

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
Колледж НТИ (филиал) СКФУ

**Методические указания
к практическим занятиям**

ОП.04 ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Профессия	23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава
Форма обучения	очная

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы материаловедения» составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по профессии: 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава.

Разработчик:
ассистент кафедры ХТМиАХП Е.З. Василенко

1. Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ предназначены для студентов 1 курса по профессии 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава.

Оформление отчета после выполнения заданий, способствует повторению и закреплению знаний, полученных на учебных занятиях теоретического обучения и более плодотворной работе на практических занятиях.

Методические указания способствует формированию общих и профессиональных компетенций

Общие компетенции	Показатели оценки результата
ОК 1.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 2.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 3.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях
ОК 4.	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде
ОК 5.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
ОК 6.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных российских духовно-нравственных ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения
ОК 7.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях
ОК 8.	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности
ОК 9.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 1.1.	Выявлять неисправности основных узлов оборудования и механизмов подвижного состава.
ПК 1.2.	Проводить демонтаж, монтаж, сборку и регулировку узлов и механизмов подвижного состава
ПК 1.3.	Проводить ремонт узлов, механизмов и изготовление отдельных деталей подвижного состава
ПК 2.1.	Выполнять работу на стендах, измерительных установках для исследования состояния узлов и механизмов подвижного состава.
ПК 2.2.	Проводить испытания узлов и механизмов подвижного состава.
ПК 2.3.	Оформлять техническую документацию и составлять дефектную ведомость

ВВЕДЕНИЕ

Данные рекомендации способствуют развитию общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей.

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен уметь:

- выполнять механические испытания образцов материалов;
- использовать физико-химические методы исследования металлов;
- пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов; - выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности.

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен знать:

- основные свойства и классификацию материалов, использующихся в профессиональной деятельности;
- наименование, маркировку, свойства обрабатываемого материала;
- правила применения смазывающих и охлаждающих материалов;
- основные сведения о металлах и сплавах;
- основные сведения о неметаллических, прокладочных, уплотнительных и электротехнических материалах, стали, их классификацию.

Для выполнения практических работ студенту рекомендуется использовать литературу, приведенную в конце методических указаний.

Практическая работа № 1

«Физические свойства металлов и методы их изучения»

Цель работы: изучить физические свойства металлов, методы их определения.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретическими положениями.
2. Выполните задание преподавателя.
3. Составьте отчет в соответствии с заданием.

Теоретическая часть

К физическим свойствам относятся: плотность, плавление (температура плавления), теплопроводность, тепловое расширение.

Плотность - количество вещества, содержащееся в единице объема. Это одна из важнейших характеристик металлов и сплавов. По плотности металлы делятся на следующие группы: **легкие** (плотность не более 5 г/см³) - магний, алюминий, титан и др; **тяжелые** - (плотность от 5 до 10 г/см³) - железо, никель, медь, цинк, олово и др. (это наиболее обширная группа); **очень тяжелые** (плотность более 10 г/см³) - молибден, вольфрам, золото, свинец и др. В таблице 1 приведены значения плотности металлов.

Таблица 1

Плотность металлов

металл	Плотность гр/см3	металл	Плотность гр/см3
Магний	1.74	Железо	7.87
Алюминий	2.70	Медь	8.94
Титан	4.50	Серебро	10.50
Цинк	7.14	Свинец	11.34
Олово	7.29	Золото	19.32

Температура плавления - это температура, при которой металл переходит из кристаллического (твердого) состояния в жидкое с поглощением теплоты.

Температура плавления металлов лежат в диапазоне от -39 °С (ртуть) до 3410 °С (вольфрам). Температура плавления большинства металлов (за исключением щелочных) высока, однако некоторые «нормальные» металлы, например олово и свинец, можно расплавить на обычной электрической или газовой плите.

В зависимости от температуры плавления металл подразделяют на следующие группы: **легкоплавкие** (температура плавления не превышает 600 °С) - цинк, олово, свинец, висмут и

др.; **среднеплавкие** (от 600 °С до 1600 °С) - к ним относятся почти половина металлов, в том числе магний, алюминий, железо, никель, медь, золото;

тугоплавкие (более 1600 °С) - вольфрам, молибден, титан, хром и др. При введении в металл добавок температура плавления, как правило, понижается.

Таблица 2

Температура плавления и кипения металлов

Металл	Температура С		Металл	Температура С	
	плавления	кипения		плавления	кипения
Олово	232	2600	Серебро	960	2180
Железо	1539	2900	Магний	650	1100
Медь	1083	2580	Цинк	420	907
Золото	1063	2660	Свинец	327	1750
Титан	1680	3300	Алюминий	660	2400

Теплопроводность - способность металла с той или иной скоростью проводить теплоту при нагревании.

Электропроводность - способность металла проводить электрический ток.

Тепловое расширение - способность металла увеличивать свой объем при нагревании.

Гладкая поверхность металлов отражает большой процент света - это явление называется металлическим блеском. Однако в порошкообразном состоянии большинство металлов теряют свой блеск; алюминий и магний, тем не менее, сохраняют свой блеск и в порошке. Наиболее хорошо отражают свет алюминий, серебро и палладий - из этих металлов изготавливают зеркала. Для изготовления зеркал иногда применяется и родий, несмотря на его исключительно высокую цену: благодаря значительно большей, чем у серебра или даже палладия, твёрдости

и химической стойкости, родиевый слой может быть значительно тоньше, чем серебряный.

Методы исследований в материаловедении

Основными методами исследования в металловедении и материаловедении являются: излом, макроструктура, микроструктура, электронная микроскопия, рентгеновские методы исследования. Рассмотрим их особенности более подробно.

1. Излом - самый простой и доступный способ оценки внутреннего строения металлов. Метод оценки изломов, несмотря на свою кажущуюся грубость оценки качества материала, применяется довольно широко в различных отраслях производства и научных исследований. Оценка излома во многих случаях может характеризовать качество материала.

Излом может быть кристаллическим или аморфным. Аморфный излом характерен для материалов, не имеющего кристаллического строения, таких как стекло, канифоль, стекловидные шлаки.

Металлические сплавы, в том числе сталь, чугун, алюминиевые, магниевые сплавы, цинк и его сплавы дают зернистый, кристаллический излом. Каждая грань кристаллического излома является плоскостью скалывания отдельного зерна. Поэтому излом показывает нам размеры зерна металла. Изучая излом стали, можно видеть, что размер зерна может колебаться в очень широких пределах: от нескольких сантиметров в литой, медленно остывшей, стали до тысячных долей миллиметра в правильно откованной и закаленной стали. В зависимости от размера зерна, излом может быть крупнокристаллический и мелкокристаллический. Обычно мелкокристаллический излом соответствует более высокому качеству металлического сплава.

В случае если разрушение исследуемого образца проходит с предшествующей пластической деформацией, зерна в плоскости излома деформируются, и излом уже не отражает внутреннего кристаллического

строения металла; в этом случае излом называется волокнистым. Часто в одном образце в зависимости от уровня его пластичности, в изломе могут быть волокнистые и кристаллические участки.

Практическая часть

Содержание отчета.

1. В отчете необходимо указать название, цель работы.
2. Перечислите основные физические свойства металлов (с определениями).
3. Зафиксируйте в тетради таблицы 1-2. Сделайте выводы по таблицам.
4. Заполните таблицу: «Основные методы исследования в материаловедении».

Практическая работа № 2

Тема: «Изучение чугунов»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения чугунов; формирование умения расшифровки марок чугунов.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть

Чугун отличается от стали: по составу - более высокое содержание углерода и примесей; по технологическим свойствам - более высокие литейные свойства, малая способность к пластической деформации, почти не используется в сварных конструкциях.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают: белый чугун – углерод в связанном состоянии в виде цементита, в изломе имеет белый цвет и металлический блеск; серый чугун – весь углерод или большая часть находится в свободном состоянии в виде графита, а в связанном состоянии находится не более 0,8 % углерода. Из-за большого количества графита его излом имеет серый цвет; половинчатый – часть углерода находится в свободном состоянии в форме графита, но не менее 2 % углерода находится в форме цементита. Мало используется в технике.

В зависимости от формы графита и условий его образования различают следующие группы чугунов: серый - с пластинчатым графитом; высокопрочный - с шаровидным графитом; ковкий - с хлопьевидным графитом. Графитовые включения можно рассматривать как соответствующей формы пустоты в структуре чугуна. Около таких дефектов при нагружении концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Отсюда следует, что графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл. Более благоприятна хлопьевидная форма, а оптимальной является шаровидная форма графита. Пластичность зависит от формы таким же образом. Наличие графита наиболее резко снижает сопротивление при жестких способах нагружения: удар; разрыв.

Сопротивление сжатию снижается мало.

Серые чугуны

Серый чугун широко применяется в машиностроении, так как легко обрабатывается и обладает хорошими свойствами. В зависимости от прочности серый чугун подразделяют на 10 марок (ГОСТ 1412).

Серые чугуны при малом сопротивлении растяжению имеют достаточно высокое сопротивление сжатию. Структура металлической основы зависит от количества углерода и кремния.

Учитывая малое сопротивление отливок из серого чугуна растягивающим и ударным нагрузкам, следует использовать этот материал для деталей, которые подвергаются сжимающим или изгибающим нагрузкам. В станкостроении это - базовые, корпусные детали, кронштейны, зубчатые колеса, направляющие; в автостроении - блоки цилиндров, поршневые кольца, распределительные валы, диски сцепления. Отливки из серого чугуна также используются в электромашиностроении, для изготовления товаров народного потребления. Маркировка серых чугунов: обозначаются индексом СЧ (серый чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10^{-1} .

Например: СЧ 10 – серый чугун, предел прочности при растяжении 100 Мпа.

Ковкий чугун

Хорошие свойства у отливок обеспечиваются, если в процессе кристаллизации и охлаждения отливок в форме не происходит процесс графитизации. Чтобы предотвратить графитизацию, чугуны должны иметь пониженное содержание углерода и кремния.

Различают 7 марок ковкого чугуна: три с ферритной (КЧ 30 - 6) и четыре с перлитной (КЧ 65 - 3) основой (ГОСТ 1215).

По механическим и технологическим свойствам ковкий чугун занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью. Недостатком ковкого чугуна по сравнению с высокопрочным является ограничение толщины стенок для отливки и необходимость отжига.

Отливки из ковкого чугуна применяют для деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

Из ферритных чугунов изготавливают картеры редукторов, ступицы, крюки, скобы, хомутики, муфты, фланцы.

Из перлитных чугунов, характеризующихся высокой прочностью, достаточной пластичностью, изготавливают вилки карданных валов, звенья и ролики цепей конвейера, тормозные колодки.

Маркировка ковкого чугуна: обозначаются индексом КЧ (ковкий чугун) и числами. Первое число соответствует пределу прочности на растяжение, умноженное на 10^{-1} , второе число – относительное удлинение.

Например: КЧ 30-6 – ковкий чугун, предел прочности при растяжении 300Мпа, относительное удлинение 6 %.

