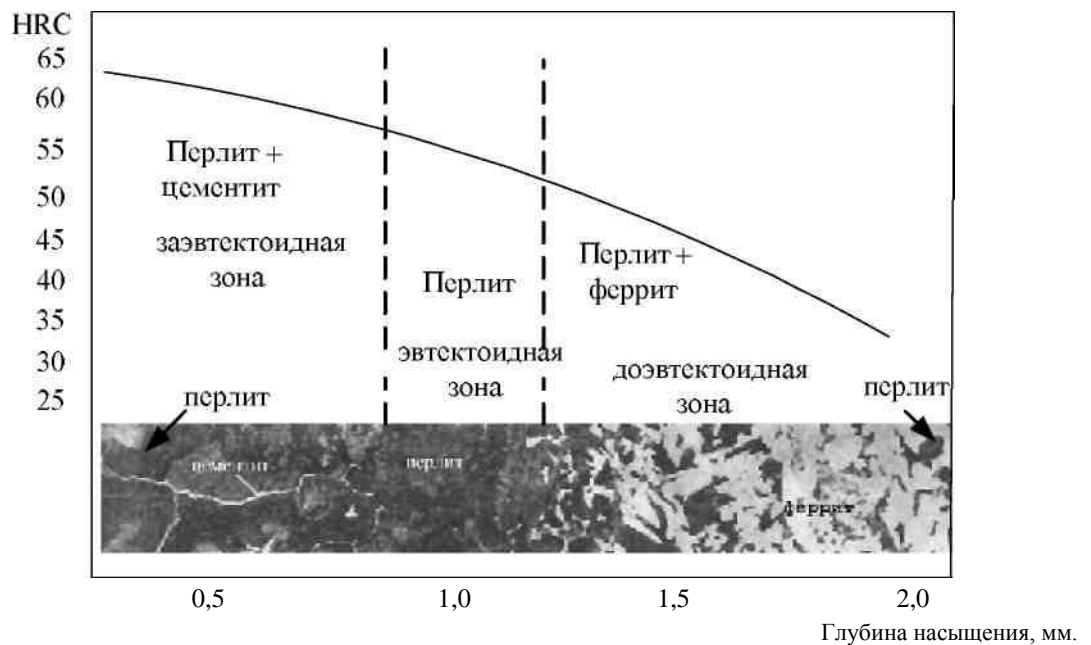


Рис.8.1. Структура и твердость цементованного слоя в зависимости от глубины насыщения углеродом (значения твердости даны для изделий после закалки; микроструктура - после отжига)

Практически цементация проводится при температурах 900...950°C. Повышение температуры резко увеличивает глубину слоя (рис. 8.2).

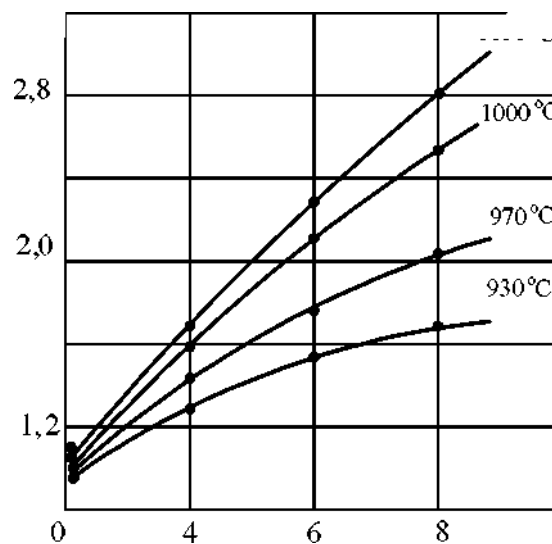


Рис. 8.2 Влияние температуры на глубину цементованного слоя при различной продолжительности процесса.

Содержание углерода в цементованном слое соответствует проекции точки, лежащей на линии SE диаграммы «железо-цементит» при данной температуре и затем постепенно падает с удалением от поверхности в глубину изделия, достигая исходного содержания. Например, при температуре цементации 900 °C в диффузионном слое переменная концентрация углерода в аустените будет находится от 1,2...1,3 % до 0,1...0,15 %. При охлаждении стали от указанной температуры до комнатной произойдут превращения в соответствии с содержанием углерода в определенном слое.

