

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**"Материаловедческая экспертиза материалов и изделий"**

Направление подготовки: 22.04.01. «Материаловедение и технологии материалов»  
Магистерская программа: Металловедение и термическая обработка металлов, Прикладное материаловедение  
Уровень образования: магистратура  
Форма обучения: очная

Рассмотрено на заседании кафедры  
«Физическое материаловедение»  
Протокол № 18 от «20» 06 2018г.

Утверждено на заседании  
Учебно-методической комиссии  
Председатель комиссии, проф., д.т.н.  
\_\_\_\_\_ Горбатенко В.П.

Донецк, 2018

УДК 621.79 (076)

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Материаловедческая экспертиза материалов и изделий» для студентов, обучающихся по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль подготовки «Термическая обработка металлов» и «Прикладное материаловедение» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. Физического материаловедения; сост.: А.П.Штыхно – Донецк, ДонНТУ, 2018 - с.

Приведенные лабораторные работы содержат краткие теоретические сведения об основных методах проведения экспертизы материалов и изделий из них, порядок выполнения лабораторных работ, структуру и содержание отчета, контрольные вопросы для самопроверки и контроля уровня усвоения материала. Рассмотрены методы исследования структуры и свойств по дисциплине профессионального цикла «Материаловедческая экспертиза материалов и изделий».

Отв. за выпуск

Зав. каф. Н.Т. Егоров

## СОДЕРЖАНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 4    |
| <i>Лабораторная работа №1. «КОНТРОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ» .....</i>                  | 5    |
| <i>Лабораторная работа №2. «МАКРОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ» ..</i> | 9    |
| <i>Лабораторная работа № 3. «ИЗУЧЕНИЕ ДЕФЕКТНЫХ МИКРОСТРУКТУР СТАЛЕЙ» .....</i>            | 12   |
| <i>Лабораторная работа №4. «ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРТИЗЫ БРАКОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ».....</i>            | 17   |
| ЛИТЕРАТУРА.....  | 19   |

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях повышения требований к качеству выпускаемой продукции, особенно изделий ответственного назначения, возникает задача подготовки специалистов, владеющих необходимой совокупностью знаний технологических процессов, аппаратуры и организации специальных методов проведения экспертизы материалов и изделий, которые позволят увеличить их надежность и долговечность. Кроме того, проведение экспертизы дает возможность не только выявить дефекты уже существующие, установить причины их возникновения, но и оценить техническое состояние изделий и всего комплекса сложнейших оборудования и агрегатов в целом на протяжении всего их жизненного цикла, а также прогнозировать техническое состояние объекта в процессе эксплуатации.

Поэтому курс «Материаловедческая экспертиза материалов и изделий» является важной прикладной дисциплиной при подготовке магистров по направлению «Материаловедение и технологии материалов» профилей «Прикладное материаловедение» и «Металловедение и термическая обработка металлов».

«Материаловедческая экспертиза материалов и изделий» базируется на курсах физики, химии, структуры материалов, методах структурного анализа, механических свойств и прочности.

Согласно учебному плану и рабочей программе курс изучается студентами направления подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» дневной формы обучения на 4-м семестре и состоит из лекций, лабораторных работ и практических занятий. Изучение курса заканчивается сдачей экзамена.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать теоретические основы материаловедческой экспертизы, прогнозировать технические и эксплуатационные характеристики изделий, классификацию дефектов; методы контроля металлов и изделий, нормативную документацию, общие принципы выбора способов и аппаратуры контроля, экспертные методы оценки состояния материалов и изделий, особенности проведения экспертизы в металлургии, машиностроении, строительстве и энергетике.

- уметь работать с нормативной документацией; принимать рациональные решения конкретной задачи по применению видов, методов и аппаратуры для осуществления экспертизы, давать оценку и делать заключения по полученным результатам, оформлять экспертные заключения по проведенным исследованиям.

## Лабораторная работа №1

### КОНТРОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ

**Цель работы:** определение марки стали неизвестных образцов методами пробы на искру, спектральным и микроскопическим анализами.

#### 1.1 Методика выполнения работы

Объектом исследования являются 2—4 цилиндрических образца из отожженной стали диаметром 15—20 мм и длиной 100—120 мм. Они должны иметь условные индивидуальные клейма, соответствующие сталям определенных марок. Клейма наносят в середине длинной стороны образца. От каждого образца отрезают цилиндрок высотой 10—15 мм, на котором готовят микрошлиф. Цилиндрок имеет то же клеймо, что и основной образец.

Кроме того, студент получает набор эталонных образцов диаметром 6—10 мм, той же длины, из стали известных марок.

При определении марки стали пробой на искру, спектральным анализом и микроструктурным анализом пользуются соответственно наждачным камнем, стило-скопом и металлографическим микроскопом.

#### Проба на искру

Чтобы определить марку стали по искре, необходимо хорошо ознакомиться с характером искровых потоков эталонных образцов и уяснить, как влияют углерод и легирующие элементы на цвет и форму этого потока.

Пучок искр вызывают путем соприкосновения эталонного образца с вращающимся наждачным камнем. Вид пучка может несколько меняться в зависимости от состояния поверхности образца, степени нажатия его

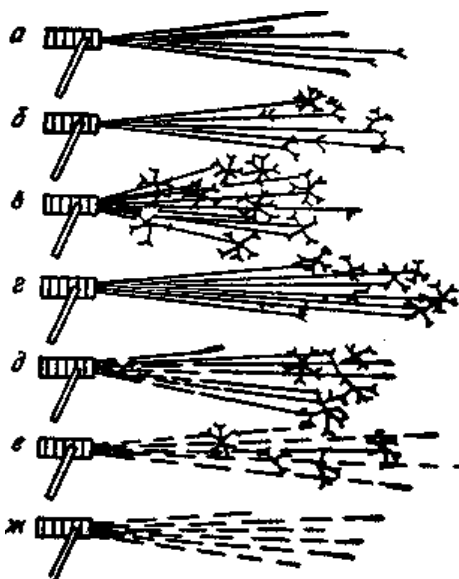


Рис. 1.1 - Вид пучков искр стали различного химического состава

на камень, освещенности помещения и т.п., поэтому для успешной работы нужно соблюдать стандартные условия испытания.