Высокопрочный чугун

Получают эти чугуны из серых, в результате модифицирования магнием или церием. По сравнению с серыми чугунами, механические свойства повышаются, это вызвано отсутствием неравномерности в распределении напряжений из-за шаровидной формы графита.

Эти чугуны обладают высокой жидкотекучестью, линейная усадка - около 1%. Литейные напряжения в отливках несколько выше, чем для серого чугуна. Изза высокого модуля упругости достаточно высокая обрабатываемость резанием.

Обладают удовлетворительной свариваемостью.

Из высокопрочного чугуна изготавливают тонкостенные отливки (поршневые кольца), шаботы ковочных молотов, станины и рамы прессов и прокатных станов, изложницы, резцедержатели, планшайбы.

Отливки коленчатых валов массой до 2..3 т, взамен кованных валов из стали, обладают более высокой циклической вязкостью, малочувствительны к внешним концентраторам напряжения, обладают лучшими антифрикционными свойствами и значительно дешевле.

Маркировка высокопрочного чугуна: обозначаются индексом ВЧ (высокопрочный чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10^{-1} .

Например: ВЧ 50 – высокопрочный чугун с пределом прочности на растяжение 500 Мпа.

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название работы, ее цель.
 2. Опишите производство чугуна.
 3. Заполните таблицу:
3. Высокопрочные чугуны

Практическая работа № 3

Тема: «Изучение углеродистых и легированных конструкционных сталей»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задания практической части.

Теоретическая часть

Сталь – это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0 - 2,14%. Стали являются наиболее распространенными

материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора стали подразделяют на стали:

- Обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- Высококачественные - до 0,025% серы и фосфора.
- Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Раскисление – это процесс удаления кислорода из стали, т. е. по степени её раскисления, существуют: спокойные стали, т. е., полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами "сп" в конце марки (иногда буквы опускаются); кипящие стали – слабо раскисленные; маркируются буквами "кп"; полуспокойные стали, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы: сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора); сталь группы Б

– по химическому составу; сталь группы В – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Конструкционные стали предназначены для изготовления конструкций, деталей машин и приборов.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их

идентификации, однако до настоящего времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Так в России и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Белоруссия и др.) принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов выплавки стали, а цифрами — содержание элементов. До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей. **Маркировка конструкционных углеродистых сталей**

обыкновенного качества

- Обозначают по ГОСТ 380-94 буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств.
- Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер.
- Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали.
- Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится.
- Для указания категории стали к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

Например:

- Ст1кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А);

- ВСт5Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа

В);

- ВСт0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют).

Маркировка конструкционных углеродистых качественных сталей - В соответствии с ГОСТ 1050-88 эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05 ; 08 ; 10 ; 25 ; 40, 45 и т.д.

- Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются. Например, 08кп, 10пс, 15, 18кп, 20 и т.д.

- Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание марганца. Например: 14Г, 18Г и т.д.

- Самая распространенная группа для изготовления деталей машин (валы, оси, втулки, зубчатые колеса и т.д) Например:

- 10 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,1 %, спокойная

- 45 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,45%, спокойная

- 18 кп – конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0.18%, кипящая

- 14Г – конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0,14%, спокойная, с повышенным содержанием марганца.

Маркировка легированных конструкционных сталей

- В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв.
- Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента.
- Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь. - Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, (округлить до до целого числа)

Задание для студентов:

1. Запишите название работы,
2. Запишите основные признаки и маркировки конструкционных групп сталей
3. Расшифруйте марки стали и запишите область применения конкретной марки

Практическая работа №4. Макроскопический анализ металлов и сплавов

Теоретическая часть

Сущность макроскопического анализа (макроанализа) заключается в исследовании строения металлов и сплавов невооруженным глазом или с помощью лупы (при увеличении до 30 раз).

Макроанализ проводят путем изучения внешних поверхностей, изломов заготовок и деталей или макрошлифов.

Макроанализ позволяет оценить качество материала, выявить наличие в нем макродефектов, характер его предшествующей обработки (литье, обработка давлением, резание, сварка, наплавка, термическая и химикотермическая обработка и др.), структурную и химическую неоднородность, волокнистость, причины и характер разрушения. Структура материала, наблюдаемая невооруженным глазом или при небольших увеличениях, называется *макроструктурой*. Ее можно зафиксировать фотоснимком или рисунком.

С помощью макроанализа можно дать общую оценку состояния больших поверхностей материала или детали в целом и выбрать небольшие, наиболее важные и типичные участки для дальнейшего углубленного изучения.

Исследование поверхностей изделий, позволяет выявить их наружные макродефекты.

В литых изделиях на поверхности наиболее часто встречаются следующие дефекты:

1. *пригар*, представляющий собой трудноотделимую корку, состоящую из смеси металла, формовочного песка и шлака;

2. *усадочные пустоты (раковины, рыхлости, пористость)*, образующиеся в результате *усадки металла* – уменьшения его объема и линейных размеров при охлаждении расплава, его затвердевании и охлаждении затвердевшего металла до температуры окружающей среды;

3. *газовые раковины (пузыри)*, возникающие в кристаллизующемся металле из-за его большой газонасыщенности;

4. *ужимины*, создающиеся вследствие частичного отслоения внутренних поверхностных слоев песчаной формы, что приводит к образованию в твердом металле полостей, заполненных формовочным материалом;

5. *трещины*, появляющиеся как результат высоких напряжений, в отливках из-за сопротивления формы их усадке, а также неодинаковых скоростей охлаждения различных частей литой заготовки;

6. *неметаллические включения* по происхождению разделяются на *эндогенные*, образованные в результате взаимодействия компонентов сплава, например, железа, с растворенными в нем кислородом, серой, азотом и *экзогенные* – шлаковые включения и засоры от разрушающихся стенок формы.

В пластически деформированных изделиях остается часть дефектов литого металла. Оставшиеся дефекты при пластическом деформировании металла видоизменяются.

1. Усадочные пустоты превращаются в *расслоения*.

2. Некоторые неметаллические включения (а также газовые пузыри), окисленные и потому не заварившиеся в процессе горячей обработки давлением, вытягиваются и образуют прямые тонкие штрихи-трещинки глубиной до 1,5 мм и длиной от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Такие трещинки, расположенные в направлении деформирования, называются *волосовинами*.

3. В некоторых легированных сталях выявляются *флокены* – тонкие трещины, которые в поперечном сечении представляют собой овальные пятна серебристо-белого цвета. Они особенно хорошо наблюдаются на изломах и протравленных макрошлифах. Происхождение флокенов связано с поглощением водорода жидкой сталью, его сегрегацией в местах больших искажений кристаллической решетки затвердевшей стали. Это приводит к появлению значительных напряжений и, как следствие, трещин при пластической деформации стали, а также при ее неравномерном охлаждении или фазовых превращениях.

К дефектам пластически деформированного металла относятся и:

1. сильно разветвленные, глубоко проникающие в глубь металла *трещины* и *раковины*, вызванные *пережогом* (т.е. окислением металла по границам зерен);

2. *надрывы*, обусловленные чрезмерно большой степенью деформации;

3. *окалина* – слои окисленного металла (если они вдавлены в металл, на его поверхности образуется *рябизна*).

В сварных изделиях основными дефектами являются:

1. *трещины*, как результат высоких напряжений;

2. *непровар* – местное отсутствие соединения основного металла и наплавленного; дефект возникает при загрязнении свариваемых поверхностей и недостаточном разогреве основного металла.

3. *пережог*, из-за высокой температуры нагрева металла в процессе сварки. Он образуется при нарушении режима тепловой обработки (высокая температура нагрева в кислородсодержащей среде), вызывающем интенсивное окисление металла вдоль границ зерен. Это сильно охрупчивает металл. Дефект неисправим.

По результатам исследования поверхностей изделий делается заключение о возможности их дальнейшей эксплуатации.

При изучении изломов выявляют внутренние макродефекты.

Излом – поверхность, образующаяся при разрушении металла. Изломы могут существенно отличаться по цвету. Так стали и белые чугуны, в которых углерод связан в цементите, имеют излом светло-серого цвета; графитизированные чугуны – тёмно-серого.

На поверхности изломов можно видеть дефекты, которые способствовали разрушению. В зависимости от состава, строения металла, наличия дефектов, условий обработки и эксплуатации изделий, изломы могут быть вязкими, хрупкими или усталостными.

Вязкий (волоknистый) излом (Рисунок 1.1, а) имеет бугристосглаженный рельеф. Разрушению предшествует значительная пластическая деформация. Форма и размер зерен сильно искажены.

Хрупкий (кристаллический) излом (Рисунок 1.2, б) происходит под действием растягивающих или ударных изгибающих нагрузок, без предварительной пластической деформации. Он имеет кристаллическое строение и металлический блеск. Можно различить форму и размер зерен металла. Разрушение может проходить по границам зерен

(*межкристаллический излом*) и по зернам металла (*транскристаллический излом*). Разрушение по границам зерен имеет место при наличии на границах неметаллических включений (фосфиды, сульфиды, оксиды) или других выделений, ослабляющих прочность границ зерна.

В сталях хрупкий излом иногда называют *нафталинистым*, если он транскристаллический и имеет избирательный блеск. При крупнозернистом строении сплава хрупкий межкристаллический излом называют *камневидным*.

Хрупкое разрушение наиболее опасно, т. к. происходит, обычно, при напряжениях ниже предела текучести материала.

Его возникновению способствуют:

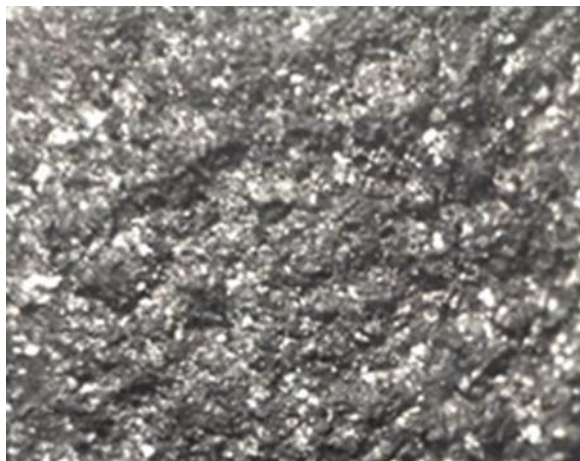
- наличие поверхностных дефектов;
- конструктивные просчеты (резкое изменение размера сечения, толстостенность деталей);
- низкая температура и ударные нагрузки при работе;
- крупнозернистость металла;
- *межзёрная коррозия* – хрупкие фазы по границам зерен.

Обычно изломы бывают *смешанными* на их поверхности наблюдаются участки вязкого и хрупкого разрушения.

На рисунке 1.1 представлены некоторые виды изломов металлов.



а)



б)



в)

Рисунок 1.1 – Виды изломов: а) – вязкий; б) – хрупкий; в) – усталостный

Усталостный излом возникает в процессе постепенного накопления повреждений в материале детали, находящейся под действием переменных напряжений, которые приводят к образованию микротрещин, их развитию, появлению трещин и окончательному разрушению детали (Рисунок 1.1, в).