При цементовании сталей с содержанием углерода не более 0,17% глубина цементованного слоя должна составлять 12...15 % от наименьшей толщины или диаметра цементованного сечения. При содержании в стали более 0,17 % C глубина слоя уменьшается до 5...9 %. Для изделий, работающих на износ и не испытывающих ударных нагрузок, глубина цементованного слоя

составляет 3...4 % от наименьшей толщины или диаметра цементуемого изделия. Наиболее часто глубина цементованного слоя составляет 0,5...2,2 мм.

Цементацию рекомендуется проводить таким образом, чтобы содержание углерода в наружном слое не превышало 1,1...1,2 %. При более высоком содержании образуется значительное количество вторичного цементита, который вызывает в слое повышенную хрупкость. На практике применяется в основном три вида цементации: в твердом карбюризаторе, газовую и в жидком карбюризаторе. Последний способ используется в основном для мелких деталей. Для его реализации применяются жидкие соляные ванны с температурой 880...920°C. Наиболее широкое применение на производстве находят два способа: в твердом карбюризаторе и в газовом (газовая цементация).

Цементация в твердом карбюризаторе. При этом способе цементации карбюризатором является древесный уголь (дубовый или березовый) в зёрнах поперечником 3,5...10 мм, к которому добавляются активизаторы – углекислый барий (BaCO_3) и кальцинированная сода (CaCO_3) в количестве 20...30 % от массы угля.

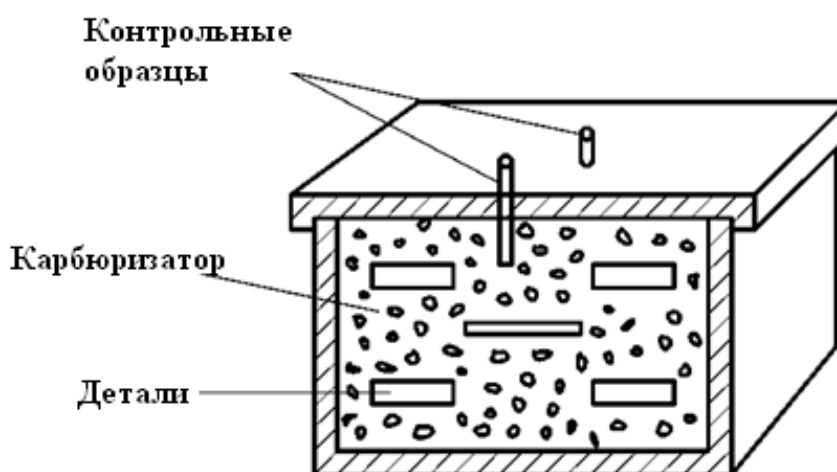
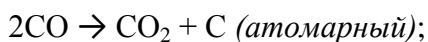
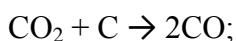
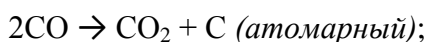
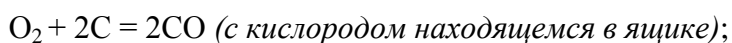


Рис. 8.3. Упаковка деталей в ящике

Рабочая смесь, применяемая для цементации, состоит из 25...35 % свежего карбюризатора и 65...75 % отработанного.

Детали, подлежащие цементации, укладываются в стальные ящики. Между деталями и стенками ящика слой карбюризатора должен быть не менее 10...15 мм, а сверху засыпают слой 30...40 мм. После этого ящик закрывается крышкой, кромки которой обмазываются огнеупорной глиной (рис. 8.3), и помещается в печь.

При нагреве до температуры 920...950 °C происходят химические реакции:



Атомарный углерод диффундирует в аустенит.

Цементация в твёрдом карбюризаторе – продолжительный процесс, который в зависимости от толщины цементуемого слоя занимает иногда несколько десятков часов. Глубина слоя в процессе

цементации контролируется с помощью образца-«свидетеля», закладываемого в отверстие ящика при упаковке перед цементацией.

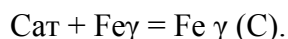
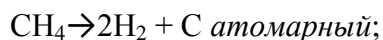
Образец-«свидетель», он же контрольный (рис. 8.3) по ходу процесса цементации извлекается из ящика, замачивается в воде и ломается. Конец, противоположный излому, нагревается до температуры 250 °С, чтобы «проявить» слой цементации (слой окрашивается цветами побежалости, рис. 8.4). После цементации ящики охлаждают на воздухе до 400...500 °С и затем раскрывают.



