

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г. И. Носова»

Институт металлургии, машиностроения и материаловедения



**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИММиМ  
Савинов А. С.  
26. 10. 2023 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

Экзамен по спецдисциплине

*по научной специальности*

**2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов**

**Магнитогорск – 2023**

## 1. Правила проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится в форме письменного экзамена по спецдисциплине на русском языке.

Целью вступительного испытания является отбор наиболее подготовленных кандидатов на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, определение способности соискателей освоить выбранную программу, а также выявление подготовленности поступающих к самостоятельной научной и проектной деятельности.

Минимальное количество баллов за вступительное испытание 40 баллов, максимальное – 100 баллов. Вступительное испытание проводится в **очно** формате.

Вступительное испытание включает в себя:

1. экзамен по спецдисциплине;
2. собеседование по портфолио поступающего.

**Экзамен по спецдисциплине** проводится в письменной форме на русском языке по билетам, содержащим три вопроса. Продолжительность экзамена по спецдисциплине (подготовка письменного ответа) – 90 минут. После сдачи письменного ответа поступающему могут быть заданы уточняющие вопросы.

**Собеседование по портфолио** (при наличии портфолио) осуществляется по представленным документам, подтверждающие наличие индивидуальных достижений в научно-исследовательской области, учитываемых при приеме на обучение.

Поступающий однократно в полном объеме не позднее дня завершения приема документов представляет документы, подтверждающие индивидуальные достижения. Перечень и порядок учета индивидуальных достижений, утверждены в Правилах приема МГТУ им.Г.И.Носова.

Максимальное количество баллов за индивидуальные достижения – 30 баллов. Баллы поступающих, начисляемые за индивидуальные достижения при приеме на программы аспирантуры, включаются в сумму конкурсных баллов.

Результаты вступительного испытания объявляются на официальном сайте и на информационном стенде не позднее трех рабочих дней со дня проведения испытания.

## 2. Дисциплины, включенные в программу вступительного испытания

1. Материаловедение;
2. Термическая обработка изделий;
3. Теория строения материалов.

## 3. Содержание учебных дисциплин<sup>1</sup>

Темы, включенные в программу вступительных испытаний:

### - **Металлическое состояние. Кристаллическое строение металлов**

Типы связи в твердых телах. Особенности металлического состояния вещества. Кристаллическое строение металлов. Кристаллографические индексы плоскостей и направлений в кубической и гексагональной решетках. Анизотропия свойств кристаллов.

### - **Фазы и фазовые равновесия в металлических сплавах**

Твердые растворы замещения и внедрения. Упорядоченные твердые растворы. Промежуточные фазы. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных и тройных систем.

---

<sup>1</sup> Перечислить темы, вопросы, которые будут на ВИ

Анализ диаграмм состояния.

#### **- Дефекты кристаллического состояния**

Точечные дефекты. Вакансии и межузельные атомы. Дислокации. Вектор Бюргерса. Плотность дислокации. Краевая, винтовая и смешанная дислокации. Скольжение и переползание дислокации. Пороги на дислокациях. Поле напряжений и энергия дислокации. Упругое взаимодействие дислокации. Полные и частичные дислокации. Дислокационные реакции. Дефекты упаковки. Размножение дислокаций, источник Франка-Рида. Взаимодействие дислокаций и примесных атомов.

Границы зерен и субзерен. Малоугловые и высокоугловые границы. Зернограничные дислокации и ступеньки. Миграция границ и зернограничное проскальзывание. Взаимодействие границ зерен с примесными атомами.

#### **- Диффузия в металлах и сплавах**

Законы диффузии. Самодиффузия. Механизмы диффузии.

#### **- Строение металлических расплавов и кристаллизация сплавов**

Структура и свойства жидких металлов. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов, критический размер зародыша. Скорость роста кристаллических зародышей. Зонная очистка. Формы роста кристаллов. Распределение элементов по сечению дендритного кристалла.

Эвтектическая кристаллизация. Строение эвтектических колоний

Влияние скорости кристаллизации на строение сплавов. Металлические стекла.

Строение металлического слитка. Модифицирование структуры литых сплавов. Зональная и местная ликвация.

Неметаллические включения и газы в слитке. Поведение неметаллических включений при горячей и холодной деформации металла. Влияние неметаллических включений на механические и физические свойства сплавов

#### **- Фазовые превращения в твердом состоянии. Основы термической обработки**

Классификация видов термической обработки.