Он состоит из: очага разрушения 1 (зона образования микротрещины), зоны усталостного разрушения 2 и зоны долома 3. Очаг разрушения примыкает к поверхности и имеет небольшие размеры. Зону усталости формирует распространение усталостной трещины. В этой зоне видны характерные бороздки, которые имеют конфигурацию колец, что свидетельствует о скачкообразном продвижении трещины усталости.

Последнюю стадию разрушения характеризует зона долома. На рисунке 1.2 изображено схематическое строение усталостного излома.

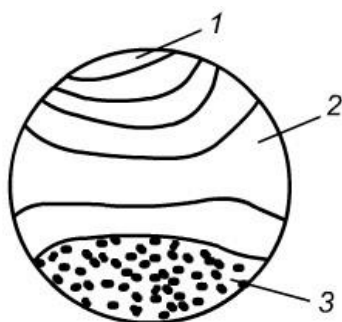


Рисунок 1.2 – Схематическое строение усталостного излома

Исследование макрошлифов

Макрошлиф – это образец с плоской шлифованной и протравленной поверхностью, вырезанный из исследуемого участка детали или заготовки. Макрошлиф, изготовленный в поперечном сечении детали называется *темплетом*.

Изготовление макрошлифа. На металлорежущем станке или ножовкой вырезают образец. Одну из его поверхностей ровняют напильником или на плоскошлифовальном станке. Затем образец шлифуют вручную или на шлифовально-полировальном станке шлифовальной шкуркой различной зернистости. Шлифование одной шкуркой нужно проводить в одном направлении, после чего следует смыть остатки абразива водой. Переходя на более мелкую шкурку, поворачивают образец на 90° и проводят обработку до полного исчезновения рисок, образованных предыдущей шкуркой. Затем образец очищают, промывают водой и обезжиривают, как правило, этиловым спиртом, просушивают и подвергают глубокому или поверхностному *травлению*. Реактив, активно взаимодействуя с участками, где имеются дефекты и неметаллические включения, протравливает их более сильно и глубоко. Поверхность макрошлифа получается рельефной.

Глубокое травление производится водным раствором соляной кислоты ($50 \text{ см}^3 \text{ HCl}$, $50 \text{ см}^3 \text{ воды}$), нагретым до $60-70^\circ\text{C}$, в течение $15-25 \text{ мин}$ для

углеродистых и низколегированных сталей и $15-40 \text{ мин}$ – для высоколегированных. Оно позволяет выявить даже внутренние дефекты (поры, раковины, ликвацию, волосовины, трещины, флокены и др.), не выходящие непосредственно на поверхность детали.

Поверхностное травление, проводимое менее агрессивными реактивами, позволяет выявить в сталях, чугунах и цветных сплавах ликвацию, макроструктуру литого или деформированного металла, дефекты, качество сварных соединений, структурную неоднородность материала, подвергнутого термической или химико-термической обработке. Например:

– волокнистость, возникающую при обработке металлов давлением (прокатке, ковке, штамповке) выявляют травлением в реактиве, содержащем

85 г. CuCl_2 и $53 \text{ г. NH}_4\text{Cl}$ на 1000 мл воды;

– первичную кристаллизацию стали (строение литой стали) выявляют травлением в 15% -м растворе персульфата аммония $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$, нагретом до $80 - 90^\circ\text{C}$, с выдержкой $5 - 10 \text{ мин}$.

Протравленный макрошлиф промывают водой для удаления травителя, обрабатывают спиртом, высушивают с целью предотвращения коррозии.

Макроанализ макрошлифов позволяет выявить *структурную* (например, в стали закаленной токами высокой частоты) или *химическую* (например, в стали науглероженной или наплавленной износ- и

коррозионностойким сплавом) *неоднородность*, возникшую при обработке готовых изделий.

Химическая неоднородность сплава, возникающая при его производстве, называется *ликвацией*.

Особенно склонны к ликвации в стали – углерод, сера и фосфор. Чаще определяют общую ликвацию сплава по сечению детали. Для этого свежеприготовленный макрошлиф погружают на *2 мин.* в *10%* раствор двойной медно-аммиачной соли соляной кислоты ($CuNH_4Cl_2$). При травлении медь замещает железо и оседает на участках поверхности, обедненных *S*, *P* и *C*, чем защищает их от дальнейшего растравления. Места, обогащенные примесями, оказываются сильно протравленными. Затем макрошлиф промывают под струей проточной воды и снимают медь с поверхности ватным тампоном.

Полученную картину зарисовывают или фотографируют.

Вредные примеси сера и фосфор оказывают существенное влияние на строение металла и его свойства. Поэтому содержание серы и фосфора в сталях строго регламентируется.

Сера вызывает *красноломкость стали* – охрупчивание при высоких температурах, что приводит к возникновению надрывов и трещин при горячей обработке давлением (прокатке, ковке и др.)

Фосфор сильно снижает пластичность, вызывая *хладноломкость стали* – охрупчивание при низких температурах.

Характер распределения названных элементов зависит от их количества, процесса кристаллизации металла в отливке или в сварном соединении и от вида обработки давлением.

Оборудование и материалы

1. Образцы поверхностей и изломов заготовок и деталей;
2. Образцы для изготовления макрошлифов;

3. Шлифовальная бумага различной зернистости;
4. Лупы;
5. 10% раствор двойной медно-аммиачной соли соляной кислоты (CuNH_4Cl_2).

Указания по технике безопасности

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют: отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

При попадании на кожу раствора двойной медно-аммиачной соли соляной кислоты, необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны химические вещества при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей

воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

Задания

1. Изучить комплект изломов заготовок и деталей с помощью лупы.
2. Зарисовать структуру изломов, видимые дефекты поверхности заготовок и деталей.
3. Изготовить макрошлиф.
4. Выявить общую ликвацию сплава погружением макрошлифа в $CuNH_4Cl_2$.
5. Зарисовать структуру макрошлифа после выявления ликвации.
6. Оформить отчет в виде Таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Данные для оформления отчета

№ п/п	Название образца	дефектов	Эскиз образца с изображением дефектов и структуры изломов

Описание изломов и поверхностей с указанием

Содержание отчета

Отчет должен быть выполнен на бумаге стандартного размера (формат А4) с полями по обеим сторонам текста. Материал отчета должен иметь четкую рубрикацию, каждый раздел необходимо снабдить заголовком.

Состав отчета по лабораторной работе:

1. Название работы.
2. Цель работы

3. Теоретическая часть
4. Оборудование и материалы
5. Задание
6. Таблица отчётности
7. Эскиз структуры макрошлифа, после выявления ликвации.
8. Вывод или заключение о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое макроанализ?
2. Цель макроанализа? Каким путем его проводят?
3. Какие дефекты характерны для литых, пластически деформированных и сварных изделий?
4. Что такое излом? Виды изломов, их характеристика.
5. Что такое макрошлиф? Порядок его изготовления.
6. Дать описание способов травления.
7. Что такое ликвация? Как влияют примеси серы и фосфора на свойства стали?

Практическая работа №5

Изучение металлографического микроскопа

Альтами МЕТ 2С

Цель работы: ознакомиться с устройством, принципом действия и приобрести практические навыки работы на металлографическом микроскопе Альтами МЕТ 2С.

Теоретическая часть

Металлографические микроскопы позволяют исследовать не только объекты металлической природы, как это видно из их названия, но и любые непрозрачные или полупрозрачные материалы. Такая разновидность

лабораторного оборудования обеспечивает возможность изучения внутренней структуры различных композитных материалов, шлаков и горных пород. Кроме того, эти приборы позволяют проводить точные измерения различных изделий в машиностроении, анализировать топологические структуры элементов электронной промышленности, и многое другое, что допускается их устройством и техническими возможностями.

Учитывая сферы деятельности и условия применения, используют специализированные металлографические устройства:

- портативный микроскоп для полевых условий;
- цифровые металлографические приборы для исследования микромира;
- неинвертированный прямой микроскоп для изучения плоских объектов;
- инвертированный комплекс с обратным расположением оптики.

Сферы применения металлографических микроскопов: металлургическая промышленность; горнорудное и горноперерабатывающее дело; геология; электронная отрасль.

Основным методом исследования металлографического микроскопа является метод светлого поля в отраженном свете. Оптический микроскоп, предназначенный для данного метода наблюдения, позволяет исследовать непрозрачные, отражающие свет объекты, как например: травленные шлифы металлов или руд, разные минералы. В данном случае освещение объекта производится через объектив после того, как свет от источника поступает на отражательную сторону полупрозрачного зеркала. Затем, отразившись от объекта, свет снова проходит через объектив и полупрозрачное зеркало, которое в данном случае

(в направлении оптической оси) его пропускает. Так как разные участки объекта по-разному отклоняют падающий на них свет, а отраженные лучи имеют различную интенсивность, на выходе будет получено достоверное изображение объекта.

Объектами исследований в металлографических микроскопах часто являются вырезанные определенным способом и тщательно отшлифованные слитки, так называемые «шлифы», рассматриваемые в отраженном свете.

Инвертированный микроскоп отличается оптической схемой, в которой наблюдаемая плоскость образца направлена вниз, а револьверная головка с объективами находится под предметным столиком. Благодаря этому плоскость образца всегда строго перпендикулярна оптической оси объектива, что позволяет при больших увеличениях наблюдать всю поверхность в фокусе.

Металлографический микроскоп Альтами МЕТ 2С предназначен для визуального наблюдения микроструктуры металлов, сплавов и других непрозрачных объектов в отраженном свете при прямом освещении в светлом поле и поляризованном свете (Рисунок 2.1).

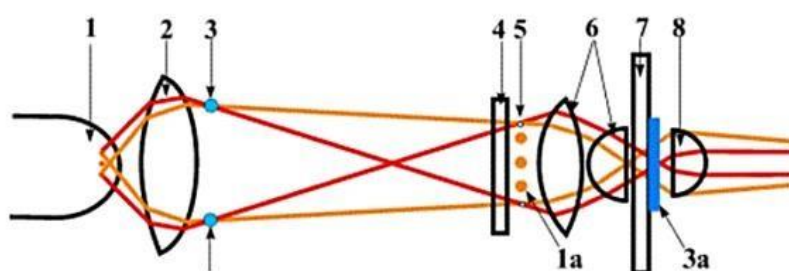


Рисунок 2.1. Принципиальная схема работы микроскопа по методу светлого поля в отраженном свете.

