

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Практикум по выполнению  
лабораторных работ

Архангельск  
2022

УДК 669.017(075)

ББК 34.2я73

М 341

Составители: Думанский И.О., доцент, канд. техн. наук,  
Кабакова М.Ю., доцент, канд. техн. наук,  
Орленко Л.В., доцент, канд. техн. наук,  
Думанский А.И., канд. техн. наук,  
Прохоров А.В.

Рецензенты: Айзенштадт А.М., профессор, доктор хим. наук,  
Коробовский А.А., доцент, канд. техн. Наук

---

УДК 669.017(075)

М 341

Материаловедение. Практикум по выполнению лабораторных работ /сост.: И.О. Думанский, М.Ю. Кабакова, Л.В. Орленко, А.И. Думанский, А.В. Прохоров – Архангельск, 2022. – 79 с.

ISBN 987-5-261-01598-7

В настоящем практикуме представлены методические указания по выполнению лабораторных и практических работ по курсу «Материаловедение», а также рассмотрены методы и технологии исследований основных конструкционных материалов после различных видов обработки.

Предназначены для студентов всех технических направлений подготовки, изучающих курс материаловедения.

Ил. 22. Табл. 14. Библиогр. 27 назв.

ISBN 987-5-261-01598-7

© Авторы статей, 2022

## Оглавление

<b>Предисловие .....</b>	<b>4</b>
<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>Лабораторная работа №1</b> МАРКИРОВКА ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ, АЛЮМИНИЕВЫХ, МЕДНЫХ И МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ .....	<b>6</b>
<b>Лабораторная работа №2</b> ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ.....	<b>18</b>
<b>Лабораторная работа №3</b> ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ « ЖЕЛЕЗО- УГЛЕРОД» .....	<b>32</b>
<b>Лабораторная работа №4</b> МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ.....	<b>43</b>
<b>Лабораторная работа №5</b> МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МИКРОАНАЛИЗ ЧУГУНОВ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ.....	<b>48</b>
<b>Лабораторная работа № 6</b> ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ .....	<b>58</b>
<b>Лабораторная работа № 7</b> МАКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ .....	<b>70</b>
<b>Лабораторная работа № 8</b> МИКРОСТРУКТУРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ .....	<b>73</b>
<b>Список рекомендуемой литературы .....</b>	<b>78</b>

## Предисловие

Практикум предназначен для изучения общепрофессиональных дисциплин «Материаловедение» и «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

В данном учебном пособии, написанном в соответствии с утверждённой программой, рассматриваются основные методы исследований и испытаний материалов, а также приборы для выполнения этих методов в лаборатории и для контроля в заводской практике. Кроме того, описаны лабораторные работы, знакомящие с практическим применением методов исследования и испытаний для решения основных научных и технических задач, позволяющих характеризовать строение и свойства материалов разного состава после различных способов обработки.

Изучение всех вопросов, рассмотренных в учебном пособии, способствует закреплению знаний, получаемых студентами на лекциях и при усвоении учебников по материаловедению, при повышении степени их самостоятельной работы.

## Лабораторная работа № 8

### МИКРОСТРУКТУРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Под микроскопическим методом исследования металла понимают его изучение с помощью металлографических микроскопов на специально подготовленных плоских образцах – м и к р о ш л и ф а х. Внутреннее строение металла, изучаемое при помощи микроскопа называется микроструктурой. Увеличение при микроанализе выбирается в зависимости от цели исследования и изучаемой структуры. Максимальное увеличение обычных оптических микроскопов достигает 1500 раз. Однако при обычных исследованиях нормальных структур углеродистых и цветных сплавов достаточно увеличения от 90 до 600 раз. Как правило, изучение микроструктуры всегда начинают с малых увеличений (90 – 100 крат), а затем, по мере необходимости, переходят на большие увеличения.

Основными задачами микроанализа являются:

- определение величины и формы зерен различных фаз и структурных составляющих сплавов;
- выявление структур, характерных для некоторых видов обработки;
- выявление микронесплошностей, нарушающих цельность металла – микротрещин, раковин и др.
- обнаружение и исследование неметаллических включений;
- примерное определение химического состава сплава, если известен состав присутствующих фаз и их удельный вес;
- выявление изменений строения сплава, происходящих под влиянием различных режимов термической, химико-термической обработки, обработки токами высокой частоты (ТВЧ) и другими видами обработки.

Микроструктурный метод исследования металлов содержит следующие этапы:

- вырезка образца из детали для последующего изучения;
- приготовление микрошлифа;
- травление поверхности микрошлифа специальными реактивами для выявления микроструктуры;
- исследование шлифа под микроскопом.

### П р и г о т о в л е н и е   м и к р о ш л и ф а

Микрошлиф представляет собой образец металла размерами примерно 10x10x10 мм (может быть больше, а может и меньше) с полированной до зеркального блеска одной (нужной для изучения) поверхностью. Подготовка микрошлифа состоит из трех последовательных операций:

- получения плоской поверхности;
- шлифование поверхности;
- полирования этой поверхности.