Гомогенизационный отжиг. Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжики отдых. Полигонизация, первичная и собирательная, вторичная рекристаллизация. Механизм и кинетика этих процессов. Природа критической деформации. Диаграммы рекристаллизации.

Текстура деформации, первичной, собирательной и вторичной рекристаллизации, механизм ее образования.

Фазовые переходы I и II рода. Полиморфные превращения. Принцип структурного и размерного соответствия. Сдвиговое и нормальное превращения.

Фазовые превращения при нагреве. Рост зерна. Структурная наследственность. Роль скорости нагрева.

Механизм и кинетика эвтектоидного превращения. Строение перлита. Диаграммы изотермических превращений. Термокинетические диаграммы. Упорядочение твердого раствора.

Закалка без полиморфного превращения. Изменение структуры и свойств при закалке.

Закалка на мартенсит. Термодинамика, механизм и кинетика мартенситного превращения. Микроструктура и субструктура мартенсита. Критическая скорость охлаждения при закалке, прокаливаемость.

Бейнитное превращение. Механизм и кинетика бейнитного превращения. Строение бейнита. Изотермическая закалка.

Старение. Распад пересыщенного твердого раствора. Спинодальный распад.

Структурные изменения при старении. Когерентные и некогерентные выделения. Форма выделений. Роль вакансий, дислокационной структуры и границ зерен в процессах выделения. Кинетика образования выделений при старении. Влияние температуры и продолжительности старения на механические и физические свойства сплавов. Перестаривание, ступенчатое старение. Влияние температуры нагрева под закалку и скорости закалочного охлаждения на старение.

Отпуск. Изменение микроструктуры и фазового состава при отпуске сталей. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.

#### **- Термомеханическая обработка**

Структурные изменения при горячей деформации. Динамическая полигонизация и динамическая рекристаллизация. Возврат и рекристаллизация после горячей деформации. Термомеханическая обработка.

#### **- Химико-термическая обработка**

Элементарные процессы при химико-термической обработке: образование активных атомов диффундирующего элемента, адсорбция, диффузия. Насыщающие среды.

Зависимость концентрации диффундирующего элемента и глубины слоя от активности газовой фазы, температуры и продолжительности процесса. Структура диффузионных слоев. Связь строения диффузионного слоя с диаграммой состояния. Образование диффузионного слоя при диффузии нескольких компонентов.

Азотирование, цементация, нитроцементация, алитирование, хромирование, борирование, сульфидирование, силицирование. Принципы выбора термической обработки после химико-термической обработки.

#### **- Технология термической обработки**

Современное оборудование для термической и химико-термической обработки сталей и цветных сплавов. Способы достижения высоких скоростей нагрева и охлаждения изделий при термической обработке. Внутренние напряжения и деформация изделий при термической обработке. Нагрев при термической обработке изделий в защитных средах и вакууме.

#### **- Упругая и пластическая деформация. Разрушение**

Диаграммы деформации моно- и поликристаллов. Системы скольжения. Деформационное упрочнение: влияние на него температуры и скорости деформации. Теория предела текучести.

Физический и технический смысл основных механических характеристик металла.

Упрочнение при образовании твердых растворов и при выделении избыточных фаз (когерентных и некогерентных). Влияние размера зерна на механические свойства. Сверхпластичность. Внутреннее трение.

Хрупкое и вязкое разрушение. Схемы зарождения трещин. Распространение трещин при хрупком и вязком разрушении. Природа хладноломкости металлов с ОЦК-решеткой. Строение изломов.

Жаропрочность. Стадии ползучести. Релаксация напряжений. Длительная прочность. Влияние состава и структуры сплавов на жаропрочность.

Усталостная прочность. Механизм усталости. Факторы, влияющие на усталостную прочность. Контактная усталость.

#### **- Современные методы исследования и контроля структуры и свойств металлов**

Методы изучения микроструктуры. Световая микроскопия. Методы количественной металлографии. Электронная микроскопия. Рентгеноструктурный и электронографический анализ. Микрорентгеноспектральный анализ. Локальный анализ

состава по электронным спектрам.

Методы измерения механических и физических свойств.

Основные принципы дефектоскопии металлов. Магнитная, ультразвуковая и другие методы дефектоскопии.

Математическая обработка экспериментальных данных. Основы математического планирования эксперимента. Планы первого порядка.