1 – источник света, 1а – изображение источника света, 2 – коллектор, 3 – полевая диафрагма осветителя, 3а – изображение полевой диафрагмы, 4 – светофильтр, 5 – апертурная диафрагма, 6 – конденсор, 7 – препарат,

8 – объектив микроскопа

Светлое поле в отраженном свете – это метод освещения конусом света, который преломляется, отражается и рассеивается от образца, формируя изображение. Пройдя через образец или отразившись от него, свет проходит через объектив, тубусную призму, линзы окуляров и регистрируется камерой или глазами. При светлом поле важное значение имеет именно центровка освещения, настройка «освещение по Келеру». При таком освещении, свет попадает в отверстие апертурной диафрагмы конденсора, ограничивающей размер пучка света. Регулируя диаметр апертурной диафрагмы можно изменять максимальный угол конуса освещения образца, а полевой диафрагмой можем регулировать размер освещаемой площади.

Микроскоп применяется в металлографических лабораториях научноисследовательских институтов и предприятий металлургической, микроэлектронной, машиностроительной промышленности, а также в учебных заведениях.

Альтами МЕТ 2С представляет собой инвертированный микроскоп с верхним расположением столика.

Устройство металлографического микроскопа Альтами МЕТ 2С

На рисунке 2.2 изображен общий вид микроскопа Альтами МЕТ 2С, который представляет собой инвертированный металлографический микроскоп, без отдельного выхода на камеру, с планахроматической оптикой "на бесконечность".

Основные системы микроскопа: оптическая, осветительная с фотографической аппаратурой и механическая.

В таблице 2.1 содержатся характеристики объективов для микроскопа АЛЬТАМИ МЕТ 2С и создаваемые им увеличения.

Видимое увеличение микроскопа: 50х, 64х, 100х, 160х, 200х, 320х, 500х, 640х, 800х, 1280х, 1600х, 1000х, 1600х.

Таблица 2.1 – Характеристики объективов для металлографического микроскопа АЛЬТАМИ МЕТ 2С и создаваемые им увеличения

Увеличение	Объективы	Рабочее расстояние (мм)
10	0,25	8,80
40	0,65 (подпружиненный)	0,73
100	1,25 (подпружиненный) МИ	0,69

Насадка: бинокулярная 45° с изменяемым межзрачковым расстоянием и диоптрийной подстройкой.

Объективы: ахроматические, рассчитаны на оптическую длину тубуса 160 мм, для светлого поля.

Револьверное устройство: четырехпозиционное, вращаемое на 360°, с механизмом точной фиксации объектива.

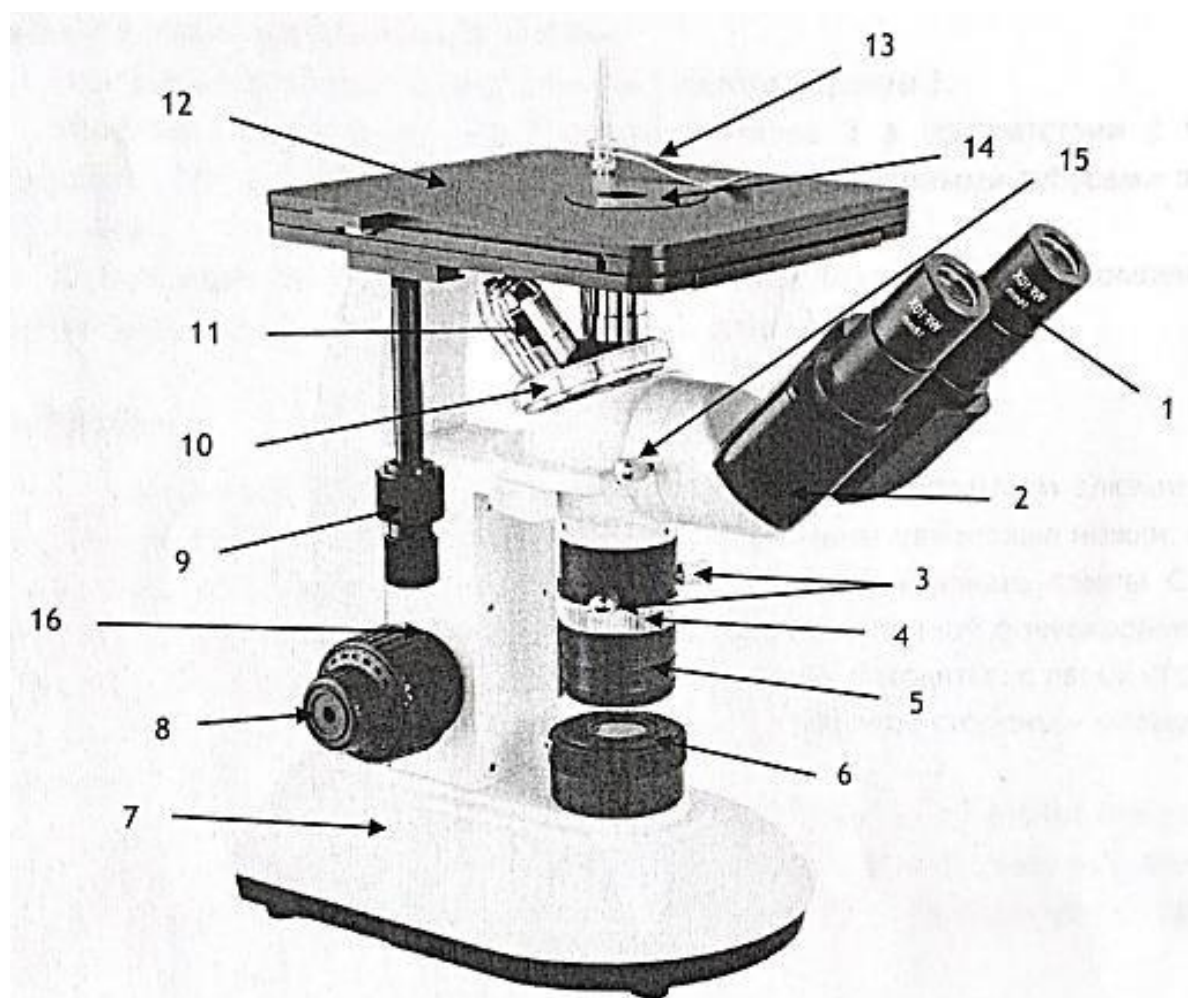


Рисунок 2.2 – Общий вид металлографического микроскопа Альтами МЕТ 2С

1 – окуляр; 2 – насадка; 3 – ручки центровки конденсатора; 4 – кольцо регулировки апертурной диафрагмы; 5 – конденсатор; 6 – полевая диафрагма; 7 – штатив; 8 – ручки фокусировки; 9 – ручка продольного и поперечного перемещения стола; 10 – револьверное устройство; 11 – объектив; 12 – предметный стол; 13 – прижим; 14 – круглая вставка; 15 – прижимной винт насадки; 16 – фиксатор предела перемещения грубой фокусировки.

Окуляры: широкопольные окуляры увеличением 10X (видимое поле 18 мм) и увеличением 16X (видимое поле 11 мм).

Стол: предметный стол 180x180 мм с коаксиальным управлением, диапазон перемещений 30x30 мм, максимальный вес образца -1 кг.

Осветительная система: светофильтры синий, зеленый, серый, регулируемые апертурная и полевая диафрагмы.

Источник света: галогенная лампа 6 В, 20 Вт или светодиод 3 Вт с возможностью настройки положения лампы и конденсора.

Питание: 220-240 В, 50 Гц.

Описание и работа составных частей микроскопа

Насадка

Бинокулярная насадка 2 обеспечивает визуальное наблюдение изображения объекта. Насадка устанавливается на гнездо штатива. В окулярные тубусы насадки устанавливаются окуляры 1. Установка расстояния между осями окуляров 1 в соответствии с глазной базой наблюдателя осуществляется разворотом корпусов с окулярными тубусами в диапазоне от 50 до 75 мм.

Левый окулярный тубус снабжен диоптрийным механизмом для компенсации ошибки глаза наблюдателя в диапазоне от 5 до минус 5 дптр.

Штатив

Штатив микроскопа 7 изготовлен из отлитого под давлением алюминия и окрашен огнеупорной эмалью. На основании штатива расположены резиновые ножки. Справа в нижней части штатива находится диск включения и регулировки накала лампы. С обеих сторон штатива есть коаксиально расположенные ручки грубой и точной фокусировки 8. Коаксиально с ручками фокусировки ближе к штативу микроскопа находятся: с левой стороны - фиксатор предела перемещения грубой фокусировки 16, а с правой стороны - кольцо регулировки жесткости хода предметного стола.

Также на штативе имеются: револьверное устройство 10 с объективами 11, центрируемый ручками 3 конденсор 5 с регулируемой специальным колесом 3 апертурной диафрагмой, гнездо подключения шнура питания и фиксатор предохранителя (сзади в нижней части).

Осветитель

Важное значение для получения контрастного равномерно освещенного изображения объектов в микроскопе имеет осветитель микроскопа. Микроскоп снабжен регулируемыми полевой и апертурной диафрагмами для обеспечения освещения по методу Келера.

Встроенный в основание микроскопа осветитель включает коллектор в оправе с регулируемой полевой диафрагмой и держатель галогенной лампы 6 В, 20 Вт. Питание лампы осуществляется от сети переменного тока напряжением 220/240 В, частотой 50 Гц через источник электропитания, также встроенный в основание микроскопа.

Включение осветителя осуществляется с помощью диска включения и регулировки накала лампы, расположенного на правой нижней поверхности основания микроскопа.

К нижней поверхности основания микроскопа крепится с помощью винта откидная крышка. К откидной крышке крепится держатель лампы с цоколем G4.

Предметный стол

На верхней части штатива микроскопа расположен координатный предметный стол прямоугольной формы 12. Перемещение предметного стола осуществляется коаксиально расположенными на левой стороне ручками продольного и поперечного перемещения 9. В центре предметного стола устанавливается крутящаяся вставка 14. При необходимости на предметный стол можно установить прижим 13.

Сборка микроскопа

Перед сборкой микроскопа дополнительно убедитесь, что на стеклянных элементах нет пыли и все комплектующие чистые!

Установите штатив микроскопа 7 на твердую и ровную поверхность. Установите насадку 2 в гнездо штатива и закрепите прижимным винтом 15. Выньте защитные колпачки из насадки и вставьте окуляры 1. Установите круглую вставку 14 на предметный стол, а также, при необходимости, прижим 13. Вкрутите объективы 11 в револьверное устройство 10. Вставьте шнур питания в гнездо на задней поверхности штатива микроскопа и включите микроскоп в сеть питания. Перед включением микроскопа в сеть, убедитесь в том, что напряжение соответствует диапазону 220-230 В, 50 Гц.

Включение и настройка освещения

Поверните колесо регулировки яркости до щелчка для включения питания, а затем продолжайте вращать его для увеличения яркости.

Не устанавливайте на долгое время колесо регулировки яркости в максимальное значение, это может значительно сократить срок службы лампы.

Для правильной настройки освещения произведите следующие действия:

1. Установите на предметном столе объект исследования.
2. Установите объектив с увеличением 10X в оптический путь микроскопа.
3. Откройте апертурную диафрагму поворотом кольца регулировки апертурной диафрагмы 4 и закройте полевую диафрагму б.
4. Глядя в окуляры 1 сфокусируйтесь на резкое изображение ручками фокусировки 8.
5. Если световое пятно не в центре видимого поля (рисунок 2.3 а), отцентрируйте диафрагму ручками центровки конденсора 3.
6. Откройте полевую диафрагму. Если световое пятно, сформированное полевой диафрагмой, не будет совпадать с видимым полем, проведите процедуру центровки повторно.
7. Отрегулируйте апертурную диафрагму для улучшения контраста изображения.

