

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.02.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Фазовые превращения в металлах в твердом состоянии

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

направленность (профиль)

Инженерия конструкционных материалов для беспилотных мобильных систем

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Общая трудоемкость: 3 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	Зач	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные	0	0
Практические	16	16
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	0	0
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	32,25	32,25
Самостоятельная работа	75,75	75,75
Контроль	0	0
Итого	108	108

Рабочую программу составил(и):

Профессор кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»,
профессор, д.т.н. Клевцов Г.В.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☐

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки (специальности) 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Срок действия рабочей программы дисциплины до «01» сентября 2030 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы» (протокол заседания (протокол № 1 от «03» сентября 2025 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование знаний о причинах и механизмах фазовых превращений в твердом состоянии как основу термической обработки металлов и сплавов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Материаловедение, Теория и технология термической обработки

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Технология конструкционных материалов, методы исследования, контроля и испытаний материалов, Оценка эффективности затрат при разработке и выборе материалов для производства беспилотных мобильных систем, Методы контроля и испытания металлов и сплавов, Теория и технология термической обработки металлов и сплавов, Высокотехнологические методы обработки материалов, Производственная практика (НИР), Производственная практика (преддипломная практика).

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
(ПК-2) Способен использовать на практике современные представления о влиянии макро, микро- и наноструктуры на свойства материалов, их технологическую и физическую прочность, особенности взаимодействия с окружающей средой, энергетическими полями и излучением	<i>ПК-2.2. Способен оценить влияние фазовых превращений в металлах в твердом состоянии на их свойства</i>	Знать: современные представления о влиянии фазовых превращений в металлах в твердом состоянии на их свойства
		Уметь: использовать на практике современные представления о влиянии фазовых превращений в металлах в твердом состоянии на их свойства
		Владеть: способностью оценить влияние фазовых превращений в металлах в твердом состоянии на их свойства

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Фазовые превращения в металлах в твердом состоянии	Лек.	Кинетика и механизмы фазовых превращений в твердом состоянии как основы термической обработки металлов и сплавов	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Термодинамика процессов кинетики и механизма фазовых превращений в твердом состоянии	7	2	-	2	Тесты
	Лек.	Влияние температуры нагрева и скорости охлаждения на фазовые превращения в углеродистых сталях	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Структурообразование в стали при нагреве и охлаждении	7	2	-	2	Тесты
	Лек.	Анализ диаграмм состояния сплавов с частичным распадом твердого раствора при понижении температуры	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Диаграмм с частичным распадом твердого раствора при понижении температуры	7	2	-	2	Тесты
	Лек.	Анализ диаграммы состояния сплавов, компоненты которых испытывают полиморфные превращения	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Полиморфные превращения в металлах и сплавах	7	2	-	2	Тесты
	Лек.	Фазовые превращения в твердом состоянии в сплавах «железо-углерод» при нагреве и охлаждении	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Анализ диаграммы состояния Fe-C, фазового состава и объемного соотношения фаз	7	2	-	2	Тесты
Фазовые превращения при термической обработке	Лек.	Фазовые превращения в твердом состоянии в сплавах при отжигах и нормализации	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Структурообразование при различных видах отжига	7	2	-	2	Тесты

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек.	Закалка сплавов. Кинетика, механизм, микроструктура и свойства пластинчатого и пакетного мартенсита	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Закалка сплавов без полиморфного и с полиморфным превращением	7	2	-	2	Тесты
	Лек.	Фазовые превращения при старении и отпуске	7	2	-	-	Опрос
	Пр.	Структурообразование и свойства и свойства при старении и отпуске	7	2	-	2	Тесты
	ПА		7	0,25			
	СР		7	75,75			
Итого:				108			

Схема расчета итогового балла: (Текущий рейтинг + Результат итогового тестирования)/2

5. Образовательные технологии

При реализации данной дисциплины используются следующие технологии:

Технология традиционного обучения – предлагает традиционную последовательность изучения нового материала.

Информационные технологии – предлагают использование компьютера во время проведения занятий.

