



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ТЕРМООБРАБОТКА**

Направление подготовки	22.03.02 Metallurgy
Профиль подготовки	Metallurgy of non-ferrous metals
Уровень высшего образования	Applied Bachelor

Рассмотрено на заседании кафедры Metallurgy
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Термообработка».

Код направления и уровня подготовки	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
22.03.02	Металлургия	04.12.2015	1427

Автор – разработчик /Дата создания/	Худорожкова Юлия Викторовна, к.т.н., доцент	
Эксперт	Скопов Геннадий Вениаминович, главный специалист Управления стратегического планирования ООО «УГМК-Холдинг», д-р техн. наук, ст.науч.сотр.	
Заведующий кафедрой «Металлургия» /Дата утверждения/	Мастюгин Сергей Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент	
Продолжительность дисциплины:	108 часов (3 ЗЕ)	
Место проведения	Учебные аудитории Технического университета УГМК	
Цель дисциплины:	По окончании обучения бакалавры будут: - осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке	

Руководство к лабораторным работам содержит описание 4 работ по металловедению. Руководство содержит описание целей, план проведения работ, содержание работ и методические указания для написания отчета.

Качественное выполнение лабораторных работ является необходимым условием закрепления теоретических знаний. Перед выполнением лабораторных работ необходимо самостоятельно проработать соответствующие разделы курса.

К лабораторным работам допускаются студенты успешно сдавшие тест по соответствующему теоретическому разделу.

При проведении лабораторных работ группа делится на бригады по 2 человека. Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателя.

При выполнении лабораторных работ слушатели оформляют отчеты и в индивидуальном порядке защищают их перед преподавателем. При защите работы слушатели, руководствуясь теоретическими положениями по изучаемой проблеме, должны объяснить результаты экспериментального исследования, дать характеристики используемого оборудования, приборов и инструментов.

Отчет по лабораторным работам выполняется на отдельных листах. Схемы, графики и рисунки выполняются с применением чертежного инструмента. После защиты отчет сдается преподавателю.

Лабораторная работа № 1

ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПОД ЗАКАЛКУ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Цель работы: определить оптимальную температуру нагрева под закалку углеродистой стали

План работы:

Образцы углеродистой стали с различным содержанием углерода нагреть до различных температур

1. несколько ниже A_{C1} ($650^{\circ} C$);
2. между A_{C1} и A_{C3} ($750^{\circ} C$);
3. несколько выше A_{C3} ($850^{\circ} C$);
4. значительно выше A_{C3} ($950^{\circ} C$).

Все образцы после нагрева до требуемой температуры и выдержки в течение 10 мин охладить в воде.

У всех образцов замерить твердость по Роквеллу (HRC) алмазным конусом при нагрузке 150 кг (шкала С). Приготовить микрошлифы исследовать структуру на микроскопе.

На основании результатов замеров твердости и анализа микроструктуры образцов сделать вывод об оптимальной температуре нагрева под закалку доэвтектоидной углеродистой стали.

Содержание отчета:

В отчете нужно описать существующие виды термической обработки объяснить полученные величины твердости и структуру образцов, охлажденных в воде со всех температур нагрева.

1. Время на выполнение задания – 4
2. Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического (ситуационного) задания считается *правильные ответы на все поставленные вопросы/правильное решение ситуации.*

3. Оценка теоретических знаний:

3.1. Устные вопросы по теме практического задания: *удовлетворительным результатом считается понимание заданного вопроса и правильный ответ на него, допускаются незначительные ошибки.*

3.2. Тестирование: *тест из 5 вопросов, успешным результатом считается 4 правильных ответов; тест из 10 вопросов, успешным результатом считается 8 правильных ответов; тест из 15 вопросов, успешным результатом считается 12 правильных ответов; тест из 20 вопросов, успешным результатом считается 16 правильных ответов; тест из 25 вопросов, успешным результатом считается 20 правильных ответов; тест из 30 вопросов, успешным результатом считается 24 правильных ответов.*

Лабораторная работа № 2

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ДОЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: выяснить влияние различных скоростей охлаждения нагретой до аустенитного состояния стали на возникающую структуру и твердость.

План работы:

Для работы взять 4 образца доэвтектоидной стали с содержанием углерода 0,40–0,45 %.

Все образцы нагреть одновременно в печи до температуры, равной $A_{с3}+50^{\circ}$, и сделать выдержку 10 минут.