Рис. 8.4. «Проявленный» цементованный слой в изломе контрольного образца

Газовая цементация осуществляется нагревом детали в среде газов, содержащих углерод. В качестве цементующих газов используется метан (CH_4) и пропан-бутановые смеси.

Газовая цементация осуществляется в стационарных или методических печах, имеющих герметические затворы. Детали нагреваются в герметически закрытой реторте, в которую подается цементующий газ. Основными реакциями при газовой цементации являются:



Процесс цементации проводят при температуре 910...930 °С. По времени газовая цементация примерно в 2 раза быстрее, чем цементация в твёрдом карбюризаторе. Возможность механизации и автоматизации процессов при газовой цементации предопределяет применение её в массовом и крупносерийном производствах.

Термическая обработка цементованных деталей. Окончательные свойства цементованные детали получают после термической обработки. Существует три способа термической обработки цементованных сталей. *Первый способ.* Закалку деталей производят непосредственно с цементационного нагрева, т. е. от температуры 910...930 °С (рис. 8.5, а).

Этот способ применяется для термообработки неответственных деталей, когда необходимо получить только твёрдый поверхностный слой. Недостатком является крупнозернистость строения, а также повышенное содержание аустенита в цементованном слое, так как закалка идёт от высоких температур.

Второй способ используется при повышенных требованиях к структуре и свойствам деталей. Последние после цементации охлаждают на воздухе, а затем подвергают закалке от 850... 900 оС в зависимости от насыщенности поверхностного слоя углеродом (рис. 8.5, б). В сердцевине детали произойдет полная перекристаллизация и зерно измельчится.

Третий способ термообработки - двойную закалку с последующим низким отпуском (рис. 8.5, в) - применяют для особо ответственных деталей при науглероживании поверхностного слоя более 0,8 %.

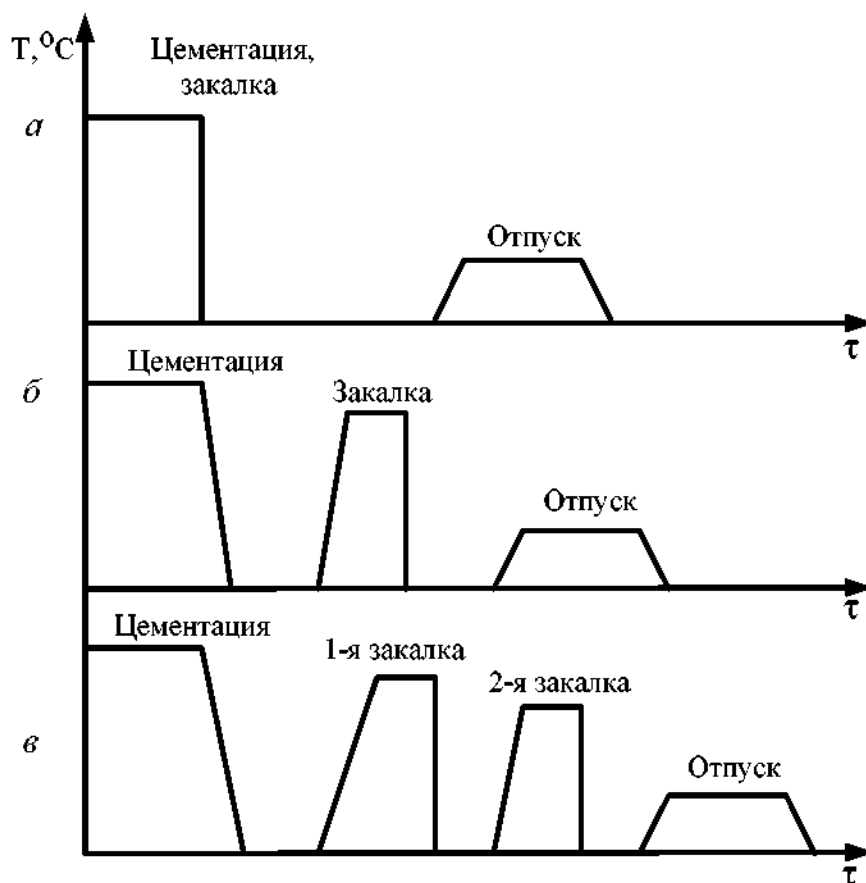


Рис. 8.5. Режимы термической обработки цементованных изделий:
а – первый способ; б – второй способ; в – третий способ

Первая закалка производится также, как и при втором способе (850...900 °С), т. е. для измельчения структуры сердцевины и устранения сетки цементита на поверхности.