Интерактивные технологии – предлагают диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие между студентом и преподавателем, либо между студентами.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При реализации данной дисциплины используются следующие технологии:

Технология традиционного обучения – предлагает традиционную последовательность изучения нового материала.

Информационные технологии – предлагают использование компьютера во время проведения занятий.

Интерактивные технологии – предлагают диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие между студентом и преподавателем, либо между студентами.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
7	ПК-2	Тестовые задания № 1-6 Вопросы к зачету № 1-20

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1 Тесты

Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)

Тема 1. «Фазовые превращения в твердом состоянии»

Задание 1. Какие причины могут вызвать фазовые превращения в твёрдом состоянии?

- А) полиморфные превращения в одном из компонентов;
- Б) изменение периода решетки при охлаждении сплава;
- В) изменение взаимного растворения компонентов в сплаве при охлаждении.

Задание 2. Может ли быть случай, когда один из компонентов сплава поменял тип кристаллической решетки, а сплав в целом фазовых превращений не испытал?

- А) да;
- Б) нет;
- В) да, если полиморфные превращения компонента не привели к изменению объема или степени взаимного растворения компонентов.

Задание 3. Что общего между эвтектическим и перитектическим превращениями?

- А) они протекают при постоянной температуре;
- Б) в обоих случаях образуются гетерогенные структуры;

В) две фазы образуются одновременно.

Задание 4. Гомогенизационный отжиг устраняет:

- А) перегрев от предшествующей термической обработки;
- Б) последствия дендритной ликвации;
- В) остаточные литейные напряжения.

Задание 5. При дорекристаллизационном отжиге происходит:

- А) перекристаллизация;
- Б) образование новых равновесных зерен;
- В) изменение плотности и распределение дефектов в деформированном металле.

Тема 2. «Теория термической обработки»

Задание 1. С увеличением времени отжига и степени деформации при обработке давлением, температура начала рекристаллизации:

- А) понижается;
- Б) повышается;
- В) не изменяется.

Задание 2. Отжиг второго рода основан на использовании:

- А) сдвиговых фазовых превращений;
- Б) нормальных фазовых превращений;
- В) рекристаллизационных процессов.

Задание 3. Действительное зерно получается в результате:

- А) нагрева технологической пробы в стандартных условиях;
- Б) кристаллизация;
- В) операции термической обработки.

Задание 4. С увеличением степени переохлаждения аустенита межпластичное расстояние в перлите:

- А) уменьшается;
- Б) увеличивается;
- В) не изменяется.

Задание 5. Бейнитное превращение основано на использовании:

- А) сдвиговых фазовых превращений;
- Б) нормальных фазовых превращений;
- В) нормальных и сдвиговых фазовых превращений.

Тема 3. «Термической обработки конструкционных сталей»

Задание 1. Изотермическому отжигу подвергают:

- А) слитки;
- Б) поковки больших размеров;
- В) заготовки небольших размеров.

Задание 2. Доэвтектоидные углеродистые стали при полном отжиге нагревают до температуры:

- А) $t_{отж} = A_{C1} + (20 - 40)^\circ C$;
- Б) $t_{отж} = A_{C3} + (20 - 40)^\circ C$;
- В) $A_{C3} > t_{отж} > A_{C1}$.

Задание 3. Заэвтектоидные углеродистые стали при сфероидизирующем отжиге нагревают до температуры:

- А) $t_{отж} = A_{C1} + (20 - 40)^\circ C$;
- Б) $t_{отж} = A_{ст} + (20 - 40)^\circ C$;
- В) $A_{C3} + (20 - 40)^\circ C$.

Задание 4. Температура закалки доэвтектоидных углеродистых сталей:

- А) $t_3 = A_{C3} + (30 - 50)^\circ C$;

Б) $t_3 = A_{C1} + (30 - 50)^\circ\text{C}$;

В) $A_{C1} < t_3 < A_{C3}$.

Задание 5. Температура закалки заэвтектоидных углеродистых сталей:

А) $t_3 = A_{\text{ст}} + (30 - 50)^\circ\text{C}$;

Б) $t_3 = A_{C1} + (30 - 50)^\circ\text{C}$;

В) $t_3 = A_{\text{ст}} + (100 - 150)^\circ\text{C}$.