**- Промышленные сплавы. Основы легирования, термической обработки. Свойства, области применения**

Углеродистая сталь. «кипящие», «полуспокойные» и «спокойные» стали. Низколегированные стали повышенной прочности. Конструкционные поверхностно-упрочняемые стали. Штамповые стали для горячей и холодной штамповки. Инструментальные стали для режущего и измерительного инструмента. Быстрорежущие стали. Твердые сплавы. Жаропрочные стали. Нержавеющие стали. Окалиностойкие стали. Чугуны. Модифицирование чугунов.

Алюминий и его сплавы. Титан и его сплавы. Медь и ее сплавы. Никель и его сплавы. Магний и его сплавы. Сплавы на основе тугоплавких металлов. Цинк, свинец, олово и их сплавы. Сплавы на основе благородных металлов.

Сплавы с особыми физическими свойствами.

#### **4. Литература для подготовки<sup>2</sup>**

Литература для подготовки по дисциплине «Материаловедение»:

1. Сапунов, С. В. *Материаловедение : учебное пособие* / С. В. Сапунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1793-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168740> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сапунов, С. В. *Материаловедение : учебное пособие* / С. В. Сапунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1793-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168740> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Потехин, Б. А. *Металловедение : учебное пособие* / Б. А. Потехин. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. — 99 с. — ISBN 978-5-94984-707-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142515> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Новиков, И. И. *Металловедение : учебник* / И. И. Новиков, В. С. Золоторевский, В. К. Портной ; под редакцией В. С. Золоторевского. — 2-е изд., испр. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Том 1 : Основы металловедения — 2014. — 496 с. — ISBN 978-5-87623-191-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117185> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. *Материаловедение: Учебник для высших учебных заведений*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.

6. Гуляев А.П. *Металловедение*. М.: Металлургия, 1986. 438 с.

7. Мельниченко, А. С. *Анализ данных в материаловедении : учебное пособие* / А. С. Мельниченко. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 — 2013. — 72 с. — ISBN 978-5-87623-666-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

---

<sup>2</sup> Желательны ссылки

<https://e.lanbook.com/book/117168> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Кривоносова, Е. А. Применение теории фракталов в металловедении : монография / Е. А. Кривоносова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 96 с. — ISBN 978-5-8114-4373-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138167> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Новиков, И. И. Металловедение : учебник / И. И. Новиков, В. С. Золоторевский, В. К. Портной ; под редакцией В. С. Золоторевского. — 2-е изд., испр. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Том 1 : Основы металловедения — 2014. — 496 с. — ISBN 978-5-87623-191-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117185> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Новиков, И. И. Металловедение : учебник / И. И. Новиков, В. С. Золоторевский, В. К. Портной ; под редакцией В. С. Золоторевского. — 2-е изд., испр. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Том 2 : Термическая обработка. Сплавы — 2014. — 528 с. — ISBN 978-5-87623-217-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117186> (дата обращения: 10.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы:

1. Сайт: <http://www.nlr.ru/> Электронный каталог РНБ Виртуальная справочная служба.
2. Сайт: <http://www.rsl.ru/> Электронный каталог РГБ.
3. Электронно-библиотечная система «Научно-издательского центра ИНФРА-М»: <https://infra-m.ru/>
4. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ): URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp)
5. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»: <https://dlib.eastview.com/>

## 5. Шкала оценивания вступительного испытания

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по 100-балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Балл	Критерии
85-100	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li><li>2. Демонстрируются глубокие знания по металловедению и термической обработке металлов.</li><li>3. Делаются обоснованные выводы.</li><li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li><li>5. Сформированы навыки исследовательской деятельности.</li></ol>
70-84	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</li><li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li><li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все</li></ol>

	<p>определения и понятия.</p> <p>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</p> <p>5. Продемонстрированы навыки исследовательской деятельности.</p>
40-69	<p>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</p> <p>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин по стандартизации и управлению качеством.</p> <p>3. Имеются затруднения с выводами.</p> <p>4. Определения и понятия даны не чётко.</p> <p>5. Навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</p>
Менее 40	<p>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по стандартизации и управлению качеством.</p> <p>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</p> <p>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</p> <p>4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</p>

## **6. Примерный вариант вступительного испытания**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)**

Утверждаю:  
Зав. кафедрой ЛПиМ  
\_\_\_\_\_  
Н.А. Феоктистов  
«26» октября 2023 г.

