

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ

ПРИНЯТО

На заседании Ученого совета  
Института технологий и материалов  
Протокол от «29» февраля 2024 г. № 5

Директор  / Ю.Г. Хусаинов

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по научной работе

/ И.А. Макаренко



**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**


НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Отрасль науки:  
Технические науки

Уфа – 2024

Разработчик (разработчики):



(подпись)

канд. техн. наук, доцент, доцент Е.Б. Медведев

(ученая степень, ученое звание, должность, и.о. фамилия)

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов утверждена на заседании кафедры материаловедения и физики металлов (протокол от «16» февраля 2024 г. № 8).

## 1. Общие положения

1.1. Область науки<sup>1</sup>:

Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия.

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

Технические науки

Шифр научной специальности:

2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

1.2. Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине (далее «специальная дисциплина») по научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов разработана в соответствии с:

Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;

Приказом Минобрнауки России от 28.03.2014 № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня»;

Приказом Минобрнауки России от 05.08.2021 № 712 «О внесении изменений в некоторые приказы Министерства образования и науки Российской Федерации и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сфере высшего образования и науки и признании утратившими силу приказов Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 апреля 2013 г. N 296 и от 22 июня 2015 г. N 607»;

Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;

Паспортом научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов;

Уставом УУНиТ;

Приказом УУНиТ от 07.03.2023 г. № 0527 «О Порядке прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов».

1.3. Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок работы экзаменационной комиссии, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата технических наук, и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе, перечень литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену.

1.4. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата технических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

---

<sup>1</sup> См. Паспорт научной специальности на сайте ВАК

## **2. Цель проведения кандидатского экзамена**

Целью проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов и отрасли науки Технические науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация:

– проверка сформированности умений в области применения металловедения и термической обработки металлов и сплавов к решению научно-исследовательских задач, использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;

– владение основными категориями и методами металловедения и термической обработки металлов и сплавов на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области технических дисциплин;

– получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

## **3. Задачи, решаемые в ходе сдачи кандидатского экзамена**

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов.

## **4. Структура и содержание кандидатского экзамена**

4.1. Кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов проводится в устной форме по билетам (Приложение № 1)<sup>2</sup>. Экзаменационный билет включает в себя три теоретических вопроса и практические вопросы по теме диссертационного исследования.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 30 минут.

4.2. Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом по установленной Университетом форме.

4.3. Университет вправе применять дистанционные образовательные технологии при проведении кандидатского экзамена. Особенности проведения кандидатских экзаменов с применением дистанционных образовательных технологий определяются локальным нормативным актом Университета.

При проведении кандидатского экзамена с применением дистанционных образовательных технологий Университет обеспечивает идентификацию личности аспирантов/прикрепленных лиц и контроль соблюдения требований, установленных локальным нормативным актом.

---

<sup>2</sup> Вставить пример одного экзаменационного билета

## **5. Перечень тем, вынесенных на кандидатский экзамен**

- Тема 1. Кристаллическое строение металлов.
- Тема 2. Формирование структуры металлов при кристаллизации.
- Тема 3. Деформация металлов. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла.
- Тема 4. Механические свойства металлов.
- Тема 5. Диаграммы фазового равновесия.
- Тема 6. Фазовые превращения в сплавах железа.
- Тема 7. Технология термической обработки стали.
- Тема 8. Химико-термическая обработка стали.
- Тема 9. Конструкционные стали.
- Тема 10. Цветные металлы и сплавы.
- Тема 11. Керамические, полимерные, электротехнические и полупроводниковые материалы.
- Тема 12. Композиционные материалы.

## **6. Перечень документов и материалов, которыми разрешается пользоваться на кандидатском экзамене**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Во время проведения кандидатского экзамена аспирантам/прикрепленным лицам, привлекаемым к его проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

## **7. Перечень вопросов для проведения кандидатского экзамена**

1. Кристаллическое строение твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика. Реальное строение металлических и неметаллических кристаллов.
2. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов.
3. Фуллерены и нанотрубки. Наноструктурное строение веществ. Процессы самоорганизации дислокационной и фрактальной структур материалов с позиций синергетики.
4. Агрегатные состояния веществ. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Самопроизвольная и несамопроизвольная кристаллизация. Форма кристаллических образований. Строение слитка. Полиморфизм. Магнитные превращения. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы.
5. Структурные изменения в металлах в условиях холодной и горячей пластической деформации. Температура рекристаллизации. Строение металлов после возврата и рекристаллизации. Механизм и стадии процесса рекристаллизации. Условия реализации направленной кристаллизации.
6. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов и методы их построения. Эвтектическое и перитектическое превращения. Виды ликвации. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии. Эвтектоидное превращение. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.
7. Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита.
8. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита. Изотермические и термокинетические диаграммы.
9. Влияние состава стали на процесс распада аустенита. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита.

10. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске стали. Термодинамика и процесс коагуляции. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпускная хрупкость и способы ее предотвращения.
11. Процессы скольжения и двойникования. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргерса. Скольжение и переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесями. Особенности деформации монокристаллов и поликристаллов.
12. Влияние границ зерен на пластическую деформацию поликристаллов. Дисклинации. Сверхпластичность. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение.
13. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения. Дисперсионное твердение.
14. Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость.
15. Подходы механики разрушения к выбору конструкционных материалов, расчету размера допустимого дефекта и прогнозированию долговечности. Фрактография, как метод количественной оценки механизма разрушения.
16. Термическая обработка стали. Основные виды термической обработки стали. Выбор вида термической обработки в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации. Влияние термической обработки на свойства конструкционных сталей и сварных соединений.
17. Химико-термическая обработка. Общие закономерности. Цементация с последующей термической обработкой. Азотирование. Влияние легирующих компонентов на толщину, твердость и износостойкость азотированного слоя.
18. Структура и свойства азотированной стали. Нитроцементация стали. Диффузионная металлизация: алитирование, хромирование, силицирование и т.п. Многокомпонентные покрытия. Диффузионное насыщение в ионизированных газовых средах.
19. Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки.
20. Экономнолегированные мартенситностареющие стали. Свойства мартенситностареющих сталей и области применения.
21. Общие принципы легирования и структура коррозионностойких сталей. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцевоникелевые и хромазотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.
22. Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов. Упрочняющие фазы. Жаропрочные стали перлитного и мартенситного классов. Жаропрочные стали аустенитного класса с карбидным и интерметаллидным упрочнением.
23. Жаропрочные и жаростойкие никелевые сплавы. Термическая обработка жаропрочных никелевых сплавов. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе. Области применения в машиностроении.
24. Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии. Стали для форм литья под давлением и прессования.
25. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении
26. Алюминий и его сплавы. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы. Литейные алюминиевые сплавы. Особенности термической обработки.
27. Спеченные алюминиевые сплавы. Технологические и механические свойства. Области применения алюминия и его сплавов.
28. Магний и его сплавы. Классификация магниевых сплавов. Деформируемые и литейные сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии.

29. Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов. Латуни, их свойства.
30. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз. Медноникелевые сплавы. Области применения меди и ее сплавов.
31. Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана. Механические, технологические и коррозионные свойства титановых сплавов. Водородная хрупкость титановых сплавов. Конструкционные и жаропрочные сплавы титана. Особенности термической обработки.
32. Цинк, свинец, олово и их сплавы. Припой на оловянистой и свинцовой основах. Антифрикционные сплавы.
33. Магнитные материалы. Классификация материалов по магнитным свойствам. Кривая намагничивания. Процессы, происходящие при намагничивании монокристалла. Низкочастотные и высокочастотные магнитомягкие материалы. Магнитотвердые деформируемые, литые и спеченные материалы.
34. Проводниковые и полупроводниковые материалы. Электропроводность твердых тел. Материалы высокой проводимости: проводниковые, припой, сверхпроводники. Сплавы повышенного электросопротивления.
35. Контактные материалы. Полупроводниковые материалы. Строение и свойства. Кристаллофизические методы получения сверхчистых материалов. Легирование полупроводников.
36. Классификация и структура полимерных материалов. Молекулярная структура полимеров. Теории роста полимерных кристаллов. Особенности механических свойств полимеров, обусловленные их строением. Релаксационные свойства.
37. Вязкое течение растворов и расплавов полимеров. Старение и стабилизация полимеров. Типы разрушения полимеров. Влияние внешних факторов на процесс разрушения.
38. Физико-механические, адгезионные, фрикционные, антикоррозионные, диэлектрические свойства полимеров, методы исследования этих свойств.
39. Принципы создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы с нуль-мерными и одномерными наполнителями.
40. Эвтектические композиционные материалы. Композиционные материалы на неметаллической основе. Механические свойства композиционных материалов, моделирование на ЭВМ разрушения композиционных материалов с использованием свойств армирующих волокон, объемной доли и свойств матрицы.
41. Механизм разрушения. Основы расчета на прочность изделий из композиционных материалов. Способы компьютерного моделирования состава, структуры, свойств и процесса разрушения композиционных материалов. Области и перспективы применения композиционных материалов в машиностроении.
42. Строение, свойства и виды технического стекла, ситалов, фарфора и фаянса. Тугоплавкие соединения, основные типы, состав, структура, свойства, методы получения (в том числе, СВС – самораспространяющийся высокотемпературный синтез).
43. Нанокристаллические материалы. Стекланные смазки и защитные покрытия. Эмали для защиты металлов. Техническая керамика. Огнеупорные и конструкционные керамические материалы. Применение керамики в машиностроении. Графит и его модификации в качестве конструкционных материалов.
44. Состав и структурные элементы. Свойства древесины от влажности. Пороки древесины и методы защиты древесины от гниения, поражения насекомыми и возгорания. Методы получения строительных материалов из древесины заданных свойств путем механической обработки и глубокой переработки.
45. Связь структуры и свойств асфальтовых и дегтебетонов с компонентным составом и видом вяжущего вещества. Особенности твердения и эксплуатационных свойств. Экологические аспекты производства и эксплуатации материалов на основе органических вяжущих.
46. Керамические материалы. Компонентный состав смеси для производства керамических материалов (глинистые материалы, выгорающие и пластифицирующие добавки,

