

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт Технологий и инженерной механики
Кафедра Материаловедение**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
Института Технологий и инженерной
механики



Могильная Е.П.

(подпись)

« 18 » 04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«ОТПУСК СТАЛИ ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ»**

По направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Магистерская программа: «Структурные и фазовые превращения при деформационно-термической обработке»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Отпуск стали после деформационно-термической обработки» по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов. – 15 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Отпуск стали после деформационно-термической обработки» составлена с учетом государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24.04.2018 № 306 редакция с изменениями от 26.11.2020 №1456.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения Рябичева Л.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

КОМИССИИ ИНСТИТУТА

© Рябичева Л.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, её место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – получение знаний и условий формирования мартенситного превращения в сталях с образованием аномалий кристаллической решётки.

Задачи:

- изучить механизм образования аустенита при нагреве;
- изучить кристаллическую решётку и порядок в мартенсите;
- изучить изменение структуры на однофазной стадии распада мартенсита;
- изучить изменение физических свойств и структуры при отпуске;
- изучить влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закалённой стали.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Отпуск стали после деформационно-термической обработки» относится к дисциплинам по выбору 2. Условиями для освоения дисциплины являются знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин: «Новые технологии упрочнение материалов», «Структура и свойства материалов и изделий после деформационно-термической обработки», «Теория деформационно-термической обработки материалов» и служит основой для написания магистерской диссертации.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-4. Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ОПК-4.1. Разрабатывает, использует, систематизирует и анализирует методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	Знать: методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности Уметь: использовать, систематизировать и анализировать методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности Владеть: навыками использования, систематизации и анализа методической, научно-

		технической и технологической литературы для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ПК-7. Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	ПК-7.1. Выбирает метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывает его осуществление и анализирует результаты с использованием современных методов обработки данных, оформляет полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовит (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	Знать: метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау. Уметь: использовать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау. Владеть навыками использования методы научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	216 (6,0 зач. ед)	
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	45	
Лекции	30	
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	-	
Лабораторные работы	10	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	
Самостоятельная работа студента (всего)	176	
Итоговая аттестация	экзамен	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Изменение строения и состава фаз при отпуске

Первое, второе и третье превращение при отпуске. Распад мартенсита и аустенита. Изменение строения и состава фаз при отпуске углеродистой стали. Виды отпускной хрупкости. Сегрегация атомов фосфора на границах зёрен.

Тема 2. Образование аустенита при нагреве стали

Фазовые превращения при нагреве стали. Структурные изменения при нагреве армко-железа. Структурообразование при нагреве стали с исходной перлитной структурой.

Тема 3. Кристаллическая решётка и порядок в мартенсите

Кристаллическая решётка изолированного и неизолированного мартенсита. Порядок в закалённом мартенсите. Низкая и высокая тетрагональность мартенсита.

Тема 4. Изменения структуры на однофазной стадии распада мартенсита

Кристаллическая решётка, дифракционные и объёмные эффекты на однофазной стадии распада. Превращения остаточного аустенита.

Тема 5. Изменение физических свойств и структуры при отпуске

Особенности низкотемпературных превращений в высокоуглеродистых сталях. Дилатометрические, калориметрические и структурные изменения при отпуске. Исследование процессов отпуска мартенсита.

Тема 6. Влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закалённой стали

Отпуск деформационно-термической упрочненной стали. Отпуск под напряжением после ВДТО. Наследственное деформационно-термическое упрочнение.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Изменение строения и состава фаз при отпуске	4	
2	Образование аустенита при нагреве стали	6	
3	Кристаллическая решётка и порядок в мартенсите	6	
4	Изменения структуры на однофазной стадии распада мартенсита	6	
5	Изменение физических свойств и структуры при отпуске	4	
6	Влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закаленной стали	4	
	Итого	30	

4.4. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочн. форма
1	Низкий отпуск углеродистой стали. Структура и свойства	4	
2	Высокий отпуск легированной стали. Структура и свойства	4	
3	Исследование структуры мартенсита после ВДТО	4	
4	Исследование свойств мартенсита после ВДТО	4	
5	Исследование наследственности углеродистой стали после ДТО	4	
Итого:		20	

4.5. Практические занятия учебным планом не предусмотрены

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заоч- ная форма
1	Подготовка к лабораторным работам 1-5	Подготовка к лабораторным работам, самостоятельный поиск источников информации, оформление отчётов	20	
2	Изменение строения и состава фаз при отпуске	Изучение лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам.	20	
3	Образование аустенита при нагреве стали		20	
4	Кристаллическая решётка и порядок в мартенсите		20	
5	Изменения структуры на однофазной стадии распада мартенсита		20	
6	Изменение физических свойств и структуры при отпуске		20	
7	Влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закалённой стали		20	
8	Выполнение индивидуального задания		20	
9	Подготовка к экзамену		22	
Итого:			176	

4.7. Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- технология коллективного взаимодействия, в том числе совместное решение проблемных задач, ситуаций, кейсов;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов;
- технология адаптивного обучения, в том числе проведение консультаций преподавателя.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Бернштейн М.Л., Капуткина Л.М., Прокошкин С.Д. Отпуск стали М.: МИСиС, 1997. – 336 с.