### **Экзаменационный билет № 1 вступительного испытания**

Научная специальность 2.6.1 – Материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов

1. Явление ползучести металлов. Жаропрочные сплавы.
2. Стали для штампов горячего деформирования.
3. Особенности режимов термической обработки инструментальных сталей.



Лист рассмотрения индивидуальных достижений поступающего

ФИО поступающего

наименование образовательной программы

№	Наименование индивидуального достижения	Документы, подтверждающие получение результатов индивидуальных достижений	Баллы
1	Наличие документа об образовании и о квалификации, удостоверяющего образование соответствующего уровня, с отличием	копия документа об образовании и о квалификации, удостоверяющая образование соответствующего уровня, с отличием	4
	Наличие научных публикаций (тематика публикации должна соответствовать научной специальности аспирантуры, по которой поступающий участвует в конкурсе):		
2	научная статья в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и (или) Web of Science	Ссылка на публикацию на сайтах баз данных Scopus, Web of Science и др. и (или) распечатанная копия страницы официального Интернет-ресурса базы данных, индексирующей работу (например, Scopus.com, e-library.ru), на которой отображены сведения о публикации (авторы, выходные данные, название работы) и об индексирующей ее базе (РИНЦ, Scopus, Wos)	10
3	научная статья в ведущих рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК		5
4	научная статья в журналах индексируемые в РИНЦ		2
	Наличие охранных документов:		
5	патент на изобретение	Ссылка на публикацию на сайтах баз данных Scopus, Web of Science и др. и (или) копия охранного документа с указанием авторов	5
6	патент на полезную модель		3
7	свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ/базы данных (ФИПС)		2
8	Участие в составе научной группы при выполнении научных проектов, грантов, договоров научно-исследовательских работ за каждое достижение	копия документов, подтверждающих указанный статус	2
9	Участие в международных и всероссийских конференциях и (или) публикации в материалах международных и всероссийских конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, по итогам конференций, проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации (докладов, направление секции конференции) должна соответствовать программе аспирантуры, по которой поступающий участвует в конкурсе	копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов и выходными данными сборника (журнала) по материалам конференции и (или) сертификат участника конференции	не более 2 (за каждую конференцию)
10	Наличие дипломов победителей мероприятий международного, всероссийского, регионального значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру	копия диплома	не более 3 (за каждое достижение)
	<b>Сумма баллов</b>	<b>не более 30</b>	

## Приложение Б

### Сведения об индивидуальных достижениях (образец оформления)

(ФИО)			
№	Наименование ИД	Описание ИД	Ссылка на ИД/ скан-копия подтверждающего документа
1	Например, документ об образовании и о квалификации с <b>отличием</b>	Диплом специалиста серия _____ № _____ Дата выдачи _____ Наименование организации, выдавшей документ об образовании _____ Код профессии, специальность, направление подготовки, указанное в документе об образовании _____	Скан-копия документа об образовании и о квалификации
2	Например, научная статья в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и (или) Web of Science	Автор. Статья / Авторы // Журнал. – Год. – Номер. – Страницы размещения статьи. Например, Кузнецов А.Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке. – М.: Науч. мир, 2003. – С.340–342.	Ссылка на публикацию на сайтах баз данных Scopus, Web of Science и др. с указанием квартала (при наличии) на момент выхода статьи
3	Патент	Например, Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000. Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедев Г.И., Серегин А.Г. Опτικο-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.	Ссылка на патент в сети Интернет (при наличии)
4	Участие в международной конференции	Например, Козлова Е.Н. Управление конкурентоспособностью и качеством продукции в условиях перехода к рынку / Е.Н. Козлова, Н.П. Залесова. – Текст: непосредственный // Биологические и технико-экономические проблемы в сельском хозяйстве: тезисы XXXIII научно-практической конференции, 2-3 апреля 1998 года, Великие Луки. – Великие Луки, 2000. – С. 222-224.	Ссылка на сборник тезисов в сети Интернет (при наличии), или скан-копия сертификата участника (при наличии), или скан-копия страниц с выходными данными сборника конференции
5	Диплом победителя мероприятия международного значения	Например, диплом победителя заключительного этапа Международного инженерного чемпионата по горному делу Год участия – 2023	Ссылка на публикацию на сайтах и (или) скан-копия диплома