Вторая закалка ведётся от температур 760...800 °С, т. е. температур закалки высокоуглеродистых сталей. В поверхностном слое выделяется мелкоигольчатый мартенсит с вкраплением избыточного цементита, что обеспечивает высокую износостойкость. Для сердцевины такой режим обработки не является перегревом.

Цементованные детали после закалки подвергаются низкому отпуску при температуре 150...200 °С для снятия напряжений.

Порядок выполнения работы

1. Изучить структуру цементованного слоя на микрошлифе цементованной стали.
2. Зарисовать схему микроструктуры.
3. На образце-«свидетеле» измерить глубину цементованного слоя с помощью микроскопа МПБ-2.

Содержание отчёта

1. Описание цели работы.
2. Схема структуры цементованного слоя.
3. Схема излома «проявленного» образца-«свидетеля».
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое химико-термическая обработка стали?
2. Назовите стадии химико-термической обработки.
3. Что такое цементит?
4. Какова цель цементации?
5. Назовите марки сталей, применяемых для цементации.
6. При какой температуре проводится цементация?
7. Назовите структурные зоны цементованного слоя.
8. От чего зависит глубина цементованного слоя?
9. Как можно контролировать глубину слоя в период процесса цементации?
10. В чем суть цементации в твёрдом карбюризаторе?
11. Какова сущность газовой цементации?
12. Опишите режимы термообработки цементованных деталей в зависимости от требований эксплуатации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Расшифровка марок металлов и сплавов.

Сочетания букв и цифр дают характеристику *легированной стали*. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки, как и в углеродистой, так и в легированной стали, обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора.

Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей. Исключение составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой: Р – быстрорежущие, Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

Пример расшифровки марки стали



Легировующие элементы и их влияние на свойства стали

Хром – наиболее дешевый и распространенный элемент. Он повышает твердость и прочность, незначительно уменьшая пластичность, увеличивает коррозионную стойкость; содержание больших количеств хрома делает сталь нержавеющей и обеспечивает устойчивость магнитных сил.

Никель сообщает стали коррозионную стойкость, высокую прочность и пластичность, увеличивает прокаливаемость, оказывает влияние на изменение коэффициента теплового расширения. Никель – дорогой металл, его стараются заменить более дешевым.

Вольфрам образует в стали очень твердые химические соединения – карбиды, резко увеличивающие твердость и красностойкость. Вольфрам препятствует росту зерен при нагреве, способствует устранению хрупкости при отпуске. Это дорогой и дефицитный металл.

Ванадий повышает твердость и прочность, измельчает зерно. Увеличивает плотность стали, так как является хорошим раскислителем, он дорог и дефицитен.

Кремний в количестве свыше 1% оказывает особое влияние на свойства стали: содержание 1-1,5% Si увеличивает прочность, при этом вязкость сохраняется. При большем содержании кремния увеличивается электросопротивление и магнитопроницаемость. Кремний увеличивает также упругость, кислотостойкость, окислительную стойкость.

Марганец при содержании свыше 1% увеличивает твердость, износостойкость, стойкость против ударных нагрузок, не уменьшая пластичности.

Кобальт повышает жаропрочность, магнитные свойства, увеличивает сопротивление удару.

Молибден увеличивает красностойкость, упругость, предел прочности на растяжение, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах.

Титан повышает прочность и плотность стали, способствует измельчению зерна, является хорошим раскислителем, улучшает обрабатываемость и сопротивление коррозии.

Ниобий улучшает кислотостойкость и способствует уменьшению коррозии в сварных конструкциях.

Алюминий повышает жаростойкость и окислительную стойкость.

Медь увеличивает антикоррозионные свойства, она вводится главным образом в строительную сталь.

Примеры расшифровки обозначения сталей:

12ХНЗА: содержание углерода - 0,12%, хрома - 1,0%, никеля - 3,0%, высокого качества;

30ХГСА: содержание углерода - 0,30%, хрома, марганца, кремния по одному проценту, буква "А" обозначает высокое качество;

19ХГН: содержание углерода - 0,19%, хрома, марганца, никеля по одному проценту;

15Х25Т: содержание углерода - 0,15%, хрома - до 25%, титана - до 1%;

08Х21Н6М2Т: содержание углерода - 0,08%, хрома - 21%, никеля - 6%, молибдена - 2%, титана - до 1 процента.