Настройка межзрачкового расстояния

Межзрачковое расстояние или расстояние между окулярами — имеет критическое значение для комфортной работы. При проведении наблюдений двумя глазами, держите основания призм 2 (Рисунок 2.3) и, поднимая или опуская их, добейтесь того, чтобы поле зрения совместились: $a > b$.

Расстояние варьируется в пределах 50-75 мм.

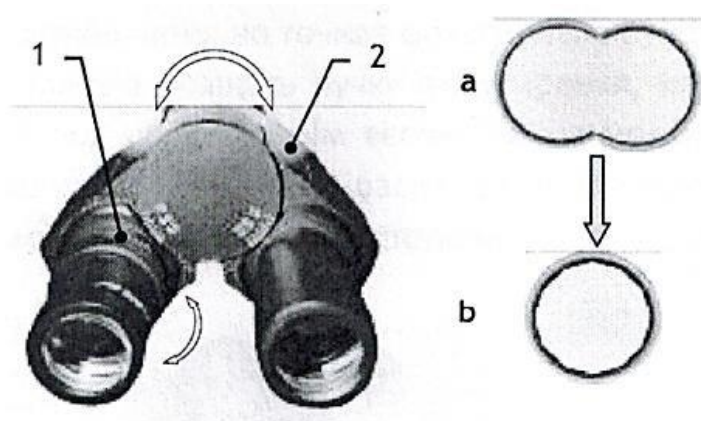
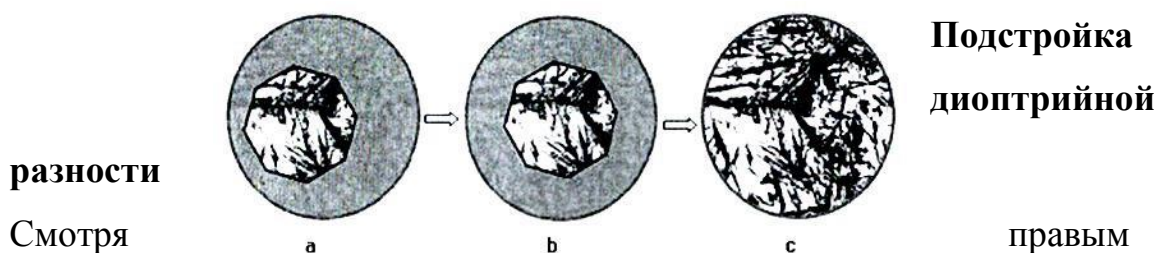


Рисунок 2.4 – Настройка межзрачкового расстояния



глазом в правый окуляр сфокусируйтесь на резкое изображение ручками фокусировки 8 (Рисунок 2.2). Если смотря левым глазом в левый окуляр вы не получили четкое изображение, вращайте кольцо подстройки диоптрий 1 (Рисунок 2.4), либо верхнюю часть окуляра, для получения четкого изображения.

Фокусировка на объект

Поместите объект на предметный столик микроскопа 12. При необходимости прижмите объект прижимом 13.

Введите в ход лучей объектив увеличением 4x (рекомендуется начинать процесс фокусировки с объективов малого или среднего увеличения, имеющих достаточно большое поле зрения).

Вращением ручек фокусировки 8 осторожно опустите предметный столик 12 почти до соприкосновения объекта с фронтальной линзой объектива 11.

Наблюдая в окуляры 1, и медленно опуская предметный столик, сфокусируйтесь на резкое изображение объекта с помощью ручек грубой и точной фокусировки.

Для удобства быстрого повторного фокусирования и защиты объектива от механического повреждения воспользуйтесь фиксатором предела перемещения грубой фокусировки 16. При его повороте до упора перемещение предметного стола вниз ручкой грубой фокусировки будет ограничено, но точная фокусировка будет продолжать действовать.

Если Вам очень тяжело вращать ручку фокусировки, или предметный столик самопроизвольно опускается под собственным весом, то вы можете отрегулировать жесткость хода фокусировки кольцом (Рисунок 2.5), расположенным коаксиально с ручками фокусировки ближе к штативу микроскопа с правой стороны.

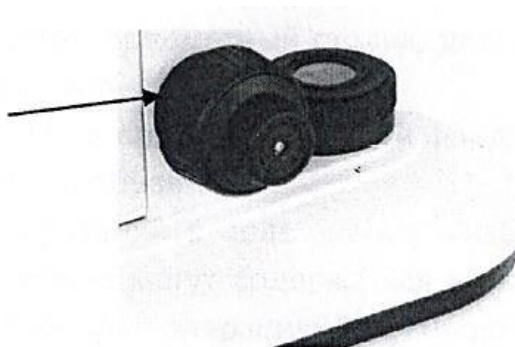


Рисунок 2.5 – Расположение кольца фокусировки

Выбор объективов

Наблюдение объекта начинайте с объективом наименьшего увеличения из комплекта микроскопа (4x). Приведите изображение выбранного участка объекта в центр видимого поля зрения микроскопа, затем перейдите к работе с объективами большего увеличения.

Правила обращения с микроскопом

Рабочий стол, на котором находится микроскоп, должен находиться в строго горизонтальном положении. Поскольку микроскоп является точным

инструментом, следует всегда работать с ним аккуратно, избегая физической тряски во время работы на нем.

Перед подключением микроскопа к сети или отключением микроскопа от сети обязательно следует убавить яркость освещения до минимума вращением диска регулировки накала лампы. Не включайте яркость освещения более, чем на 80%.

Аккуратно протирайте оптические элементы мягкой салфеткой. Тщательно удаляйте следы пальцев или жирные пятна с поверхности оптических элементов с помощью салфетки, увлажненной небольшим количеством спиртового 3:7 раствора или диметилбензола.

Никогда не разбирайте, не пытайтесь починить микроскоп самостоятельно. Это может нарушить его функции или повредить устройство.

Для предохранения оптических деталей визуальной насадки от пыли необходимо оставлять окуляры в окулярных трубках или надевать на трубки заглушки.

После использования накрывайте микроскоп пылезащитным чехлом. **Оборудование и материалы** 1. Металлографический микроскоп Альтами МЕТ 2С; 2. Образцы для изучения.

Указания по технике безопасности

Меры безопасности при работе с микроскопом соответствуют мерам, принимаемым при эксплуатации установок напряжением до 1000 В.

Следует учитывать, что во время работы лампа сильно нагревается, и расположить микроскоп в таком месте, где можно было бы обеспечить рассеивание выделяющегося тепла.

Заземлите микроскоп во избежание удара током.

Спирт и эфир легко воспламеняются. Не ставьте их рядом с источниками огня. При включении или выключении электрического

устройства, следует использовать эти вещества только в проветриваемом помещении.

Если на микроскоп попала жидкость, немедленно выключите его и вытрите насухо.

Задания

1. Изучить устройство металлографического микроскопа Альтами МЕТ 2С.
2. Зарисовать оптическую схему хода лучей в микроскопе
3. Ознакомиться с условиями правильной и безопасной эксплуатации микроскопа.
4. Записать параметры, обеспечивающие качественное изображение микроструктуры.
5. Описать последовательность работы на приборе Альтами МЕТ 2С.

Содержание отчета

Отчет должен быть выполнен на бумаге стандартного размера (формат А4) с полями по обеим сторонам текста. Материал отчета должен иметь четкую рубрикацию, каждый раздел необходимо снабдить заголовком.

Состав отчета по лабораторной работе:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткое описание основных систем микроскопа.
4. Эскиз оптической схемы хода лучей в микроскопе Альтами МЕТ 2С.
5. Описание последовательности работы на микроскопе
6. Вывод или заключение о проделанной работе

Контрольные вопросы

1. Предназначение и основные системы микроскопа Альтами МЕТ 2С.

2. Что собой представляет и для чего предназначен объектив и окуляр металлографического микроскопа?
3. Как определяется увеличение и разрешающая способность микроскопа? Как можно достичь их максимального значения?
4. Что такое максимальное полезное увеличение микроскопа?
5. Перечислить требования к безопасной эксплуатации микроскопа.
6. Последовательности работы на микроскопе Альтами MET 2С?

Практическая работа №6.

Микроскопический анализ металлов и сплавов

Цель работы: ознакомиться с микроскопическим методом исследования металлических сплавов; получить практические навыки изготовления микрошлифа и протравливания его поверхности; ознакомиться с различными методами определения величины зерна металлов и сплавов.

Теоретическая часть

Сущность микроскопического анализа (микроанализа) заключается в исследовании строения (структуры) металлов и сплавов с помощью оптического металлографического микроскопа (увеличение в 50-2000 раз) или электронного микроскопа (увеличение до 100 000 раз).

Микроструктура – строение металлов и сплавов, наблюдаемое при помощи микроскопа. Между микроструктурой металлов и их свойствами существует четкая связь.

Микроанализ позволяет определить форму и размеры отдельных зерен и фаз, их содержание и относительное расположение; выявить имеющиеся в металле включения, микродефекты. Это позволяет судить о свойствах

металлов и сплавов, и способе предыдущей их обработки (литье, деформирование, термообработка).

Свойства металла значительно зависят от размера зерна. Мелкозернистый металл обладает более высоким комплексом механических свойств, чем крупнозернистый.

Микроанализ позволяет также определить микроструктуры сплавов. Сплавы, медленно охлажденные при затвердевании или отжиге, имеют равновесные структуры, соответствующие их диаграммам состояния. В структуру чистых металлов и твердых растворов входят сравнительно одинаковые по форме зерна с четкими границами. Стали с содержанием углерода до 0,8% состоят из белых зерен феррита и темных перлитов. Проведение микроанализа данных сталей при больших увеличениях (более чем в 200 раз) позволяет выяснять, что перлит представляет собой смесь двух фаз. В заэвтектоидных сталях цементит может иметь форму сетки по границам зерен или быть зернистым (выделение хрупкого цементита в виде сетки в большой степени снижает пластичность стали). Сплав может иметь многофазное строение и содержать кристаллы однородной фазы, эвтектики, мелких выделений.

Правильная расшифровка микроструктуры, фазового состава, оценка формы и количественного соотношения фаз сплава позволяет довольно точно судить о его свойствах.

Микроанализ сталей позволяет определить, какие из них не подвергались холодному пластическому деформированию, а какие имеют типичные для деформированного состояния структуры. Деформированная сталь более прочна и менее пластична, её свойства не одинаковы во взаимноперпендикулярных направлениях.

Сравнивая две микроструктуры стали одной и той же марки, нагретой до различных температур, легко выявить перегретую сталь, Она имеет более крупные зерна, а значит, худшие механические свойства. Микроанализ

позволяет выявить наличие диффузионных слоев в металле (химико-термическая обработка), оценить их толщину и примерное содержание насыщающего элемента.