Образец у шлифовального камня следует держать таким образом, чтобы направление искрового потока было горизонтальным.

Нажатие на образец должно быть строго постоянным.

Глаз наблюдателя должен помещаться на одном и том же расстоянии от снопа искр.

Образцы предварительно очищают от окалины, ржавчины, плен и т.п. Иначе эти дефекты будут маскировать и искажать характерные особенности отдельных искровых потоков.

Наблюдают характер и цвет основных линий всего пучка, а также характер и цвет отдельных

искр на концах линий.

Для мягкой стали (сталь 10) пучок искр характеризуется прямыми линиями, на концах которых имеются две раскаленные «слезки»: первая — светлого каления, вторая — темно-красного. Весь пучок искр соломенно-желтого цвета. Пучок ровный и длинный (рис. 1.1, а).

С увеличением в стали содержания углерода (сталь 45) пучок искр становится более рассеянным. От первой «слезки» отделяются новые светлые искры. Пучок становится короче и шире (рис. 1.1, б).

Еще более разбросанным и рассеянным является искровой поток высокоуглеродистой стали У12 (рис. 1.1, в). От первой «слезки» отделяются снопы светло-желтых искр. Пучок становится еще короче и шире.

Если в стали присутствует марганец, вид пучка изменяется мало, однако марганец вызывает более густые разветвления искр: На концах искр наблюдаются белые звездочки. Общий вид пучка зависит от содержания углерода (рис. 1.1, г).

В хромистых сталях 40Х, ШХ15 цвет искры красновато-желтый. Некоторые искры дают разрывы и характерны отделяющимися звездочками (рис. 1.1, д).

Сталь с вольфрамом имеет темно-красную и несплошную (пунктирную) искру со светлой каплей на конце (рис. 1.1, е).

Добавка в сталь больших количеств вольфрама и хрома (быстрорежущая сталь Р18) резко влияет на вид искрового потока — последний как бы затухает. Искра прерывистая, темно-красного или кирпичного цвета, извлекается с большим трудом (рис. 1.1, ж).

Характер искры легко улавливается в темноте или в слабоосвещенном помещении. Вначале внимательно рассматривают искровые пучки эталонных образцов, затем определяют марки стали исследуемых образцов, вид искры которых сопоставляют с эталонными образцами.

### *Исследование микроструктуры*

Предварительно изучают под микроскопом коллекцию эталонных шлифов, травленных 2%-ным раствором азотной или 4%-ным раствором пикриновой кислоты в спирте.

Затем травят исследуемые шлифы и изучают полученную структуру. Шлиф перед травлением промывают и обезжиривают спиртом или бензином, высушивают фильтровальной бумагой и смачивают его поверхность 2%-ным раствором азотной кислоты. Раствор кислоты наносят стеклянной палочкой или пипеткой. После того как шлиф станет слегка матовым, реактив удаляют струей воды, шлиф протирают спиртом и просушивают фильтровальной бумагой.

При просмотре под микроскопом слабо протравленного шлифа структура выявляется плохо. Такой шлиф следует дополнительно протравить.

Перетравленный шлиф отличается общим потемнением, потерей контрастности структуры и наличием цветов побежалости. Такой шлиф

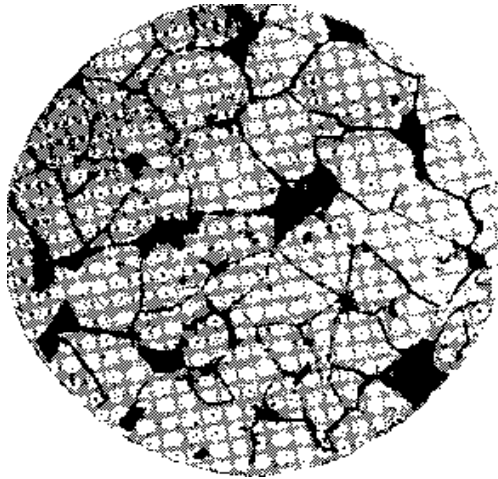


Рис. 1.2. Микроструктура стали 10 в отожженном состоянии. X500

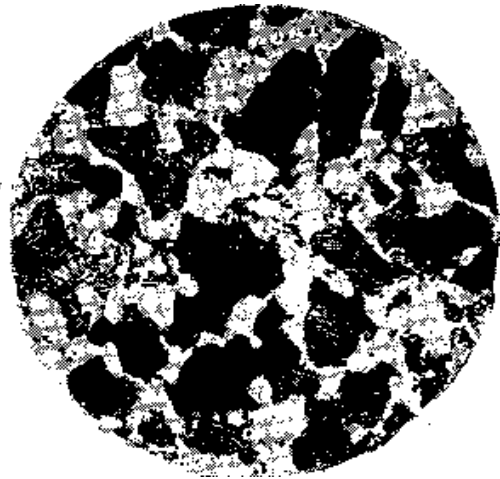


Рис.1. 3. Микроструктура стали 45 в отожженном состоянии. X500

можно исправить повторной полировкой и новым травлением.

Травлением шлифов указанными реактивами должны быть четко выявлены следующие структуры, в зависимости от химического состава стали:

сталь 10 — феррит и небольшое количество перлита (около 10%);

сталь 45 — перлит и феррит (перлита больше);

сталь У7 — перлит и небольшое количество феррита; сталь У12 — перлит и небольшое количество структурно свободного цементита;

сталь Р18 — сорбит и карбиды.

Перечисленные структуры свойственны стали в отожженном состоянии.