09Х16Н15МЗБ: содержание углерода - 0,09%, хрома - 16%, никеля - 15%, молибдена - 3,0%, ниобия - до 1 процента.

Условные обозначения легирующих элементов:

азот (N) - А

алюминий (Al) - Ю

бериллий (Be) - Л

бор (В) - Р

ванадий (V) - Ф

висмут (Bi) - Ви

вольфрам (W) - В

кобальт (Co) - К

кремний (Si) - С

магний (Mg) - Ш

марганец (Mn) - Г

свинец (Pb) - АС

медь (Cu) - Д

молибден (Mo) - М

никель (Ni) - Н

ниобий (Nb) - Б

титан (Ti) - Т

углерод (C) - У

фосфор (P) - П

хром (Cr) - Х

цирконий (Zr) - Ц.

Стали обыкновенного качества изготавливают по ГОСТ 380–94. Выплавка их обычно производится в крупных мартеновских печах и кислородных конвертерах. Обозначают их буквами «Ст» и цифрами от 0 до 6, например: Ст0, Ст1, Ст6. Буквы «Ст» обозначают «Сталь», цифры — условный номер марки стали в зависимости от ее химического состава. В конце обозначения марки стоят буквы «кп», «пс», «сп», которые указывают на способ раскисления: «кп» — кипящая, «пс» — полуспокойная, «сп» — спокойная.

Буква «А» в конце марки любой стали указывает, что сталь относится к категории высококачественной (30ХГСА, У7А), в середине обозначения марки — что сталь легирована азотом (16Г2АФ), в начале марки — что сталь автоматная повышенной обрабатываемости резанием (А35Г). Буквы АС в начале марки указывают, что сталь автоматная со свинцом (АС35Г2).

В конце марки конструкционной стали могут быть дополнительные буквенные обозначения: ПП — сталь пониженной прокаливаемости, Л — литейная, К — сталь для котлов и др.

Маркировка чугуна.

Чугун маркируется буквами СЧ и цифрами, первая из которых характеризует предел прочности чугуна данной марки при растяжении, вторая - при изгибе (кг/мм²). Наибольшее распространение получили чугуны марок: СЧ12-28; СЧ15-32; СЧ18-36; СЧ 21-40; СЧ 24-44; СЧ 28-48; СЧ 32-52; СЧ 38-60, причем первые пять марок имеют перлитно-ферритную металлическую основу, последние три - перлитную. Прочность серых чугунов всех марок при сжатии значительно превышает прочность при растяжении. Например, для чугуна марки СЧ 24-44, имеющего предел прочности при растяжении 24 кгс/мм², предел прочности при сжатии составляет 85 кгс/мм². Для увеличения прочности чугуна графитовым включением придают шарообразную форму путем введения магния в ковш перед разливкой. При этом чугун приобретает и некоторую пластичность. Высокопрочные чугуны маркируют буквами ВЧ и цифрами, первая из которых характеризует временное сопротивление чугуна при растяжении (кгс/мм²), вторая - относительное удлинение (%). Например, ВЧ 60-2 или ВЧ 40-10.

Ковкие чугуны маркируют буквами КЧ и цифрами, обозначающими временные сопротивления при растяжении (кгс/мм²) и относительное удлинение (%). Примерами марок ковких чугунов могут служить КЧ 38-8; КЧ 35-10; КЧ 37-12; КЧ 30-6 с ферритной металлической основой и КЧ 45-6; КЧ 50-4 и КЧ 60-3, имеющие ферритно-перлитную основу.

Маркировка латуней и бронз.

Марки обозначаются следующим образом. Первые буквы в марке означают: Л - латунь и Бр. - бронза. Буквы, следующие за буквой Л в латуни или Бр. в бронзе, означают: А - алюминий, Б - бериллий, Ж - железо, К - кремний, Мц - марганец, Н - никель, О - олово, С - свинец, Ц - цинк, Ф - фосфор.

Цифры, помещенные после буквы, указывают среднее процентное содержание элементов. Порядок расположения цифр, принятый для латуней, отличается от порядка, принятого для бронз.