Первый образец охладить в воде, второй образец охладить в масле, третий образец охладить на воздухе, четвертый образец охладить вместе с печью.

На всех термически обработанных образцах снять на наждачном круге окалину и обезуглероженный слой (не менее 1 мм), замерить твердость:

а) охлажденных в воде и масле - на приборе Роквелла алмазным конусом при нагрузка 150 кг (шкала С).

б) охлажденных на воздухе и вместе с печью - на приборе Бринеля (диаметр шарика и величина нагрузки указывается преподавателем в зависимости от размера образца).

Величины твердости по Роквеллу первых двух образцов необходимо перевести с помощью таблицы в числа твердости по Бринелю.

После замера твердости на всех четырех образцах приготовить микрошлифы и изучить структуру. Сделать зарисовки микроструктур.

Содержание отчета:

Подробно объяснить с применением С-образной диаграммы превращений переохлажденного аустенита для углеродистой доэвтектоидной стали с наложением на нее кривых примерных скоростей охлаждения последовательное формирование структурных составляющих во всех четырех образцах,

Объяснить, почему возрастает твердость стали по мере увеличения скорости ее охлаждения из аустенитного состояния.

Указать, какие виды термической обработки стали были выполнены в работе.

Сделать вывод о влиянии скорости охлаждения на структуру и в связи с этим - на твердость стали.

1. Время на выполнение задания – 4

2. Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического (ситуационного) задания считается *правильные ответы на все поставленные вопросы/правильное решение ситуации.*

3. Оценка теоретических знаний:

3.1. Устные вопросы по теме практического задания: *удовлетворительным результатом считается понимание заданного вопроса и правильный ответ на него, допускаются незначительные ошибки.*

3.2. Тестирование: *тест из 5 вопросов, успешным результатом считается 4 правильных ответов; тест из 10 вопросов, успешным результатом считается 8 правильных ответов;*

тест из 15 вопросов, успешным результатом считается 12 правильных ответов; тест из 20 вопросов, успешным результатом считается 16 правильных ответов; тест из 25 вопросов, успешным результатом считается 20 правильных ответов; тест из 30 вопросов, успешным результатом считается 24 правильных ответов.

Лабораторная работа № 3

ЗАКАЛКА И ОТПУСК ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: изучить влияние отпуска на твердость закаленных инструментальных сталей.

План работы:

Три образца углеродистой инструментальной стали У12 закалить в воде от температуры нагрева $790\div 800^{\circ}\text{C}$.

Три образца легированной инструментальной стали Х закалить в масле от температуры нагрева $640\text{--}850^{\circ}\text{C}$.

Один образец быстрорежущей стали Р18 закалить в масле от 1280°C .

У всех образцов измерить твердость по Роквеллу алмазным конусом при нагрузке 150 кг (шкала С).

По одному закаленному образцу сталей У12 и Х подвергнуть отпуску при температурах 170, 350, 560°C , а для образец стали Р18 провести трехкратный отпуск при температуре 560°C . Выдержка при каждой температуре отпуска 30 минут. Охлаждение на воздухе.

У всех отпущенных образцов измерить твердость по Роквеллу алмазным конусом при нагрузке 150 кг.

Данные занести в таблицу и построить график изменения твердости исследуемых сталей в зависимости от температуры отпуска.

Содержание отчета:

В отчете необходимо обосновать температуру нагрева и выбор охлаждающей среды для закалки каждой марки стали.

Охарактеризовать структуру сталей в закаленном состоянии, обосновать полученную твердость.

Кратко описать превращения, происходящие в закаленных сталях при отпуске и охарактеризовать тип образовавшихся структур.

Объяснить закономерности изменения твердости закаленных сталей при отпуске в зависимости от температуры нагрева, а также содержания легирующих элементов в сталях.

Сделать вывод о целесообразности применения низкого, среднего и высокого отпусков для обеспечения необходимой твердости и других свойств инструментальных сталей.

1. Время на выполнение задания – 4

2. Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического (ситуационного) задания считается *правильные ответы на все поставленные вопросы/правильное решение ситуации.*

3. Оценка теоретических знаний:

3.1. Устные вопросы по теме практического задания: *удовлетворительным результатом считается понимание заданного вопроса и правильный ответ на него, допускаются незначительные ошибки.*

3.2. Тестирование: *тест из 5 вопросов, успешным результатом считается 4 правильных ответов; тест из 10 вопросов, успешным результатом считается 8 правильных ответов; тест из 15 вопросов, успешным результатом считается 12 правильных ответов; тест из 20 вопросов, успешным результатом считается 16 правильных ответов; тест из 25 вопросов,*

успешным результатом считается 20 правильных ответов; тест из 30 вопросов, успешным результатом считается 24 правильных ответов.