П л о с к у ю   п о в е р х н о с т ь получают путем механической обработки: напильником, на станке, шлифовальным кругом. Единственным условием на этом этапе подготовки микрошлифа является то, чтобы применяемые способы и режимы обработки нужной поверхности не изменили микроструктуру изучаемой поверхности. Нельзя, например, пользоваться такими способами, как газо и электро резка, электроискровая обработка и т.п. методами. Даже использование шлифовального круга для получения плоской поверхности (а поверхность получается куда как лучше) необходимо проводить с большой осторожностью, так как есть опасность получить прижоги поверхности и, как следствие, искажение исследуемой структуры.

Ш л и ф о в к а   п о в е р х н о с т и микрошлифа проводится на шлифовальной бумаге различной зернистости. При переходе от одного номера зернистости бумаги к более мелкому необходимо тщательно

промыть образец в воде, а затем начинать шлифовку в направлении, перпендикулярном предыдущим рискам. Время шлифовки определяется временем, которое необходимо для удаления рисок от предыдущей шлифовки.

После шлифования самой мелкой бумагой производят полировку шлифа для устранения оставшихся рисок.

П о л и р о в к а может быть механической или электролитической. Механическая полировка более проста и доступна, в то время как электролитическая требует специального оборудования и реактивов.

Механическую полировку обычно проводят на вращающихся дисках, обтянутых сукном, фетром, байкой и т.п. материалом. Диск периодически смачивают взмученной в воде смесью мельчайшего полировочного порошка – окиси алюминия, окиси хрома и др. Полирование считается законченным, если на поверхности шлифа нет рисок, и он имеет зеркальную поверхность. Затем шлиф тщательно промывают водой, спиртом и сушат фильтровальной бумагой.

После проведенной обработки поверхность шлифа ни в коем случае нельзя задевать руками, так как в противном случае на поверхность шлифа наносится жировая пленка, которая существенно усложнит дальнейшую работу со шлифом. Во избежание появления царапин на поверхности шлифа его также нельзя передвигать по поверхности предметного столика микроскопа.

После приготовления микрошлиф изучают на металлографическом микроскопе. На нетравленном шлифе, т.е. непосредственно после полировки, на светлом поле микрошлифа можно хорошо видеть неметаллические включения (сульфиды, оксиды, силикаты, шлаки и др.), а также графит и его форму в сером чугуна. Поэтому изучение нетравленного шлифа является первым этапом микроанализа металлов и сплавов.

Д л я в ы я в л е н и я м и к р о с т р у к т у р ы металла поверхность шлифа подвергают травлению специальными реактивами.

Например, для травления углеродистых сталей и серых чугунов наиболее распространен реактив, представляющий собой 5%-й раствор азотной кислоты в спирте.

Структура сплава выявляется в результате различной степени травимости отдельных фаз и структурных составляющих сплава.

### И с с л е д о в а н и е   н е т р а в л е н н ы х с т а л ь н ы х   ш л и ф о в

Нетравленные стальные шлифы изучают с целью выявления неметаллических включений, которые всегда присутствуют в металле в результате специфики его получения. Под микроскопом шлиф наблюдается в виде светлого круга, в котором хорошо видны неметаллические включения, представляющие собой темные включения различного объема и конфигурации.

По химическому составу неметаллические включения классифицируются на оксиды, сульфиды, нитриды, силикаты. Особую группу включений составляют шлаки.

Оксиды, как правило, представляют собой окислы металлов  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , но могут иметь и более сложный состав. При содержании в стали кислорода более 0,03% оксиды могут наблюдаться под микроскопом в виде зернышек. Крупные оксиды при обработке металла давлением крошатся (ввиду хрупкости) и располагаются в виде цепочек из круглых зернышек.

Сульфиды являются сернистыми соединениями железа  $\text{FeS}$  и марганца  $\text{MnS}$ . Они более пластичны, чем оксиды, и деформируются при горячей обработке давлением, вследствие чего наблюдаются в виде чечевицы или в виде нитей.

Силикатные включения наблюдаются в виде включений неопределенной кристаллической формы, а иногда в виде глобулей и нитей.

Шлаки по своей природе представляют сложные соединения,



закрывающие в себе окислы как металлов (Fe, Mn, Al и др.), так и неметаллических материалов (Si, P и др.). Шлаки, как правило, наблюдаются в виде довольно крупных включений неопределенной формы, но могут походить и на другие неметаллические включения.

Неметаллические включения являются серьезным дефектом стали. Они нарушают сплошность металла, понижают его прочность, а главное, являются причиной концентрации напряжений. Степень влияния неметаллических включений зависит от их количества, формы, характера распределения в объеме металла и от их природы.

При контрольных испытаниях общепринятым критерием оценки стали по неметаллическим включениям является сравнение включений, наблюдаемых на шлифе, с эталонными микрофотографиями, на которых показаны наиболее типичные включения различного характера и размеров. Сравнение неметаллических включений с эталонными шкалами производят при просмотре микрошлифа с увеличением 100 раз.

### О п р е д е л е н и е   в е л и ч и н ы   з е р н а

Величина зерна имеет большое значение в производстве и обработки стали. Сталь с мелким зерном обладает более высокими механическими свойствами, особенно, ударной вязкостью.

Наблюдаемую на шлифе величину зерна при увеличении 100 раз сравнивают со стандартными фотографиями и делают вывод о величине (балле) зерна.