В марках латуни первые две цифры (после буквы) указывают содержание основного компонента - меди. Остальные цифры, отделяемые друг от друга через тире, указывают среднее содержание легирующих элементов. Эти цифры расположены в том же порядке, как и буквы, указывающие присутствие в сплаве того или иного элемента.

В марках бронзы (как и в сталях) содержание основного компонента - меди - не указывается, а определяется по разности. Цифры после букв, отделяемые друг от друга через тире, указывают среднее содержание легирующих элементов; цифры расположенные в том же порядке, как и буквы, указывающие на легирование бронзы тем или иным компонентом.

Например: маркой Бр. ОЦС4-4-2,5 обозначают бронзу, содержащую 4% олова, 4% цинка, 2.5% свинца и 89,5% меди ($100-(4+4+2.5)=89,5\%$).

Например,

1. латунь с содержанием меди 63 процента обозначается как «Л63».
2. ЛАЖ60-1-1» – латунь, содержащая 60 процентов меди, 1 процент алюминия и 1 процент железа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Исследование влияния скорости охлаждения на свойства стали.

Цель работы: исследовать влияние скорости охлаждения на твердость углеродистой стали, нагретой до температуры закали.

Оборудование: комплект лабораторных образцов, твердомер Роквелла ТК-2.

Краткие теоретические сведения

Способом, позволяющим изменять структуру и свойства сплавов, является термическая обработка. Термическая обработка сплавов, в частности стали, в большинстве случаев состоит в нагреве до определённой температуры, выдержке при этой температуре и охлаждении с разными скоростями в зависимости от требуемой конечной структуры и физико-механических свойств.

Диаграмма состояния сплавов железа с углеродом даёт представление о структурных превращениях, протекающих в железоуглеродистых сплавах при очень медленном нагреве или охлаждении. При увеличении скорости охлаждения превращения аустенита смещаются в область низких температур, что используется при термической обработке стали.

Термическая обработка применяется для выравнивания химического состава сплавов, снятия внутренних напряжений, устранения наклёпа, улучшения обрабатываемости, повышения стойкости режущего инструмента, прочности, твёрдости и износостойкости деталей и ряда других свойств.

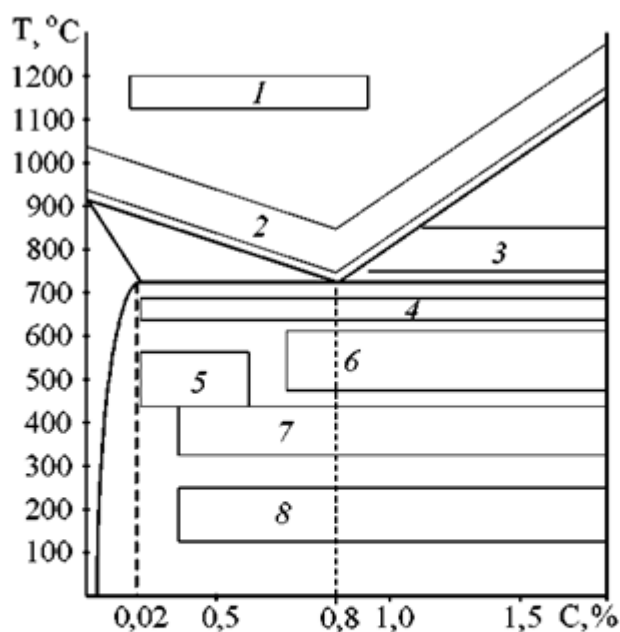


Рис. 6.1. Температура нагрева при различных видах термической обработки: 1 – диффузионный отжиг; 2 – нормализация, полный отжиг и полная закалка; 3 – неполный отжиг и неполная закалка; 4 – рекристаллизационный отжиг; 5 – отжиг для снятия внутренних напряжений; 6 – высокий отпуск; 7 – средний отпуск; 8 – низкий отпуск

Интервалы температур нагрева для различных видов термической обработки представлены на рис. 6.1. Охлаждение стали производится с различными скоростями в зависимости от того, какие свойства необходимо получить. Различные скорости охлаждения стали приводят к получению различных структур.

Скорости охлаждения для разнообразных видов термической обработки определяются по диаграмме изотермического превращения аустенита. На рис. 6.2 представлена такая диаграмма для эвтектоидной стали.