глазури, ангобы). Особенности формирования структуры и свойств керамических материалов при сушке и обжиге.

47. Химический и вещественный состав стекла и ситаллов различного назначения. Их свойства в зависимости от компонентного состава и условий формирования структуры при различных режимах варки.

48. Понятия о композиционных материалах. Состав и строение композитов. Матричные материалы и упрочняющие компоненты. Роль границы раздела между ними.

49. Оценка роли матрицы и армирующего материала в формировании свойств композита. Строительные композиты (дисперсно-упрочненные, волокнистые анизотропные и изотропные).

50. Физико-химические способы производства порошков: производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами, получение порошков железа, кобальта, тугоплавких металлов, их сплавов и соединений восстановлением углеродом, водородом, металлами, получение легированных порошков совместным восстановлением из смесей окислов, плазменные процессы восстановления порошков.

51. Процессы уплотнения порошков, спекание. Движущие силы процесса спекания. Поверхностное натяжение. Капиллярное давление. Механизмы процессов спекания однокомпонентных систем. Основные стадии процесса спекания.

52. Закономерности и кинетика спекания многокомпонентных систем без образования жидкой фазы. Закономерности и кинетика спекания систем в присутствии жидкой фазы. Активированное спекание. Горячее изостатическое прессование.

## **8. Порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук**

8.1. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

8.2. При оценке знаний и уровня подготовки соискателя ученой степени кандидата наук, определяется:

- уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

8.3. Общими критериями, определяющими оценку уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук, являются:

– для оценки «отлично»: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

– для оценки «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

– для оценки «удовлетворительно»: наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;

– для оценки «неудовлетворительно»: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

## **9. Методические указания по подготовке к сдаче кандидатского экзамена**

При подготовке к кандидатскому экзамену рекомендуется:

Внимательно прочесть источники в списке рекомендуемой литературы и проанализировать информацию.



Сделать выписки (конспект) необходимой информации в соответствии с темами и экзаменационными вопросами.

Систематизировать и классифицировать полученные данные по тематическим разделам и экзаменационным вопросам.

Составить рабочие записи – ключевые опорные пункты в соответствии с логикой ответа на экзаменационные вопросы.

Подобрать необходимую иллюстративную информацию по содержанию ответа на экзаменационные вопросы.

В ходе подготовки к выполнению практического задания обучающийся анализирует результаты диссертационного исследования.

## **10. Перечень рекомендуемой литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Гуляев А.П. Металловедение: учебник. / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1986. – 541 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411290&theme=FEFU>

2. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов: учебное пособие / И.И. Новиков. – М.: Металлургия, 1975. – 208 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:680215&theme=FEFU>

3. Новиков, И.И. Теория термической обработки металлов: учебник / И.И. Новиков. – М.: Металлургия, 1986. – 450 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:415797&theme=FEFU>

4. Кузнецов И. Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров / Кузнецов И. Н. - Москва: Дашков и К, 2017 - 284 с. <https://e.lanbook.com/book/93533>

5. Рыжков И. Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс]: учебное пособие / Рыжков И. Б. - Санкт-Петербург: Лань, 2019 - 224 с. <https://e.lanbook.com/book/116011>

6. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования: учебное пособие / Р.Ф. Маликов. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2010. – 368 с. – ISBN 978-5-9912-0123-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/5169>

7. Горлач Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 292 с. – ISBN 978-5-8114-2168-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/103190>

8. Балла О.М. Экспериментальные методы исследования в технологии машиностроения: учебное пособие / О.М. Балла. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 168 с. – ISBN 978-5-8114-3587-

9. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118624>

10. Макшанов А.В. Технологии интеллектуального анализа данных: учебное пособие / А.В. Макшанов, А.Е. Журавлев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 212 с. – ISBN 978-5-8114-4493-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/120063>

**Пример экзаменационного билета**

1. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения металлов: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов.

2. Влияние состава стали на процесс распада аустенита. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита.

3. Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана. Механические, технологические и коррозионные свойства титановых сплавов. Водородная хрупкость титановых сплавов. Конструкционные и жаропрочные сплавы титана. Особенности термической обработки.