Состояние стали проверяют измерением твердости образцов.

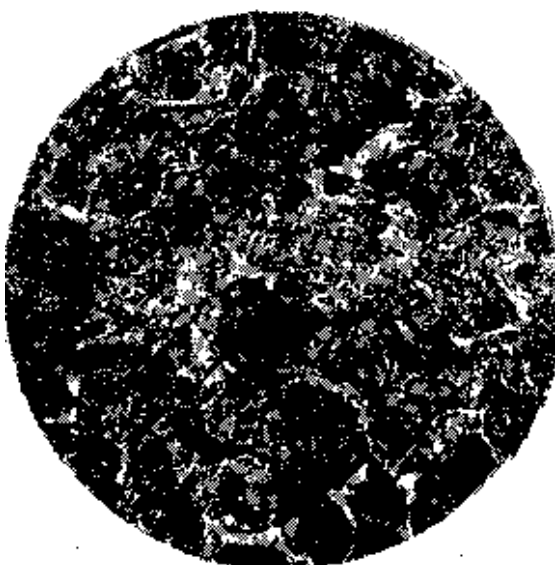


Рис.1. 4. Микроструктура стали У7 в отожженном состоянии. X500

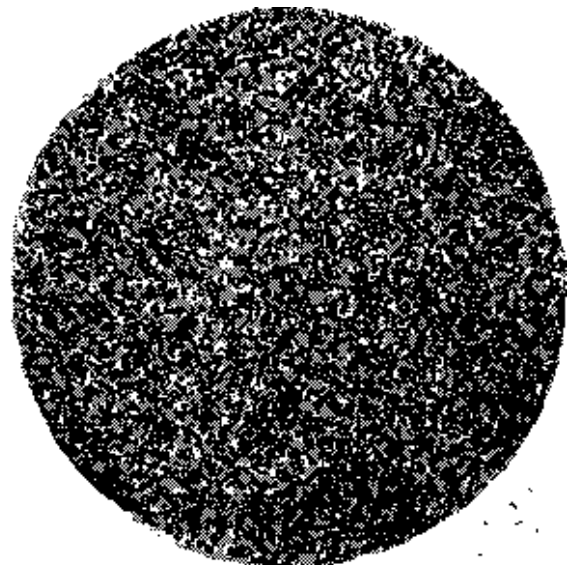


Рис. 1.5. Микроструктура стали У12 в отожженном состоянии. X500

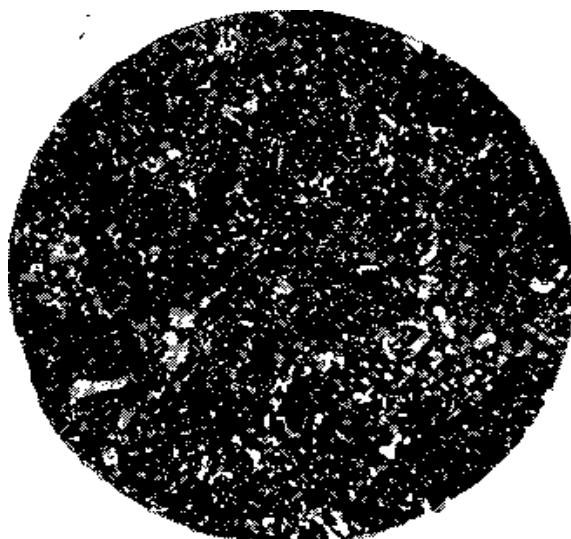


Рис. 1.6 - Микроструктура стали P18(PФ1) в отожженном состоянии.  
X500

На рис. 1.2—1.6 приведены микроструктуры эталонных образцов.

Сравнивая структуру исследуемых образцов с эталонными, можно проверить правильность заключения по искре о предполагаемых составах стали. По площади шлифа, занимаемой перлитом и ферритом, определяют приблизительно содержание углерода в доэвтектоидной углеродистой стали.

#### *Спектральный анализ*

Марку и состав стали во многих случаях можно определить спектральным анализом. Для этого используют стилоскоп, который предназначен для быстрого качественного и полуколичественного определения химического состава сплавов методами спектрального анализа.

В частности, на стилоскопе можно определить в стали легирующие элементы (хром, вольфрам, ванадий, марганец, молибден, никель); углерод, серу и фосфор на стилоскопе не определяют.

Получаемые на стилоскопе результаты не претендуют на высокую точность; установка предназначена для таких анализов, при выполнении которых на первом плане стоит скорость анализа, например, в случае определения марки стали.

Сопоставив данные, полученные методами спектрального анализа, пробы на искру и анализа микроструктуры, можно сделать заключение о марках стали исследуемых образцов.

В случае несоответствия результатов, полученных различными методами, следует работу повторить более тщательно.

## **1.2 Составление отчета**

Отчет должен содержать:

- 1) введение или краткий литературный обзор по теме работы;
- 2) формулировку цели исследования;
- 3) описание методики работы;
- 4) данные опыта;



5) выводы.

В отчете должны быть приведены следующие данные:

а) описание и рисунок искрового потока исследуемых образцов с указанием марки стали эталонных образцов, имеющих пучок искр аналогичного вида;

б) изображение и описание микроструктуры стали и сравнение ее с эталонными образцами, имеющими аналогичную структуру. В случае изучения отожженной углеродистой доэвтектоидной стали содержание углерода в стали (в процентах) определяют по микроструктуре;

в) изображение спектров, указание об интенсивности линий и химический состав исследованных образцов.

В выводах должны быть указаны основания, принятые при установлении марки стали исследованных образцов, и приведен химический состав стали по ГОСТам (см. приложение V «Химический состав стали»).

## *Лабораторная работа № 2*

### **МАКРОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

**Цель работы:** освоить методику проведения некоторых видов макроструктурного анализа; исследовать макроструктуру деталей и заготовок, полученных различными технологическими способами.