Лабораторная работа № 4

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВРЕМЕНИ АУСТЕНИТИЗАЦИИ НА РАЗМЕР ЗЕРНА В СТАЛИ

В работе исследуется влияние температуры нагрева и продолжительности выдержки при нагреве на величину зерна аустенита.

План работы

Работа проводится на одной или одновременно на двух сталях с разной склонностью к росту зерна аустенита

Образцы нагреваются до различных температур в области аустенита (900, 1000, 1100°), выдерживаются при температуре нагрева 10, 30 и 60 мин., после чего охлаждаются на воздухе.

Цель работы:

- изучить способы определения размера зерна;
- изучить влияние термической обработки на размер зерна;
- приобрести навыки практического проведения термической обработки по заданным режимам;
- правильно провести измерение размера зерен;
- научиться работать на металлографическом микроскопе и анализировать полученную структуру;

Работа рассчитана на 2 – 8 академических часов.

Материал: сталь 35, сталь ШХ15.

Оборудование для работы:

- 1) печь или ванна для нагрева образцов до температур, обеспечивающих получение γ -твердого раствора (аустенита);
- 2) закалочный бачок или любой другой сосуд с холодной водой.

Методы исследования: структурный.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить изотермическую диаграмму распада переохлажденного аустенита данной марки стали (или подобной).
2. По литературным данным выбрать температуры, примерно соответствующие A_{C1} и A_{C3} .
3. Провести соответствующую термическую обработку:
 - нагреть образцы до выбранной температуры, выдержать при данной температуре и быстро охладить;
4. На торцевой поверхности приготовить металлографический шлиф, протравить его и изучить структуру на металлографическом микроскопе.
5. Составить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета

1. Зарисовать (сфотографировать) полученные структуры при каждом режиме изотермической выдержки.
2. Оценить размер зерна.
3. Сделать вывод о влиянии температуры и времени выдержки на размер зерна.

В работе исследуется влияние температуры нагрева и продолжительности выдержки при нагреве на величину зерна аустенита.

Образцы нагреваются до различных температур в области аустенита (900, 950, 1000, 1050, 1100 °С), выдерживаются при температуре нагрева 15 и 30 мин., после чего охлаждаются на воздухе. На обработанных образцах готовятся шлифы. При изготовлении шлифов необходимо обратить особое внимание на удаление обезуглероженного и окисленного слоя, для чего необхо-

димо снять слой не менее 2 мм. Готовые шлифы травятся 4 %-м раствором пикриновой или азотной кислоты в спирте. Структура шлифов изучается под микроскопом. Величина зерна определяется по сетке феррита. Для оценки величины зерна используется стандартная «шкала балльности» величины зерна аустенита.

С повышением температуры нагрева и времени выдержки величина зерна аустенита увеличивается. Однако при нагреве стали выше некоторой температуры, наблюдается резкий рост размеров зерна. Это связано с растворением включений, которые препятствуют движению границ зерен при более низких температурах.

Обработка результатов

Для выявления и определения величины зерна при исследовании и контроле сталей обычно используют методы, предусмотренные ГОСТ 5639-82.

В отчете зарисовываются полученные структуры. При стократном увеличении микроскопа сравнивается полученная величина зерна на образцах со стандартной шкалой. Определяется балльность.

Подробно описываются процессы, протекающие при нагреве стали в области аустенита.

1. Время на выполнение задания – 6

2. Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического (ситуационного) задания считается *правильные ответы на все поставленные вопросы/правильное решение ситуации.*

3. Оценка теоретических знаний:

3.1. Устные вопросы по теме практического задания: *удовлетворительным результатом считается понимание заданного вопроса и правильный ответ на него, допускаются незначительные ошибки.*

3.2. Тестирование: *тест из 5 вопросов, успешным результатом считается 4 правильных ответов; тест из 10 вопросов, успешным результатом считается 8 правильных ответов; тест из 15 вопросов, успешным результатом считается 12 правильных ответов; тест из 20 вопросов, успешным результатом считается 16 правильных ответов; тест из 25 вопросов, успешным результатом считается 20 правильных ответов; тест из 30 вопросов, успешным результатом считается 24 правильных ответов.*