При малых скоростях охлаждения V_1 аустенит превращается в перлит с твердостью HRC 15–20. При скоростях V_2 образуется сорбит (HRC 20–30), при V_3 – троостит (HRC 35–40). При скорости охлаждения выше V_3 произойдет лишь частичный распад аустенита с образованием троостита. Не распавшаяся часть аустенита претерпит бездиффузионное аустенито-мартенситное превращение. В результате образуется троосто-мартенситная структура, которая чаще всего является нежелательной. При скоростях выше $V_{кр}$ в стали образуется только мартенсит.

Наименьшая скорость охлаждения $V_{кр}$, при которой из аустенита образуется только мартенсит, называется *критической скоростью заковки*. Различают следующие (основные) виды термической обработки:

- отжиг 1-го рода (диффузионный, рекристаллизационный и отжиг для снятия внутренних напряжений);
- отжиг 2-го рода (полный, неполный, циклический);
- закалка;
- отпуск.

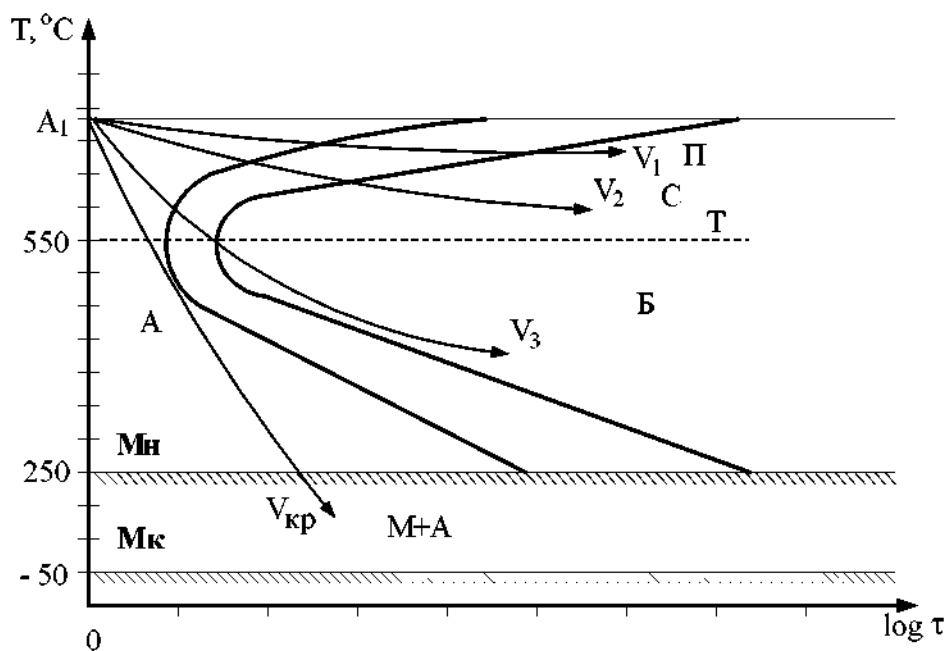


Рис. 6.2. Схема диаграммы изотермического превращения переохлажденного аустенита эвтектоидной стали: П – перлит; С – сорбит; Т – троостит; Б – бейнит

Диффузионный отжиг применяется для крупногабаритных отливок с целью устранения ликвации. Иногда этот процесс называют гомогенизацией (от слова «гомогенный» – однородный). При гомогенизации сталь нагревают до температуры 1050...1200 °С, время выдержки 8...20 часов и медленное охлаждение.

Диффузионный отжиг приводит к росту зерна. Этот дефект может быть устранен дополнительным отжигом на мелкое зерно или нормализацией. В результате гомогенизации у стали повышаются такие механические свойства, как ударная вязкость и усталостные характеристики.

Рекристаллизационный отжиг проводится при температуре 650...700 °С. Время выдержки зависит от габаритов заготовки. Цель такого отжига – устранение наклепа и повышение пластичности. Используется перед холодной обработкой давлением и как промежуточная операция для снятия наклепа в деталях, прошедших холодную обработку давлением.

Отжиг для снятия остаточных напряжений необходим для изделий, в которых после предшествующих технологических операций (обработка резанием, сварка и др.) возникли

остаточные напряжения. При этом виде отжига производится нагрев до 160...700 °С с выдержкой 2,5...3 мин на 1 мм толщины сечения.