Тема 4. «Термической обработки инструментальных сталей»

Задание 1. Интервал закалочных температур для стали У11А:

А) $A_{\text{ст}} + (30-50)^\circ\text{C}$,

Б) $A_{C1} + (30-50)^\circ\text{C}$,

В) $A_{\text{ст}} + (100-150)^\circ\text{C}$

Задание 2. Твердость мартенсита с увеличением содержания углерода в стали:

А) увеличивается;

Б) не изменяется;

В) уменьшается.

Задание 3. Для закалки режущего инструмента из стали Р18 выбрана закалочная среда:

А) минеральное масло,

Б) 10-% водный раствор NaOH,

В) вода.

Задание 4. Интервал закалочных температур для стали 50:

А) $A_{C1} + (30 - 50)^\circ\text{C}$,

Б) $A_{C3} + (30 - 50)^\circ\text{C}$,

В) $A_{C1} < t_3 < A_{C3}$.

Задание 5. Сохраняются ли дефекты кристаллического строения аустенита в мартенсите после закалки стали?

А) да;

Б) нет;

В) да, но только поверхностные дефекты.

Тема 5. «Термической обработки чугунов»

Задание 1. Элементы C, Si, Al при отжиге чугунов:

А) затрудняют процесс графитизации;

Б) способствует процессу графитизации;

В) не оказывают заметного влияния на процесс графитизации.

Задание 2. Какой чугун получится после отжига белого чугуна?

А) серый;

Б) ковкий;

В) высокопрочный.

Задание 3. Можно ли отжигом увеличить количество перлита в феррито-перлитном сером чугуне?

А) да;

Б) нет;

В) да, но он уже не будет серым.

Задание 4. Можно ли перлитный серый чугун путем отжига превратить в ферритный?

А) да;

Б) нет;

В) перлит превратится в феррит, но чугун серым уже не будет.

Задание 5. Можно ли отжигом превратить серый чугун в высокопрочный?

А) да;

Б) нет;

В) да, но с изменением структуры металлической основы.

Тема 6. «Термомеханическая и химико-термическая обработка сталей»

Задание 1. Почему ТМО не находит широкого применения при обработке деталей сложной формы?

- А) она используется только для инструментальных сталей;
- Б) она благоприятствует зарождению трещин у концентраторов напряжения;
- В) затруднена пластическая деформация деталей сложной формы.

Задание 2. Возможно ли проведение ТМО в малоуглеродистых сталей ($C < 0,2\%$)?

- А) нет, т.к. закалку на мартенсит после пластической деформации проводят только для средне- и высокоуглеродистых сталей;
- Б) возможно, но эффекта не будет;
- В) возможно и широко используется ТМО для таких сталей.

Задание 3. Какую ТО вы выберете для деталей, работающих во влажном климате?

- А) поверхностная закалка;
- Б) цементация;
- В) хромирование.

Задание 4. Какой вид ХТО вы предпочтете для обработки направляющих ниток ткацких станков?

- А) цементацию;
- Б) азотирование;
- В) борирование.

Задание 5. Почему среднеуглеродистые стали не подвергают цементации?

- А) эффект упрочнения поверхности незначительный;
- Б) после цементации и закалки центральная часть детали не сохраняет вязкость;
- В) процесс цементации затруднен.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется, если студент ответит правильно не менее чем на 40 % вопросов;
- оценка «не зачтено» выставляется, если студент ответит правильно менее чем на 40 % вопросов.