Микрошлиф – образец для микроанализа, отшлифованный и отполированный.

Приготовление микрошлифов. В зависимости от задач исследования, выбирают место вырезки образца. Для выяснения причин разрушения деталей во время эксплуатации образцы вырезают вблизи места разрушения ножовкой, фрезой, резцом, алмазными, вулканитовыми кругами или электроискровым способом. При вырезании и последующем шлифовании образец необходимо охлаждать, т.к. значительный нагрев может вызвать структурные изменения металла.

Образцы имеют форму цилиндра или четырехгранника с линейными размерами 10...20мм. Когда размеры микрошлифов малы (проволока, тонкий лист, мелкие детали), их закрепляют в специальных зажимах (струбцинах) или заливают в оправках легкоплавкими материалами (сплав Вуда, эпоксидные или акриловые смолы, сера, пластмассы).

Поверхность образца делают плоской, затем шлифуют вручную или на станках, последовательно и плавно переходя от грубозернистых к мелкозернистым наждачным шкуркам. Для сухого шлифования применяют шкурку по ГОСТ 6456-82, для мокрого – водостойкую бумажную шкурку (ГОСТ 10054-82). При шлифовании вручную шлифовальную бумагу кладут на ровную плоскую поверхность (например, стекло). После шлифования остатки абразива смывают водой с поверхности шлифа. Для удаления мелких рисок образец полируют.

Способы полирования основаны на механическом и (или) электрохимическом способе удаления материала.

Механическое полирование ведут на полировальном станке, диск которого обтянут тканью (фетр, бархат, тонкое сукно). На ткань наносят пасту ГОИ или периодически поливают ее суспензией, содержащей мелкие абразивные частицы (окиси алюминия, хрома, железа и т.д.). Хорошим полирующим материалом являются алмазные пасты, содержащие алмазные микропорошки типа АСМ. Пасту наносят на бумажный лист, закрепленный на вращающемся диске или на ткань.

Электрохимическое полирование основано на анодном растворении выступов грунтовой поверхности в гальванической ванне. Образец (анод) и в большинстве случаев аустенитная коррозионностойкая сталь (катод) опускают в ванну с электролитом. Когда ток проходит, выступы шлифованной поверхности растворяются.

Когда поверхность приобретает зеркальный блеск, полировка прекращается. При просмотре под микроскопом высококачественный полированный микрошлиф не имеет никаких рисков, царапин или прорывов. Микрошип промывают водой или спиртом, сушат сжатым воздухом или фильтровальной бумагой. После полировки микроструктура не видна. Исключение составляют сплавы, конструктивные элементы которых сильно отличаются по составу и твердости, в результате чего одни участки шлифа полируются больше, другие меньше, и на поверхности образуется рельеф.

При изучении нетравленного шлифа на металлографическом микроскопе, можно определить качество его изготовления (отсутствие следов обработки), определить характер расположения и размеры микротрещин, обнаружить мелкие разноцветные участки; неметаллические включения в металлической основе графит, сульфиды, оксиды, силикаты, которые ухудшают механические свойства сплавов. Под микроскопом металлическая основа имеет светлый внешний вид (Рисунок 3.1).

Выявленные при микроанализе размеры включений, их форму, содержание и характер распределения в стали оценивают по шкале баллов (ГОСТ 1778-70)

и делают вывод о пригодности стали для изготовления тех или иных деталей.

В чугунах встречаются отложения графита, представляющие собой черные включения больших размеров, пластинчатой, чешуйчатой или сферической формы.

Чем больше дисперсия и изоляция графитовых включений, тем совершеннее их геометрическая форма, тем выше механические свойства чугуна.

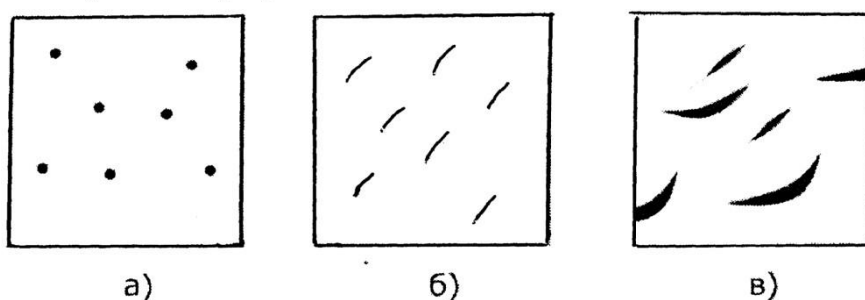


Рисунок 3.1 – Неметаллические включения в стали и в чугунах: а) оксиды; б) сульфиды; в) графит

Химическое травление микрошлифов проводится для выявления структуры металлической основы. В этом случае поверхность микрошлифа подвергается воздействию реагентов - растворов солей, кислот и щелочей (Таблица 3.1). Продолжительность травления составляет от нескольких секунд до нескольких минут. Признак травления - затемнение поверхности. Затем микрошлиф промывают водой, протирают ватой, смоченной спиртом и сушат. Если структура шлифа четко не определена, ее дополнительно травят, если она слишком темная - снова полируют и травят. За счет различной интенсивности взаимодействия реагента с различными фазами

создается микрорельеф поверхности, представляющий собой сочетание света и тени.

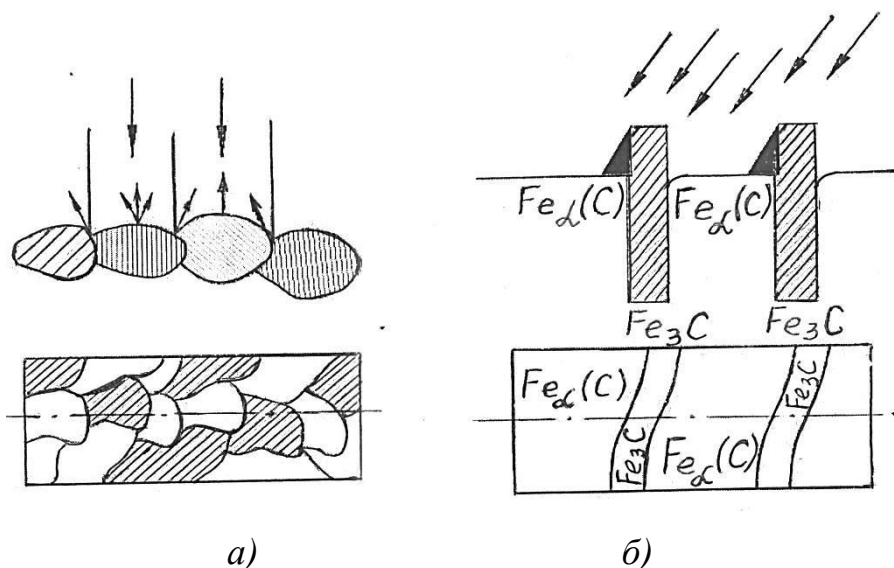


Рисунок 3.2 – Выявление микроструктуры сплава:

a) – однофазного; *б)* – двухфазного (перлит)

Наиболее протравившиеся фазы и граничные зоны при рассмотрении под микроскопом выглядят темными, т.к., чем сильнее растравлена поверхность, тем больше она рассеивает свет и меньше света отражает в объектив. Менее протравившиеся зоны, наоборот, выглядят светлыми (Рисунок 3.2).

Таблица 3.1 – Виды и назначение реактивов для травления

№ п/п	Металлы и сплавы	Состав реактивов
1	Стали (в т.ч. после термо- или химико-термической обработки), чугуны,	1...5 мл азотной кислоты, 100 мл этилового спирта
2	магний Различные стали, чугуны, ферросплавы	0,5...6 г пикриновой кислоты, 100 мл этилового спирта
3	Коррозионно-стойкие стали с высоким содержанием никеля	30 мл азотной кислоты, 20 мл уксусного ангидрида

4	Высокохромистые коррозионностойкие стали	3 мл азотной кислоты, 10 мл соляной кислоты, 100 мл этилового спирта
5	Высоколегированные хромоникелевые стали. Выявление карбидов и вольфрамовидов в сталях	10 г калиевой соли гексацианожелезной кислоты 10 г едкого калия, 100 мл дистиллированной воды
6	Никелевые и кобальтовые сплавы, коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	20 г сернокислой меди, 100 мл соляной кислоты, 100 мл дистиллированной воды
7	Медь и её сплавы	5 мл холодного железа, 10 мл соляной кислоты, 100 мл дистиллированной воды
8	Титановые и алюминиевые сплавы	0,5 мл 48 % плавиковой кислоты, 100 мл дистиллированной воды

В однофазном сплаве границы между зёрнами растравливаются сильнее, чем тело зёрна, и под микроскопом видны канавки в виде темной сетки. Разные зёрна одной фазы попадают в сечение шлифа различными кристаллографическими плоскостями, которые травятся по-разному. Поэтому зёрна одной фазы могут иметь различные оттенки (рис. 2, а). В многофазном сплаве различные фазы и структурные составляющие травятся по-разному. Смесь фаз подвергается не только простому химическому действию реактивов, но и электрохимическому травлению, т.к. смесь фаз является совокупностью микрогальванических элементов. Растворяются частицы, являющиеся микроанодами по отношению к другим частицам – микрокатодам (Рисунок 3.2, б).

Оборудование и материалы

1. Образцы для изготовления микрошлифов;
2. Шлифовальные шкурки различной зернистости;
3. Материалы для полирования, полировальная жидкость;
4. Коллекция микрошлифов;

5. Металлографический микроскоп Альтами МЕТ 2С; 6. Химические реактивы для травления.

Указания по технике безопасности

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют: отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

При попадании на кожу раствора двойной медно-аммиачной соли соляной кислоты, необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Химические вещества особенно опасны, если они попадают в глаза. В этом случае глаза следует сразу же обильно промыть небольшой струей воды, затем 2% - ным водным раствором соды и срочно обратиться к специалисту. **Задания**

1. Приготовить микрошлиф, последовательно проведя операции получения плоской поверхности образца, шлифования, полирования и травления.
2. Изучить устройство металлографического микроскопа – оптическую схему и устройство. Зарисовать оптическую схему микроскопа.
3. Освоить работу на микроскопе.
4. Просмотреть приготовленный ранее микрошлиф до и после травления.
5. Зарисовать включения и микроструктуру в кругах диаметром около 60мм или в квадратах 60х60 мм.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы
3. Теоретическая часть
4. Оборудование и материалы
5. Задание
6. Описание и эскиз структуры микрошлифа до травления.
7. Описание и эскиз структуры шлифа после травления.
8. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое микроанализ? Микроструктура?
2. Что позволяет исследовать микроанализ?
3. Как по микроструктуре можно судить о свойствах сплавов?
4. Что такое микрошлиф? Порядок его изготовления.
5. Приведите примеры реактивов для травления сталей, чугунов и цветных металлов.
6. Какие методы определения размера зерна Вы знаете?