#### **2.1 Теоретическая часть**

Исследование строения металлов и сплавов невооруженным глазом, а также при помощи лупы или бинокулярного микроскопа при увеличении-до 30 раз носит название *макроструктурного метода исследования*, или кратко *макроанализа*.

Строение металлов, изучаемое при помощи макроанализа, называется *макроструктурой*.

Макроанализ может проводиться как по виду излома металла, так и на специально подготовленной поверхности металлического образца.

Подготовка образца заключается в шлифовании выбранной поверхности с последующим травлением специальными реактивами.

Шлифованный и протравленный для макроанализа образец называется *макрошлифом*.

Макроанализ находит широкое применение в промышленности, так как дает возможность вскрывать дефекты строения металла (трещины, раковины, шлаковые включения), химическую и структурную неоднородность.

**Макроанализ по виду излома.** Непосредственно по виду излома можно установить характер разрушения металлического изделия, которое может

быть хрупким, вязким или усталостным.

Хрупкий излом (рис. 5, а) имеет кристаллическое строение. Обычно в хрупком изломе можно видеть форму и размер зерен металла, так как излом происходит без значительной пластической деформации и зерна при разрушении металла не искажаются." -

При этом излом может проходить как по границам зерен (*межкристаллический*), так и по зернам металла (*транскристаллический*).

Хрупкий излом иногда называется *нафталинистым*. В этом случае разрушение обычно носит транскристаллический характер, излом обладает избирательным блеском в связи с упорядоченным кристаллическим строением отдельных областей поверхности образца.

Хрупкий излом может называться *камневидным*, в этом случае разрушение обычно бывает полностью или частично межкристаллическим, а металл имеет крупнозернистое строение.

Хрупкий излом называют *дендритным*, если разрушение литого металла проходит по границам сопряженных дендритных кристаллов.

Вязкий излом (рис. 5, б) имеет волокнистое строение. Форма и размер зерен металла при вязком изломе сильно искажены, так как разрушение в этом случае сопровождается значительной пластической деформацией.

Усталостный излом (рис. 5, в) всегда имеет две зоны разрушения: усталостную с мелкозернистым, фарфоровидным, часто ступенчато-слоистым строением, иногда с отдельными участками блестящей как бы шлифованной поверхности и зону вязкого или хрупкого разрушения в зависимости от строения и свойств металла.

В изломах можно видеть и дефекты, которые способствовали разрушению изделия.

**Макроанализ при помощи макрошлифов.** Более часто, однако, макроанализ проводится не на изломах, а на макрошлифах. При этом исследуются химическая и структурная неоднородность металла, волокнистое строение деформированного металла, дендритное строение литого металла, качество сварного соединения, а также выявляются дефекты, нарушающие сплошность строения металла.

## 2.2 Порядок выполнения работы (варианты заданий выдает преподаватель):

1. По макрофотографии (в альбоме) изучить макроструктуру слитка. Зарисовать, подробно описать, как формируется каждая зона.

2. Определить дефекты литого строения (образец выдает преподаватель). Зарисовать и описать причину образования дефектов.

3. Определить качество сварного соединения. Протравить микрошлиф реактивом Гейна, зарисовать выявленную макроструктуру. Сделать вывод о качестве сварного соединения.

4. Изучить структуру детали после обработки металлов давлением (ОМД) по макрофотографии. Зарисовать структуру, сделать вывод о качестве

обработки.

5. Изучить и зарисовать макроструктуру детали после поверхностной термической обработки. Сделать вывод о качестве обработки.

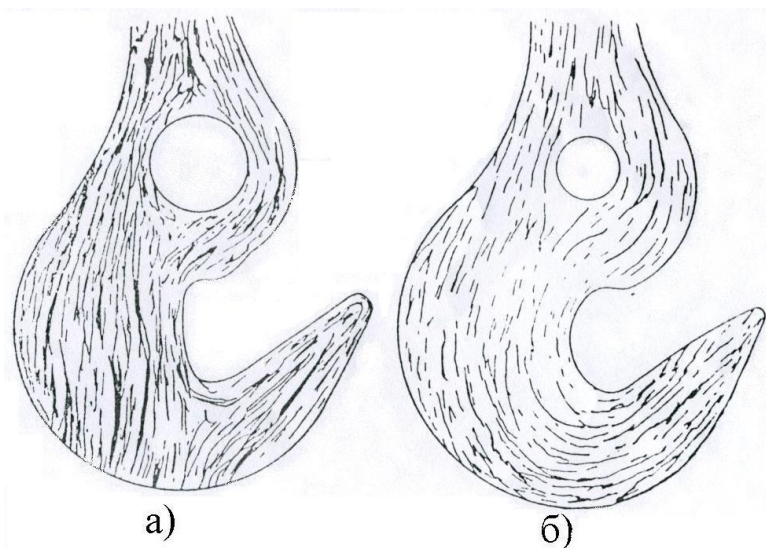


Рис. 2.1 - Макроструктура крюка железнодорожного вагона:  
а) изготовлен неправильно  
б) изготовлен правильно

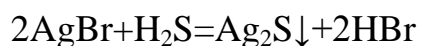
#### Метод Баумана:

Лист засвеченной бромсеребряной фотобумаги замачивают на 5-10 минут в 5%-ом растворе серной кислоты ( $H_2SO_4$ ), слегка просушивают и накладывают на подготовленный макрошлиф эмульсией вниз, не допуская смещения бумаги. Для удаления пузырьков воздуха бумагу проглаживают резиновым валиком.

Фотобумагу выдерживают 10-15 минут. Сера, расположенная в стали в виде неметаллических включений FeS и MnS – сульфидов, вступает в реакцию с кислотой:



Образующийся сероводород непосредственно против очагов своего выделения вступает в реакцию с бромистым серебром фотоэмульсии на бумаге:



Сернистое серебро имеет темный цвет, поэтому на фотобумаге почерневшие участки указывают на включения сульфидов в образце. Снятый отпечаток промывают в воде, закрепляют, опустив в ванночку с фиксажем на 10 минут, после чего еще раз промывают, просушивают.