Полный отжиг заключается в нагреве доэвтектоидной стали на 30...50 °С выше температуры, соответствующей точке A_{c3} , выдержке для полного завершения фазовых превращений и последующем медленном охлаждении. В результате полного отжига получается мелкозернистая структура, обеспечивающая вязкость и пластичность.

Неполный отжиг отличается от полного тем, что нагрев производится до температуры на 10...30 °С выше точки A_{c1} . Неполный отжиг для доэвтектоидных сталей применяется тогда, когда требуется только снижение твёрдости. Заэвтектоидные стали подвергаются только неполному отжигу.

Нормализация заключается в нагреве стали до температуры $A_{c3} + (30...50) ^\circ\text{C}$ или $A_{c1} + (30...50) ^\circ\text{C}$, выдержке для прогрева и завершения фазовых превращений и охлаждения на воздухе. Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию и устраняет крупнозернистую структуру, полученную при литье, прокате, ковке или штамповке. Нормализация широко используется для улучшения свойств стальных отливок вместо закалки и отпуска.

Закалка заключается в нагреве доэвтектоидных сталей до температур на 30...50 °С выше A_{c3} (полная закалка), а заэвтектоидных – на 30...50 °С выше A_{c1} (неполная закалка). Неполная закалка доэвтектоидных сталей $A_{c1} + (30...50) ^\circ\text{C}$ и полная заэвтектоидных $A_{c1} + (30...50) ^\circ\text{C}$, как правило, не производится. После нагрева и выдержки сталь охлаждается со скоростью не ниже критической.

Для получения различных структур при закалке изделия охлаждают с различной скоростью, которая зависит от охлаждающей среды, формы изделия и теплопроводности стали. Охлаждающая способность различных сред представлена в табл. 6.1.

Критическая скорость закалки определяется для каждой марки стали по диаграммам изотермического распада аустенита, которые приводятся в справочниках.

Таблица 6.1

Охлаждающая способность различных сред

Охлаждающая среда	Скорость охлаждения, °C/с
Вода 18 °C	600
Вода 28 °C	500
Вода 50 °C	100
10%-ный раствор хлористого натрия	1100
10%-ный раствор углекислого натрия	800
Трансформаторное масло	120
Машинное масло	100
Мыльная вода	30
Спокойный воздух	3
Вместе с печью	0,02

Полученный после закалки мартенсит представляет собой перенасыщенный твёрдый раствор углерода в Fe_α , обладающий высокой твёрдостью (HRC 50–60), но хрупок. Для уменьшения хрупкости сталей после закалки применяют отпуск – нагрев стали до температур, лежащих ниже A_{c1} , – выдержку и последующее охлаждение на воздухе.

Отпуск производится для снижения внутренних напряжений, повышения пластичности и вязкости закалённых сталей.

Порядок выполнения работы

1. Определить твёрдость образцов из стали 45, нагретых до температуры $A_{c3} + (30 \dots 50) ^\circ C$ и охлажденных в различных средах. Каждый образец измерять трижды. За конечный результат принять среднее арифметическое значение.
2. Данные измерений занести в табл. 6.2.
3. Для каждого образца определить предполагаемую структуру
4. Построить график зависимости твёрдости стали от скорости охлаждения.

Содержание отчёта

1. Описание цели работы.
2. Описание видов термообработки исследуемых образцов и их назначение.
3. Таблица с результатами измерения твёрдости.
4. График зависимости твёрдости образцов от скорости охлаждения: $HB = f(V_{охл})$.
5. Заключение о структуре и механических свойствах исследуемых образцов.

Таблица 6.2

Результаты измерения твёрдости

Номер образца	Температура нагрева, $^\circ C$	Охлаждающая среда	Скорость охлаждения	Измеренная твёрдость			Предполагаемая структура
				HRC	HRB	HB	

Контрольные вопросы

1. Виды термической обработки и их назначение.
2. Как влияет скорость охлаждения на микроструктуру и свойства стали?
3. Какова температура нагрева для различных видов термообработки?
4. Что такое критическая скорость закалики?
5. Где находятся критические точки A_{c1} , A_{c3} , $A_{ст}$ для сталей с различным содержанием углерода?
6. Что такое перлит, сорбит, троостит, бейнит, мартенсит? Каковы механические свойства перечисленных структур?
7. Что такое полиморфное превращение железа и в чём его сущность?