Практическая работа №7

Измерение твердости металлов и сплавов методом Роквелла.

Цель работы: изучить сущность определения твёрдости металлов и сплавов по методу Роквелла; ознакомиться с устройством и приобрести практические навыки работы на стационарном твердомере NOVOTEST TC-R; научиться определять твердость металлов и сплавов по методу Роквелла.

Теоретическая часть

Твердостью называется способность металлов и сплавов сопротивляться действию пластической деформации при контактном приложении нагрузки. Из всех видов механических испытаний твердость определяют чаще всего. Это объясняется простотой и высокой производительностью метода измерения твердости, а также тем, что испытание можно проводить на самом изделии (полуфабрикаты или детали), не вызывая его повреждения.

Кроме того, следует иметь в виду, что величина твердости связана с предельной прочностью материалов и таким образом можно определить прочность материалов без их разрушения.

Основными методами определения твердости являются методы вдавливания стандартных наконечников из твердых недеформируемых материалов в поверхность испытуемого металла под действием статических нагрузок: методы Бринелла, Роквелла и Виккерса. Значения твердости выражаются в виде чисел твердости в разных шкалах.

При измерении твердости любым способом поверхность испытываемого образца или детали должна быть плоской, так как при измерении твердости цилиндрических образцов наконечник вдавливается глубже, чем при испытании плоских образцов той же твердости, поэтому твердость получается заниженной. Измерение твердости проводят при

температуре 20 °С. При разногласиях в результатах измерения твердости проводят при температуре (23±5) °С.

Поверхность образца или изделия должна быть горизонтальной и свободной от таких дефектов, как окалина, зазубрины, грязь, различные покрытия. Все поверхностные дефекты должны быть удалены с помощью мелкозернистого наждачного круга, напильника или наждачной бумаги. При обработке поверхности образца не допускается изменение твердости за счет нагрева или упрочнения поверхности. Образец должен быть установлен на столе или подставке в устойчивом положении, чтобы избежать его смещения и прогиба во время измерения твердости. Расстояние между центрами двух соседних оттисков должно быть не менее четырех диаметров оттиска, но не менее 2 мм.

Расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 2,5 диаметра отпечатка, но не менее 1 мм. При измерении твердости прибор должен быть защищен от вибрации и ударов. Число твердости по Роквеллу определяется по шкале индикатора или показателя цифрового отчетного устройства с округлением до 0,5 единицы твердости. После смены наконечника, рабочего столика или подставки первые три измерения не учитываются.

Определение твердости по Бринелю

В испытуемый материал А под определенной нагрузкой Р вдавливаются стальной закаленный шарик диаметром D. По величине отпечатка d судят о твердости. Число твердости по Бринелю HB определяется как отношение нагрузки, действующей на шарик к поверхности отпечатка (сегмента) F.

Из рисунка 4.1 можно определить поверхность шарового сегмента, где h – глубина отпечатка.

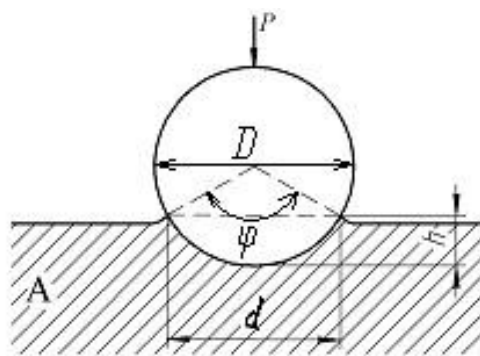


Рисунок 4.1 Метод определения твердости по Бринеллю

Определение твердости образцов производится с помощью рычажного автоматического пресса Бринеля типа ПВМ.

Работа на прессе осуществляется следующим образом. Перед началом испытаний устанавливаются грузы и шарик в зависимости от рода и толщины испытуемого материала. Рычаг с подвесками без грузов уравнивает нагрузку на шарик 187,5 кг. Подбором грузов можно осуществить следующие нагрузки: 187,5; 250; 500; 750; 1000 и 3000 кг.

Испытуемый материал помещается на столик и при помощи винта, приводимого в движение вращением маховичка или рукоятки, поднимается к шарик, укрепленному в оправке, до тех пор, пока пружина, прижимающая шарик к образцу, не сожмется до отказа, а указатель не станет против риски, создавая этим предварительную нагрузку 100 кг. Затем нажатием кнопки (сбоку пресса) включается электродвигатель, который через коробку скоростей приводит во вращательное движение эксцентрик. Эксцентрик, вращаясь, опускает шатун вниз, в результате чего грузы через систему рычагов создают нагрузку на шарик.

При дальнейшем вращении эксцентрика шатун поднимается, снимает нагрузку с шарика, возвращает рычаги и грузы в исходное положение. Возвращение грузов в исходное положение сигнализируется звонком и сопровождается выключением электродвигателя. Вращением маховичка или рукоятки в обратную сторону опускают стол, испытуемый образец отводят от шарика, после чего измеряют диаметр отпечатка с помощью лупы

(с точностью до 0,01 мм) и по таблице, зная нагрузку и диаметр шарика, находят твердость по Бринелю.

Определение твердости по Роквеллу

Сущность метода определения твердости по Роквеллу состоит в том, что в качестве вдавливаемого тела (индентора) применяется алмазный конус с углом при вершине 120° или стальной закаленный шарик диаметром $1/16$ дм (1,5875 мм).

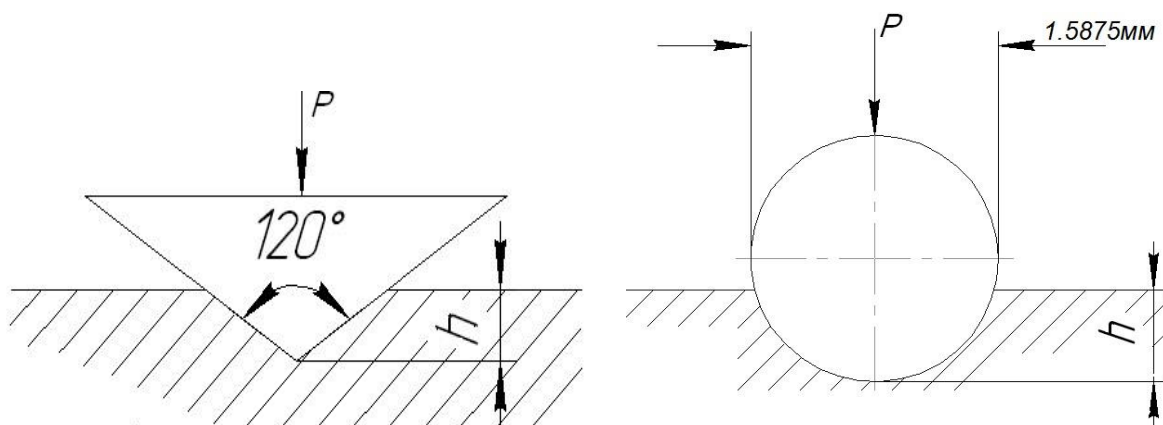


Рисунок 4.2 Метод определения твердости по Роквеллу

Нагрузка при этом составляет соответственно 150 (HRC) и 100 (HRB) кг. Алмазный конус применяется для испытаний твердых материалов, а шарик - для более мягких (Рисунок 4.2).

На рисунке 4.3 изображен общий вид лабораторной установки для определения твердости по методу Роквелла, состоящий из стационарного твердомера по Роквеллу NOVOTEST TC-P с набором образцов для испытаний.



Рисунок 4.3 – Общий вид лабораторной установки для определения твёрдости по методу Роквелла.

Для определения твердости по Роквеллу испытуемый образец устанавливается на столик 1 прибора (Рисунок 4.4). При помощи штурвала 2 образец подводится к индикатору 3, на индикаторе устанавливается маленькая стрелка против красной точки. Легким нажимом откидывают назад рукоятку 5, и она медленно перемещается до упора, вследствие чего автоматически включается рычажная система с грузами 7-9. После того, как движение рукоятки прекратится, ее возвращают обратно, чем снимается основная нагрузка. Большая стрелка будет указывать величину твердости по Роквеллу.

Числа твердости по Роквеллу можно перевести в числа твердости по Бринеллю и Виккерсу, пользуясь таблицей 4.1.

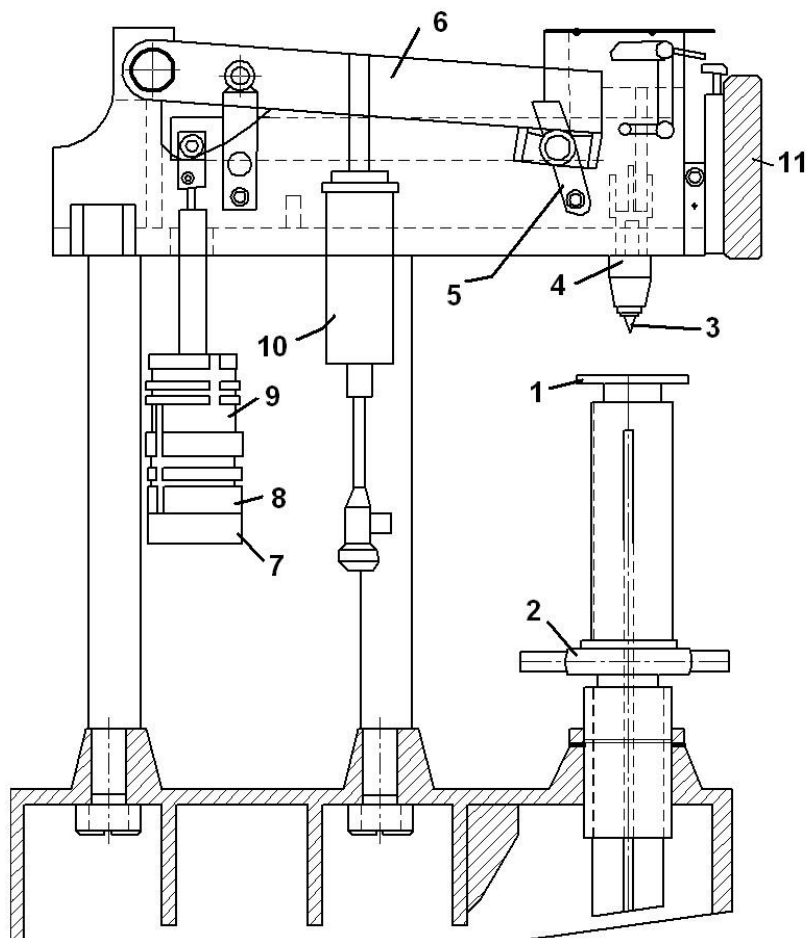


Рисунок 4.4 – Стационарный твердомер по Роквеллу: 1 – верхняя крышка; 2 – задняя крышка; 3 – шкала; 4 – ручка приложения нагрузки; 5 – винт крепления индентора; 6 – индентор; 7 – столик предметный; 8 – защита винта; 9 – поворотное колесо регулировки высоты столика; 10 – ручка измерения основной нагрузки.