#### Определение качества сварного соединения.

Для выявления макроструктуры сварного соединения применяют реактив Гейна ( $NH_4Cl$  - 53 г;  $CuCl_2$  - 85 г; вода - 100 мл). При травлении в результате химического растворения на поверхности образуется слой меди, который необходимо снять при промывании водой.

Определение качества детали после ОМД

При обработке металлов давлением образуется волокнистая структура. Деталь считается качественной, если волокно повторяет контур детали и не прерывается.

### 2.3 Составление отчета

Отчет должен содержать:

- 1) введение или краткий литературный обзор по теме работы;
- 2) формулировку цели исследования;
- 3) описание методики работы;
- 4) данные опыта;
- 5) выводы.

### 2.4 Вопросы для подготовки:

1. Что такое макроструктура?
2. Для каких целей применяют макроструктурный анализ?
3. Что такое ликвация? Виды ликвации.
4. Что такое волокнистость металла, как она влияет на свойства?
5. Что такое анизотропия?
6. Какие зоны кристаллизации могут быть в слитке, от чего это зависит?
7. Какие дефекты чаще всего присутствуют в отливках?

## *Лабораторная работа № 3*

### ИЗУЧЕНИЕ ДЕФЕКТНЫХ МИКРОСТРУКТУР СТАЛЕЙ

**Цель работы:** изучить микроструктуру стали в литом и перегретом состоянии, после пережога и обезуглероживания, с пограничным выделением цементита, с полосчатой и строчечной структурами.

#### 3.1 Теоретическая часть

Для выполнения работы необходимы: коллекция лабораторных микрошлифов дефектных микроструктур стали, микроскоп с набором оптики для получения различных увеличений

Структура литой и перегретой стали

Сталь после литья или после длительного нагрева при высоких температурах отличается так называемой видманштеттовой структурой. Характерным признаком этой структуры является ориентированное, направленное расположение пластин феррита в доэвтектоидной или цементитных игл в заэвтектоидной стали (рис. 3.1). Образование видманштеттовой структуры обусловлено наличием крупных зерен аустенита, возникающих, как правило, в лигой или перегретой стали, после сварки или в

деталях, работающих длительное время при высокой температуре (изложницах, ящиках для цементации, деталях паровых котлов и т. д.). При охлаждении зародыши феррита или цементита возникает на границах зерен аустенита и развиваются по определенным кристаллографическим направлениям.

Сталь с видманштеттовой структурой ввиду ее крупнозернистости и пластинчатого строения структурных составляющих обладает низкими механическими свойствами, главным образом низкой ударной вязкостью. Видманштеттову структуру можно исправить соответствующей термической обработкой.

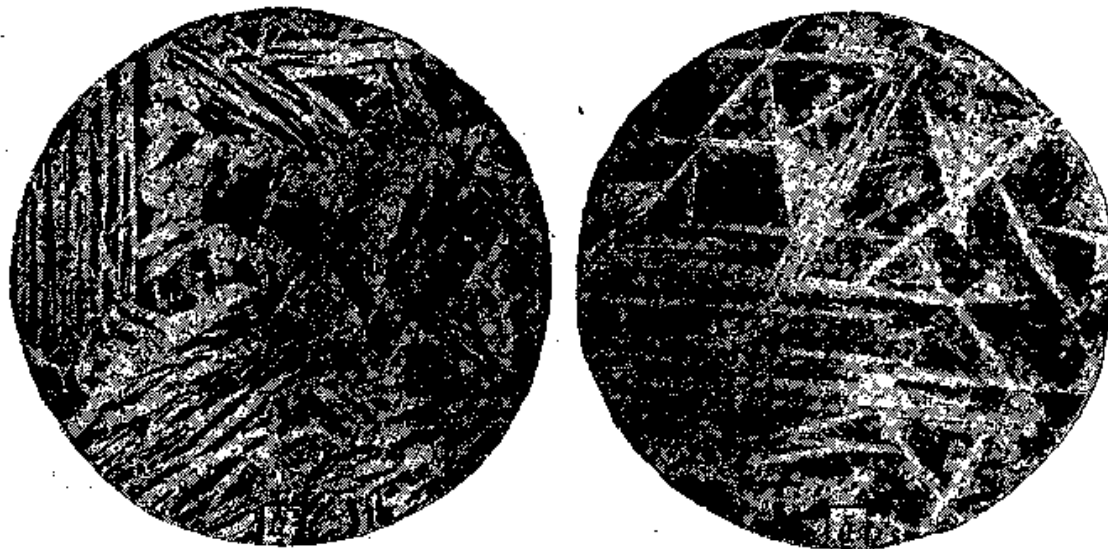
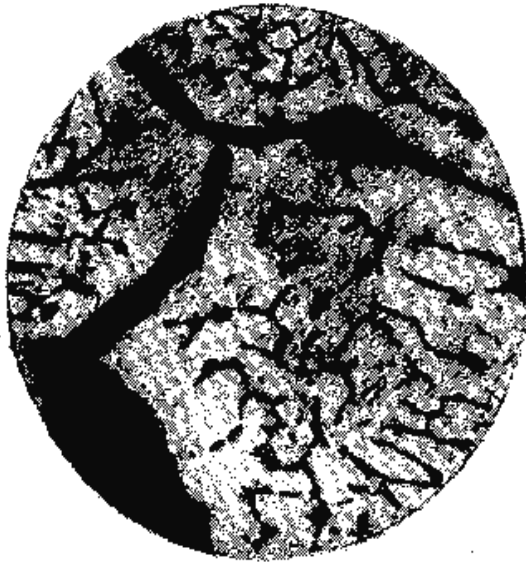


Рисунок 3.1 - Видманштеттова структура, X 200: а—сталь 35 (литье - перлит и феррит); б—сталь У13 (перлит и иглы цементита)

#### Структура пережога

Пережог—неисправимый порок стали (рис. 3.2), получается при нагреве, стали до высоких температур, близких к началу плавления. При этом происходит значительный рост аустенитного зерна, (в некоторых случаях частичное оплавление металла или примесей в виде легкоплавких эвтектик. Кислород воздуха, проникая внутрь металла, образует с ним и с примесями окислы, которые залегают в виде пленок по границам зерен. Связь между отдельными зернами ослабевает, что приводит к сильному снижению прочности и пластичности металла. Металл становится грубозернистым, чрезвычайно хрупким, совершенно непригодным для какого-либо применения. Исправление пережога невозможно, металл идет в переплавку.