2.Новиков И.И., Металловедение : учеб . В 2 т. Т. 1. Основы металловедения / Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной В.К., Белов Н.А., Ливанов Д.В., Медведева С.В., Аксёнов А.А., Евсеев Ю.В. - М. : МИСиС, 2014. - 496 с. - ISBN 978-5-87623-191-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876231918.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Новиков И.И., Металловедение : учеб . В 2 т. Т. 2. Термическая обработка. Сплавы / Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной В.К., Белов Н.А., Ливанов Д.В., Медведева С.В., Аксенов А.А., Евсеев Ю.В. - М. : МИСиС, 2014. - 528 с. - ISBN 978-5-87623-217-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876232175.html> (дата обращения: 14.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Капуткина Л.М. Термомеханическая обработка стали/ Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Капуткина Л.М. М. : Металлургия, 2007. 431 с.

3. Рябичева Л.А. Поэлементное управление структурообразованием в технологических процессах горячей штамповки/ Рябичева Л.А. Луганск : Изд-во ЛНУ им. В Даля, 2006. 180 с.

в) методические указания:

Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Отпуск стали после деформационно-термической обработки» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов, /Сост.: Л.А. Рябичева. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2021.

г) Интернет-ресурсы:

MATERIALOLOGY. - www.materialology.com Материаловедение. - www.materialscience.ru ЭБС ZNANIUM.COM (НИЦ ИНФРА-М) - <http://znanium.com/> ЭБС .БиблиоРоссика - www.bibliorossica.com ЭБС Издательства. Лань. - <http://e.lanbook.com/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации
Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Отпуск стали после деформационно-термической обработки» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащённое компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Отпуск стали после деформационно-термической обработки» Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-4.	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ОПК-4.1. Разрабатывает, использует, систематизирует и анализирует методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	Тема 1. Изменение строения и состава фаз при отпуске Тема 2. Образование аустенита при нагреве стали Тема 3. Кристаллическая решётка и порядок в мартенсите	4
2	ПК-7	Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	ПК-7.1. Выбирает метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывает его осуществление и анализирует результаты с использованием современных методов обработки данных, оформляет полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовит (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау.	Тема 4. Изменение структуры на однофазной стадии распада мартенсита Тема 5. Изменение физических свойств и структуры при отпуске Тема 6. Влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закалённой стали	

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-4	ОПК-4.1. Разрабатывает, использует, систематизирует и анализирует методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	Знать: методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности Уметь: использовать, систематизировать и анализировать методическую, научно-техническую и технологическую литературу для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности Владеть: навыками использования, систематизации и анализа методической, научно-технической и технологической литературы для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	Тема 1. Изменение строения и состава фаз при отпуске Тема 2. Образование аустенита при нагреве стали Тема 3. Кристаллическая решетка и порядок в мартенсите	Сдача лабораторных работ, задания, экзамен

2	ПК-7	ПК-7.1. Выбирает метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывает его осуществление и анализирует результаты с использованием современных методов обработки данных, оформляет полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовит	Знать: метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау. Уметь: использовать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау. Владеть навыками использования методы научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчёта, научной публикации,	Тема 4. Изменения структуры на однофазной стадии распада мартенсита Тема 5. Изменение физических свойств и структуры при отпуске Тема 6. Влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закалённой стали	Сдача лабораторных работ, задания, экзамен
---	------	---	--	--	--

			доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау.		
--	--	--	---	--	--

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену:

1. Изменение строения и состава фаз при отпуске
2. Первое превращение при отпуске
3. Второе превращение при отпуске
4. Третье превращение при отпуске. Распад мартенсита и аустенита.
5. Изменение строения и состава фаз при отпуске углеродистой стали.
6. Виды отпускной хрупкости.
7. Сегрегация атомов фосфора на границах зёрен.
8. Фазовые превращения при нагреве стали.
9. Структурные изменения при нагреве армко-железа.
10. Структурообразование при нагреве стали с исходной перлитной структурой.
11. Кристаллическая решётка изолированного мартенсита.
12. Кристаллическая решётка неизолированного мартенсита.
13. Порядок в закалённом мартенсите.
14. Низкая и высокая тетрагональность мартенсита.
15. Изменения структуры на однофазной стадии распада мартенсита
16. Кристаллическая решётка, дифракционные и объёмные эффекты на однофазной стадии распада.
17. Превращения остаточного аустенита.
18. Изменение физических свойств и структуры при отпуске
19. Особенности низкотемпературных превращений в высокоуглеродистых сталях.
20. Дилатометрические, калориметрические и структурные изменения при отпуске.
21. Исследование процессов отпуска мартенсита.
22. Влияние деформационно-термической обработки на процессы нагрева закалённой стали
23. Отпуск деформационно-термической упрочнённой стали.
24. Отпуск под напряжением после ВДТО.
26. Наследственное деформационно-термическое упрочнение.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «экзамен»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объёме осветил рассматриваемую проблематику, привёл аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привёл аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)