Определение микротвердости материалов

Помимо указанных методов измерения твердости массивных образцов, деталей и полуфабрикатов применяются методы измерения микротвердости, т. е. измерения твердости отдельных компонентов микроструктуры сплавов. В этих случаях измеряется микротвердость материала - т. е. алмазная четырехгранная пирамида вдавливается в образец

под нагрузкой от 2 до 200 г. размер отпечатка (диагональ) измеряется с помощью микроскопа при увеличении в 465 раз (Рисунок 4.5).

Таблица 4.1 – Соотношение чисел твердости, определённых различными методами

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю Dш=10 мм, P=3000 кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
(150 кг)			(100 кг)	(60 кг)	
1224	2,2	780	72	-	84
1116	2,25	745	70	-	83
1022	2,3	712	68	-	82
941	2,35	682	66	-	81
868	2,4	653	64	-	80
804	2,45	627	62	-	79
746	2,5	601	60	-	78
694	2,55	578	58	-	78
650	2,6	555	56	-	77
606	2,65	534	54	-	76
587	2,7	514	52	-	75
551	2,75	495	50	-	74
534	2,8	477	49	-	74
502	2,85	461	48	-	73
472	2,9	444	46	-	73
460	2,95	429	45	-	72
435	3	415	43	-	72
423	3,05	401	42	-	71
401	3,1	388	41	-	71
390	3,15	375	40	-	70
380	3,2	363	39	-	70
361	3,25	352	38	-	69
344	3,3	341	36	-	68
334	3,35	331	35	-	67
320	3,4	321	33	-	67
311	3,45	311	32	-	66

303	3,5	302	31	-	66
292	3,55	293	30	-	65
285	3,6	285	29	-	65
278	3,65	277	28	-	64
270	3,7	269	27	-	64
261	3,75	262	26	-	63
255	3,8	255	25	-	63

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю Dш=10 мм, P=3000 кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
(150 кг)			(100 кг)	(60 кг)	
249	3,85	248	24	-	62
240	3,9	241	23	102	62
235	3,95	235	21	101	61
228	4	229	20	100	61
222	4,05	223	19	99	60
217	4,1	217	17	98	60
213	4,15	212	15	97	59
208	4,2	207	14	95	59
201	4,25	201	13	94	58
197	4,3	197	12	93	58
192	4,35	192	11	92	57
186	4,4	187	9	91	57
183	4,45	183	8	90	56
178	4,5	179	7	90	56
174	4,55	174	6	89	55
171	4,6	170	4	88	55
166	4,65	167	3	87	54
162	4,7	163	2	86	53
159	4,75	159	1	85	53
155	4,8	156	0	84	52
152	4,85	152	-	83	-
149	4,9	149	-	82	-
148	4,95	146	-	81	-
143	5	143	-	80	-
140	5,05	140	-	79	-
138	5,1	137	-	78	-

134	5,15	134	-	77	-
131	5,2	131	-	76	-
129	5,25	128	-	75	-
127	5,3	126	-	74	-
123	5,35	123	-	73	-
121	5,4	121	-	72	-
118	5,45	118	-	71	-
116	5,5	116	-	70	-
115	5,55	114	-	68	-
113	5,6	111	-	66	-
110	5,65	110	-	66	-
109	5,7	109	-	65	-
Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю Dш=10 мм, P=3000 кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
			(150 кг)	(100 кг)	(60 кг)
108	5,75	107	-	64	-

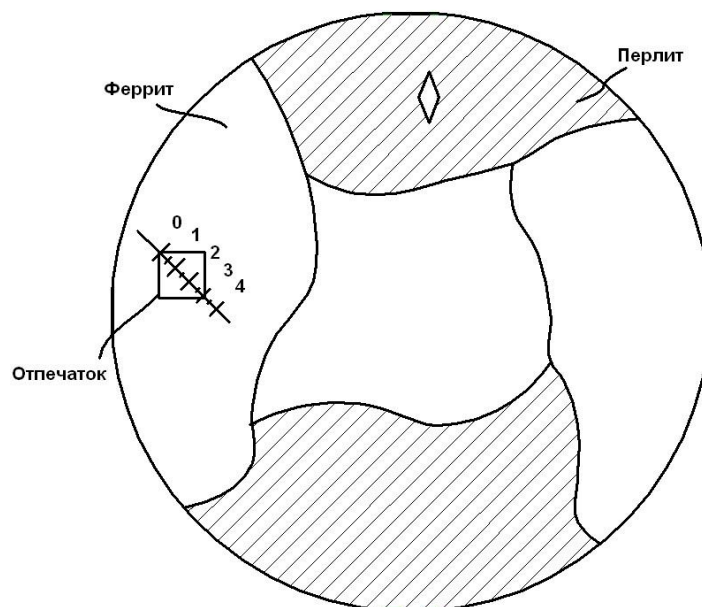


Рисунок 4.5 Исследование микротвердости материалов **Оборудование и материалы 1**. Стационарный твердомер по Роквеллу NOVOTEST TC-P; 2. Образцы для испытаний.

Указания по технике безопасности

До начала работ каждый студент должен внимательно ознакомиться с настоящими правилами:

1. Не устанавливайте оборудование в непосредственной близости от легковоспламеняющихся и распространяющих огонь предметов.

2. Не допускайте попадания жидкости внутрь оборудования.

3. Во избежание поломок оборудования не прикладывайте чрезмерных усилий при манипуляциях с органами управления.

Запрещается

1. Эксплуатировать неисправное оборудование.

2. Использовать изделие и его отдельные компоненты не по назначению.

3. Вскрывать изделие.

4. Видоизменять принципиальную схему и общие функции работы изделия.

5. Перемещать оборудование с одного стола на другой.

6. Эксплуатировать оборудование вблизи открытого огня.

7. Курить в лаборатории, находиться в верхней одежде или головных уборах.

8. По всем возникающим вопросам студентам следует обращаться к преподавателю или лаборанту. За порчу оборудования студенты несут материальную ответственность.

Задания

1. Выбрать требуемую шкалу измерения твердости согласно таблице
- 4.2. Повернуть ручку выбора основной нагрузки по часовой стрелке и выбрать требуемую основную нагрузку.

Таблица 4.2 – Данные для выбора основной нагрузки

Шкала	Индентор	Нагрузка, кгс
А	Алмазный конус с углом 120° при вершине	60
В	Шарик диаметром 1/16 дюйма из карбида вольфрама (или закалённой стали)й	100
С	Алмазный конус с углом 120° при вершине	150

2. При смене индентора аккуратно поместить индентор в отверстие для его установке до упора (поясок индентора должен упереться в торец отверстия) и затем закрутить фиксирующий винт. Установить необходимый предметный столик.

3. Установить на предметный столик испытываемый образец.

4. Вращайте поворотное колесо по часовой стрелке для того, что бы поднять предметный столик до тех пор, пока образец аккуратно (без удара) не соприкоснется с индентером. После этого продолжайте аккуратно вращать поворотное колесо до тех пор, пока маленькая стрелка на шкале прибора не переместится в зону с красной точкой (при этом большая стрелка на шкале прибора совершит три полных оборота) – это означает, что предварительная нагрузка 98,07Н приложена. Отклонение большой стрелки при совершении трех оборотов между начальным и конечным положениями не должно превышать 5 делений. Не допускается возвращать стрелку назад (вращать колесо в обратную сторону), в этом случае необходимо начать процесс измерения заново.

5. Установите указатель шкалы в положение «С» (или в положение «В» в случае измерения по шкале HRB).

6. Нажмите ручку приложения нагрузки плавно назад (приложите нагрузку) и убедитесь, что основная нагрузка приложена за время 2-8 сек. Время приложения основной нагрузки 5 сек. Выдержите это время, после чего ручку приложения нагрузки плавно поверните на себя (снимите нагрузку) в течение 2-3 сек.

7. После окончания цикла нагружения произвести отсчет по шкале индикатора. В случае измерения по шкале HRB, значение следует считать по внутренней шкале.

Значение твердости измеряется на каждом образце не менее трех раз и в таблицу записывается среднее значение твердости.

8. Вращайте поворотное колесо против часовой стрелки опустить стол (снять предварительную нагрузку), образец передвинуть и повторить испытание в другом месте образца.

На каждом образце должно быть проведено не менее трех испытаний. Расстояние центра отпечатка от края образца или от центра другого отпечатка должно быть не менее 3 мм.

9. Числа твердости по Роквеллу перевести на числа твердости по Бринеллю.

10. Построить зависимость твердости сталей от содержания в них углерода.

11. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Содержание отчета

Отчет должен быть выполнен на бумаге стандартного размера (формат А4) с полями по обеим сторонам текста. Материал отчета должен иметь четкую рубрикацию, каждый раздел необходимо снабдить заголовком.

Состав отчета по лабораторной работе:

1. Название работы.
2. Цель работы;
3. Краткая теоретическая часть;
4. Оборудование и материалы
5. Порядок выполнения лабораторной работы;

6. Таблицы экспериментальных исследований и выполненных вычислений
7. Диаграммы и графики характеристик функциональных зависимостей ликвации.
8. Вывод или заключение о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется твердостью материала?
2. Дать определение твердости по Бринелю и по Роквеллу.
3. Какова связь твердости материала с пределом прочности?
4. В каких случаях следует применять метод измерения твердости по Бринелю и в каких по методу Роквелла?
5. Как измеряется микротвердость материалов?
6. Преимущества измерения твёрдости по Роквеллу перед методом Бринелля?
7. В каких случаях проводят измерение алмазным конусом? Стальным шариком?
8. Условия выбора нагрузки и наконечника в зависимости от материала.
9. Как связаны числа твердости НВ с пределом прочности при статических испытаниях?
10. Для чего используют разные шкалы твердости по Роквеллу?
11. Наименьшая толщина испытываемой детали для замера твёрдости по Роквеллу

Литература

1. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / Под ред. А. И. Батышева, А. А. Смолькина. - М. : ИНФРА-М, 2013. - 288 с. : ил. - (Высшее образование: Бакалавриат). - Рек.: НМО. - Библиогр.: с. 285. - ISBN 978-5-16-004821-5
2. Сильман, Г. И. Материаловедение : учебное пособие / Г. И. Сильман. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Доп. МОиН РФ. - Прил.: с. 322. - Библиогр.: с. 330. - ISBN 978-5-7695-4255-8
3. Научные основы материаловедения : учебник / под ред. Б. Н. Арзамасова. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. - 366 с. : ил. - ISBN 5-7038-1104-X
4. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. - М. : Высшая школа, 2004. - 519с. - Библиогр.: с. 511. - ISBN 5-06-004412-2

Интернет-ресурсы:

1. <http://window.edu.ru/> – Единое окно доступа к образовательным ресурсам.
2. www.biblioclub.ru – Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
3. www.e.lanbook.com – Электронно-библиотечная система «Лань»
4. catalog.ncstu.ru – Электронный каталог фолиант СКФУ
5. www.library.stavsu.ru – Электронная библиотека и электронный каталог научной библиотеки СКФУ