*Пограничное выделение цементита.* Выделение цементита по границам зерен—значительный порок стали. В малоуглеродистой стали в результате распада  $\alpha$ -раствора, выделяется третичный или структурно свободный цементит, который обычно располагается в виде тонких пленок и включений по границам и на стыках ферритных зерен. При обычном травлении 3%-



ным раствором азотной кислоты ввиду большой твердости и хорошей полируемости третичный цементит выделяется на ферритном поле блестящими снежно-белыми участками. Рассматривать третичный цементит следует при увеличениях 400 и более. Несмотря на незначительные его количества (около 0,3—0,5%), он придает стали большую хрупкость. Во избежание выделения третичного цементита по границам зерен феррита малоуглеродистую сталь подвергают специальной термической обработке.

Рисунок 3.2 - Сталь У10. Пережог при длительном нагреве. Окислы по границам зерен. Травление 3%-ным раствором азотной кислоты, X 100

Пограничные выделения вторичного цементита в заэвтектоидной стали также являются браковочным признаком. Вторичный цементит появляется в результате изменения растворимости углерода в аустените при охлаждении по линии SE. Вторичный цементит располагается в виде сетки (а в объеме в виде оболочек) вокруг аустенитных зерен, которые при дальнейшем охлаждении в результате эвтектоидной реакции превращаются в перлитные зерна. При травлении 3%-ным раствором азотной или пикриновой кислоты цементитная сетка остается ярко-белой, при травлении горячим щелочным раствором пикрата натрия цементит окрашивается в коричневый, а при длительном травлении—в черный цвет. Выделение вторичного цементита в виде сетки вокруг зерен, также как и выделение его в виде игл, придает стали повышенную твердость и низкую ударную вязкость. Для смягчения структуры, улучшения обрабатываемости и повышения вязких свойств необходимо игольчатую или сетчатую форму цементита перевести в глобулярную или зернистую. Для этого проводят специальную термическую обработку.

*Дендритная структура.* Недостаточный отжиг литой стали с сильно выраженной дендритной ликвацией приводит к микроструктуре стали с дендритным строением (рис. 3.3). Дендритное-строение обуславливается присутствующими в металле примесями и отражает первичную структуру стали. После отжига и вторичных превращений оси дендрита, обогащенные углеродом, превращаются в перлит; в межосных пространствах наряду с ферритом, в котором растворен ликвировавший фосфор, сосредоточены неметаллические включения. Таким образом, перлитные участки образуют как бы сетку или петли, внутри которых: находятся целые группы ферритных зерен. Структура сетчатого перлита исправима длительным отжигом при высокой температуре.

*Полосчатая структура и карбидная ликвация.* Полосчатая структура встречается в углеродистой горячедеформированной доэвтектоидной стали массового изготовления вследствие неравномерности распределения в ней загрязнений, преимущественно серы и фосфора. Полосчатая структура является результатом дендритного строения литой стали. Для этой структуры характерно правильное чередование вытянутых полос феррита и перлита (рис. 3.4). Макроструктура такой стали характеризуется волокнистостью.

Вытянутые оси дендритов, обогащенные углеродом, превращаются в перлитные полосы; в межосных пространствах образуются ферритные зерна, кристаллизующиеся вокруг неметаллических включений.

Полосчатая структура горячекатаной стали чаще всего получается в случае окончания прокатки при температуре ниже  $A_{23}$ , т. е. в двухфазной области  $\alpha + \gamma$ . Такая структура создает неоднородность механических и других свойств вдоль и поперек прокатки.

В заэвтектоидной и ледебуритной стали, особенно в легированной, содержащей большое количество вторичных и эвтектических карбидов, можно наблюдать расположение карбидов в виде строчек. Такая структура носит название строчечной, а скопление карбидов называют *карбидной ликвацией* (рис. 3.5).

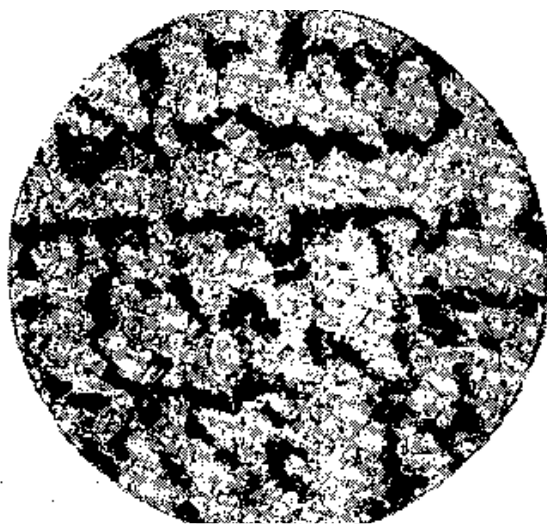


Рисунок 3.3 - Сталь 35. Кратковременный отжиг. Перлит и феррит. Дендритное строение, X 200