Темы письменных работ

Письменные работы не предусмотрены

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 7

№ п/п	Вопросы к экзамену (зачету с оценкой)
1.	Механизмы фазовых превращений в твердом состоянии. Кинетика и механизмы.
2.	Диаграммы состояния сплавов с частичным распадом твердого раствора.
3.	Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых испытывают полиморфные превращения.
4.	Диаграмма состояния Fe-C. Компоненты и фазы в системе Fe-C. Фазовые

	превращения в твердом состоянии в сплавах «железо-углерод».
5.	Фазовые превращения в твердом состоянии как основа термической обработки металлов и сплавов
6.	Классификация и краткая характеристика основных видов термической обработки металлов и сплавов.
7.	Разновидности отжига 1-го рода. Фазовые превращения при отжиге 1-го рода.
8.	Отжиг 2-го рода. Цель и режимы отжигов. Фазовые превращения при отжиге 2-го рода.
9.	Фазовые превращения при закалке без полиморфного превращения. Фазовые превращения при нагреве и охлаждении.
10.	Старение. Фазовые превращения при искусственном старении сплавов.
11.	Фазовые превращения при естественном старении сплавов
12.	Закалка с полиморфными превращениями. Фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве сталей под закалку.
13.	Фазовые превращения при охлаждении стали. Особенности мартенситного превращения в сталях.
14.	Кинетика и механизм мартенситных превращений.
15.	Микроструктура и свойства пластинчатого и пакетного мартенсита.
16.	Фазовые превращения при отпуске стали. Цели и виды отпуска. Изменение структуры и свойств при отпуске стали.
17.	Термомеханическая обработка (ТМО). НТМО, ВТМО и ПТМО. Фазовые превращения и формирование структуры и свойств при ТМО.
18.	Химико-термическая обработка (ХТО). Виды ХТО. Фазовые превращения при ХТО. Механизм образования и строение упрочненного слоя.
19.	Виды термической обработки и фазовые превращения в чугунах
20.	Виды термической обработки и фазовые превращения в цветных сплавах.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
		«зачтено»	Отвечено на 70 и более % вопросов правильно
7	Зачет (в тестовой форме)	«не зачтено»	Отвечено на менее 70 % вопросов правильно

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко	Материаловедение: учебник для вузов / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко; под редакцией Г. Г. Бондаренко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 381 с	Электронный учебник	2024	ЭБС "ZNANIUM.COM"
2	А. А. Черепашин, И. И. Колтунов, В. А. Кузнецов	Черепашин, А.А., Материаловедение: учебник / А.А. Черепашин, И.И. Колтунов, В. А. Кузнецов. — Москва: КноРус, 2020. — 237 с. — ISBN 978-5-406-07399-5.	Электронный учебник	2020	URL: https://book.ru/book/932568

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	О. А. Масанский	Материаловедение и технологии конструкционных материалов [Электронный ресурс] Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. - 268 с. : ил. - ISBN 978-5-7638-3322-5.	Учебное пособие	2015	ЭБС "ZNANIUM.COM"

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
2	Ф. А. Гарифуллин, Р. Ш. Аюпов, В. В. Жиляков	Материаловедение и технология конструкционных материалов [Электронный ресурс]; Казань: КНИТУ, 2013. - 246 с. : ил. - ISBN 978-5-7882- 1441-2.	Учебное пособие	2013	ЭБС "IPRbooks"

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- «Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», <http://vestnik.magtu.ru>
- «Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки», <http://science.samgtu.ru/node/31>
- «Литьё и металлургия» <http://lim.bntu.by>
- «Технология металлов» <http://www.nait.ru>
- «Перспективные материалы» <http://www.j-pm.ru>

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1.	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdbc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2.	OfficeStd 2019 RUS OLP NL Acdbc	№ 1653 от 14.12.2018, срок действия - бессрочно

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-214	Столы ученические двухместные, столы компьютерные, стулья, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная меловая, кафедра, компьютеры, проектор, проекционный экран, акустическая система.
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для	Столы ученические двухместные, стол преподавательский, стол лабораторный, стулья, доска аудиторная меловая, металлографический микроскоп.

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-203	
3	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-105	Столы ученические двухместные, стол преподавательский, стол лабораторный, стулья, доска аудиторная меловая, металлографический микроскоп.
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Г-401	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет
5	Учебно-производственная зона. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Слесарная мастерская. Участок станков с ЧПУ. ИТП-119	Столы-парты двухместные, стулья, стол преподавательский, стул преподавательский, передвижная доска, испытательное оборудование.