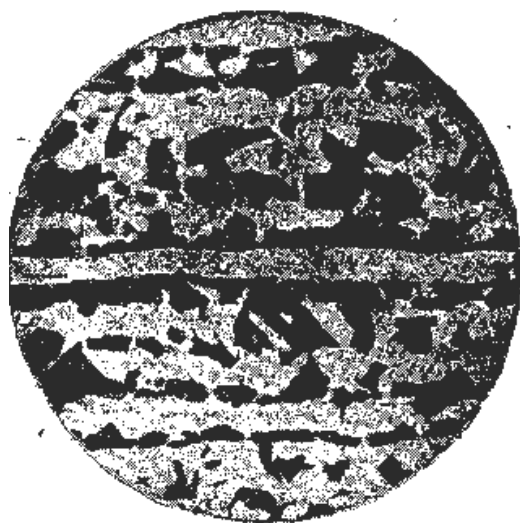


Рисунок 3.4 - Полосчатая структура стали с 0,35%С после горячей деформации (феррит и перлит), x200

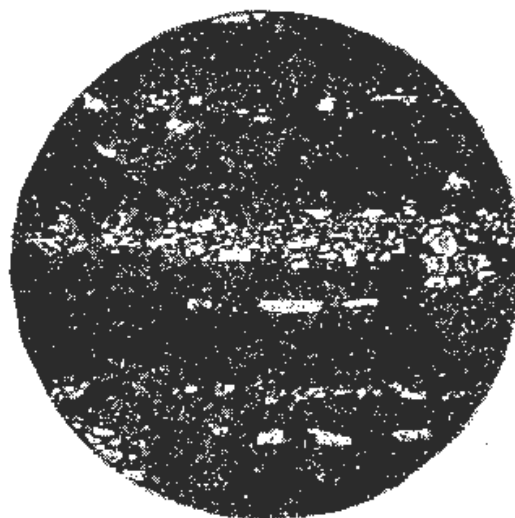


Рисунок 3.5 - Сталь X12M после горячей деформации (сорбит и карбиды - карбидная ликвация), x 200.

*Структура обезуглероженной стали.* Один из дефектов стали — это обезуглероживание. Нагрев стали при высокой температуре может привести к выгоранию углерода с поверхности изделия. Обезуглероживание снижает механические свойства металла. На рисунке 3.6 показано изменение структуры обезуглероженной стали по сечению образца. Количественные соотношения перлита и феррита в структуре непрерывно меняются.

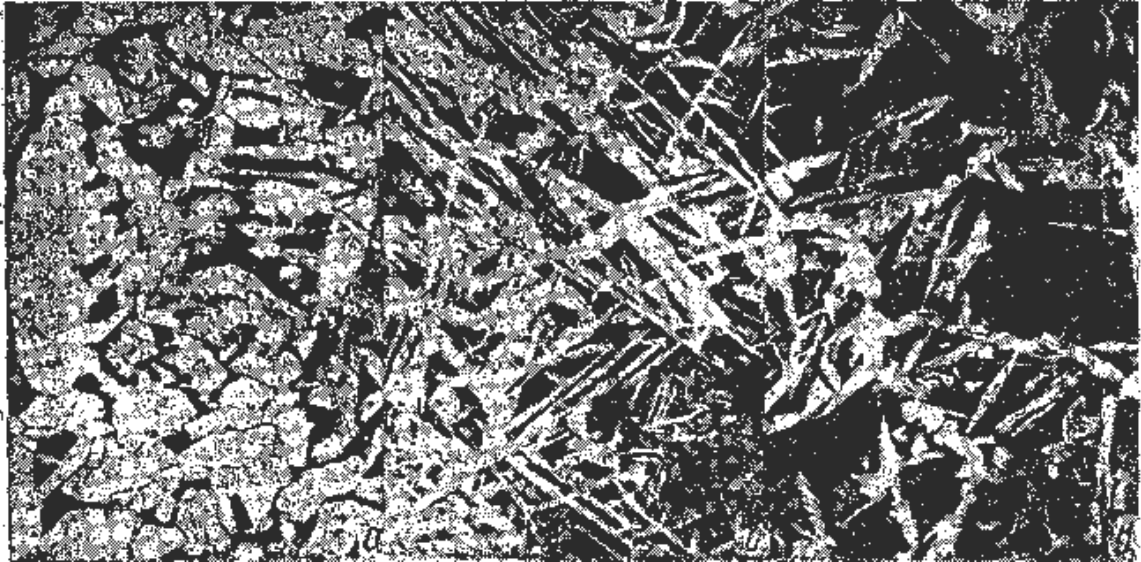


Рисунок 3.6 - Сталь У7. Обезуглероживание при длительном нагреве. Травление 3%-ным раствором азотной кислоты, X 200:

*a*—поверхностный слой, феррит с незначительным количеством перлита; *б*—переходная зона, феррит и перлит приблизительно в равных количествах; *в*—центральная часть образца, перлит с небольшим количеством феррита

В средней части образца в структуре преобладает перлит. Чем ближе к поверхности, тем меньше перлита, а больше феррита. В поверхностном слое углерод почти полностью выгорел, структура характеризуется почти чистым ферритом с небольшим количеством перлита. Во всех слоях ярко выражен видманштеттовый характер структуры. Во избежание обезуглероживания в настоящее время широко применяются отжигательные печи с защитной атмосферой.

### **3.2 Порядок выполнения работы**

Изучить дефектные микроструктуры стали на готовой коллекции микрошлифов в следующем порядке:

1. Все микрошлифы коллекции следует просмотреть при помощи микроскопа при двух увеличениях 100 и 500.
2. Определить структуру каждого образца, зарисовать ее и кратко ее описать.

Отчет

1. Назвать и сформулировать цель работы.
2. Дать зарисовку и кратко описать дефектные структуры, указать причины их образования и возможности их исправления.



## ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРТИЗЫ БРАКОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Цель работы:** металлографическом исследовании какого-либо образца, в определении структуры сплава, его состава по структуре, свойств (в основном твердости) в заданном исходном состоянии; в некоторых работах нужно изменить структуру и свойства сплава применением термической обработки или деформации.

### Порядок выполнения работы.

При выполнении исследования необходимо придерживаться следующего плана.

*Исследование образца в исходном состоянии*

1. Измерить твердость, подготовив предварительно образец так, чтобы измеряемая и опорная плоскости образца были плоскопараллельными и свободными от окалины.

Измерение твердости черных металлов и сплавов начинают на приборе Роквелла со шкалы *C*. В случае, если получается отрицательная твердость (стрелка индикатора при снятии нагрузки не проходит отметки *CO*, а отпечаток при этом получается большим, порядка 0,7 мм в сечении) или получается  $HK.C < 10—15$ , следует переходить к измерениям по шкале *B* или на пресс Бринеля- Твердость цветных сплавов измеряют на приборе Роквелла по шкале  $\pm 5$  или *R*.

2. Выбрать плоскость для изготовления шлифа. Для деформированных образцов шлиф следует изготовить вдоль направления деформации. Если изучается обезуглероживание или цементация, то плоскость шлифа должна быть параллельна направлению диффузии. Для выявления зональной ликвации слиток должен быть разрезан по вертикальной плоскости.

3. Структуру шлифа исследуют вначале без травления с тем, чтобы выявить наличие и структуру неметаллических включений, графита, микротрещин и пр. После этого шлиф травят. Начинать травление следует с небольших выдержек, порядка 3—5 сек, с тем, чтобы иметь возможность выявить наличие различно травящихся структурных составляющих, например троостита вместе с мартенситом. Недотравленный шлиф без предварительной обработки подвергают повторному травлению. При травлении кислотами следует предупреждать возможность окисления, для чего шлиф необходимо хорошо и быстро сушить после каждой промывки. Оставлять шлиф во влажном состоянии даже в течение нескольких секунд не допускается. Протравленный, шлиф исследуют вначале макроскопически для обнаружения зональной ликвации, цементации, обезуглероживания и пр., затем исследование ведут под микроскопом с малым увеличением (ХЮО), большое увеличение применяется для более детального исследования отдельных структурных составляющих.

4. Состав сплава по структуре определяют в весовых процентах.

#### *Изменение структуры и свойств образца*

Когда исследовано исходное состояние, необходимо наметить план дальнейшей работы в соответствии с полученным заданием (температура нагрева для соответствующих термических обработок, время выдержки образца в печи, охлаждающие среды, степени пластической деформации и пр.). Приступают к изменению исходного состояния только после согласования с преподавателем итогов предшествующей и плана предстоящей работы.

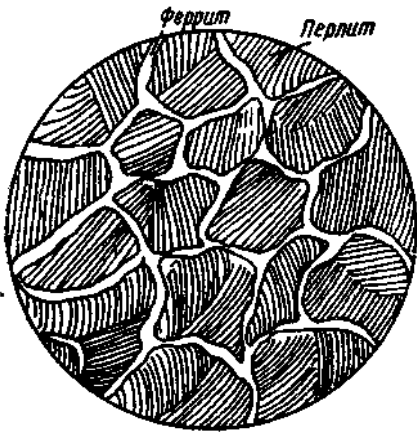
В конце работы составляют отчет, в котором описывается методика и результаты исследования, обосновываются принятые режимы обработки.

#### *Хранение шлифа*

Для сохранения шлифа в хорошем состоянии до сдачи работы его хранят в коробке с ватой.

Форма отчета к работам, в которых приводятся зарисовки и характеристика микроструктуры сплавов

При описании структуры сплавов необходимо: 1) указать фазы (их состав и количественное соотношение); 2) указать структурные составляющие и их количественное соотношение; 3) по найденному количественному соотношению структурных или фазовых составляющих определить и рассчитать состав сплава; 4) описать форму, цвет и расположение структурных составляющих; 5) указать размеры структурных составляющих, измеренные по способу, описанному в работе 5; 6) для ряда работ нужно отмечать специфические особенности структуры (например, в работах 7, 8, 9, 13, 18 и др.).

| Зарисовка микроструктуры сплава<br>(форматка 0 5 см)   | Описание микроструктуры  |
|--|--|
|  <p data-bbox="245 1794 831 1861">Рисунок 4.1 - Сталь У6. Сетка избыточно-го феррита и перлит, x200</p> | <p data-bbox="887 1335 1342 1402"><i>Примерное описание структуры</i><br/>Доэвтектоидная сталь.<br/>Фазы—феррит и цементит<br/><i>Структурные составляющие:</i><br/>светлая сетка избыточного феррита<br/>и перлит пластинчатого строения<br/><math>\Phi=15\%</math>, <math>\Pi = 85\%</math><br/><math>C_{\text{общ.}} = 0,80 \cdot 85/100 = 0,68\%</math><br/>Размер ферритных ячеек равен:<br/><math>0,002 \text{ мм} \times 22 = 0,044 \text{ мм}</math></p> |

Результат выполнения работы – составление экспертного заключения на бланке.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Горбатенко В.П. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебник для технологических и механических специальностей вузов / В. П. Горбатенко, Т. В. Новоселова ; В.П. Горбатенко, Т.В. Новоселова. - 9 Мб. - Невинномысск : ЭльДирект, 2018. - 1 файл. - Автограф. - Систем. требования: ZIP-архиватор.
2. Каневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля : учеб. пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. - Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.

### Дополнительная

3. Материаловедение. Технология композиционных материалов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Г. Кобелев [и др.] ; А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов, О.А. Кобелев, В.П. Шаронова. - 17 Мб. - М. : КНОРУС, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.
4. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.-М.: МИСИС, 2005.
5. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для вузов. / Карпман М.Г., Матюнин В.М. и др.; Под ред. Г.П. Фетисова - М.: Высшая школа, 2012 – стр. (6÷12).