

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор ИММ и М  
Савинов А.С.  
«10» 09 2019г.

**ПРОГРАММА**  
вступительного испытания *по специальности*  
для поступающих по направлению  
**22.06.01 Технология материалов**  
*код и наименование направления подготовки*  
**(металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)**

Магнитогорск – 2019г.

Программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета 22.06.01. Технология материалов

Составители:

Профессор каф. ЛП и М д-р техн. наук Копцева Н.В.  
Профессор каф. ЛП и М д-р техн. наук Емельюшин А.Н.  
Профессор каф. ЛП и М д-р техн. наук Сычков А.Б.

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию *методической комиссией*  
Металлургии машиностроения и материалообработки  
название института/факультета

---

«10» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / Савинов А.С./

Согласовано:

Руководитель ООП  / Емельюшин А.Н./

Заведующий кафедрой  / Феоктистов Н.А./

## **Введение**

Настоящая программа базируется на следующих дисциплинах: механические свойства металлов, Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Физика металлов. Теория и технология термической и химико-термической обработки. Рентгенография и электронная микроскопия. Физика металлов

### **1. 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.

### **2. 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. Анализ диаграмм состояния.

### **3. 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.

### **4. Диффузия в металлах и сплавах**

Законы диффузии. Самодиффузия. Механизмы диффузии.

### **5. 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

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

Классификация видов термической обработки.

Гомогенизационный отжиг. Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиги 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.

## **7. Термомеханическая обработка**

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

## **8. 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.

## **9. 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.

## **10. 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 терние.

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.

## **11. 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.

## **12. 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.

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Эшби М., Джонс Д. Конструкционные материалы. Полный курс. Перевод с английского – Долгопрудный: Издательский Дом интеллект, 2010. 672 с.
2. Смирнов М.А., Счастливцев В.М., Журавлев Л.Г. Основы термической обработки стали. Учеб. пособ. / УрО РАН, Ин-т физики метал.; Юж.-Урал. гос. ун-т. – Екатеринбург, 2012. – 495 с.: ил.
3. Материаловедение / под ред. Батиенкова В.Т.: учеб. пособие [электронный ресурс]. ЭСБ <<ИНФ.-М>>, 2012, режим доступа: <http://znanium.com/>.
4. Стуканов В.А. Материаловедение : учеб. пособие [электронный ресурс]. М. : ИД ФОРУМ, 2012. 368 с., ЭСБ <<ИНФ.-М>> 2011, режим доступа: <http://znanium.com/>
5. Материаловедение. Пахомова С.А., Унчиков М.В., Герасимов С.А. и др. : учеб. пособие [электронный ресурс]. М. : НИЦ Инфра-М, 2012. 475 с., ЭСБ <<ИНФ.-М>> , режим доступа: <http://znanium.com/>

6. Технология конструкционных материалов. учеб. пособие / под общ. ред. В.Л. Тимофеева [электронный ресурс]. М.: ИНФРА-М, 2011. 272 с. ЭСБ <<ИНФ.-М>>, режим доступа: <http://znanium.com>
7. Материаловедение и технология материалов: учеб. пособие / под. ред. А.И. Батышева и А.А. Смолькина. М.: ИНФРА-М, 2011. 288 с. ЭСБ <<ИНФ.-М>>, режим доступа: <http://znanium.com/>.
8. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны: свойства, структура, технология, эксплуатация. М.: Машиностроение, 2010. 280 с., режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/elements.php?pl1\\_id=728](http://e.lanbook.com/books/elements.php?pl1_id=728)

### Дополнительная литература

1. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. М.: МИСИС, 1994. 480 с.
2. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов М' МИСИС, 1998. 400с.
3. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали М.: МИСИС, 1999. 408 с.
4. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 1999. 416 с.
6. Грачев С.В., Бараз В.Р., Богатов А.А., Швейкин В.П. Физическое металловедение. Екатеринбург. Изд-во Уральского государственного технического университета - УПИ, 2001. 534 с.
7. Физическое металловедение. Под ред. Р.Кана, в 3-х томах, М.: Металлургия, 1987.
8. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. - 480с.
9. Лахтин Ю.Н., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М: Металлургия, 1985. – 256 с.
10. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник под ред. Бернштейна М.Л. и Рахштадта А.Г. Т.2, М.: Металлургия, 1983. 367с.
11. Электронные издания издательств «Машиностроение», «Металлургия», «Лань» и др.
12. Библиотека каф. МиТОМ и МГТУ.
13. Журналы «Металловедение и термическая обработка металлов», «Сталь».
14. Безъязычный, Сулягин. К вопросу расчетного определения интенсивности изнашивания контактируемых поверхностей с учетом упрочнения поверхностного слоя деталей. Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 1. С. 3-6., режим доступа: [http://e.lanbook.com/journal/issue.php?p\\_f\\_journal=2079&p\\_f\\_year=2014&p\\_f\\_issue=02](http://e.lanbook.com/journal/issue.php?p_f_journal=2079&p_f_year=2014&p_f_issue=02)

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.uproizvod.ru>
2. <http://www.metrob.ru>
3. <http://www.iteam.ru>
4. <http://quality.eup.ru/>
5. <http://ria-stk.ru/>
6. Российская Государственная библиотека URL:<http://www.rsl.ru>
7. Российская национальная библиотека URL: <http://www.nlr.ru>
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека России URL: <http://www.gpntb.ru>
9. Public.Ru - публичная интернет-библиотека URL:<http://www.public.ru>

10. Lib.students.ru - Студенческая библиотека lib.students.ru URL: <http://www.lib.students.ru>
11. Научная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Университета URL: <http://www.lib.pu.ru/>.
12. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>.
13. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://www.gost.ru/>
14. Сайт: <http://www.nlr.ru/> Электронный каталог РНБ [Виртуальная справочная служба](#).
15. Сайт: <http://www.rsl.ru/> Электронный каталог РГБ.
16. Сайт: <http://www.gpntb.ru/> Электронный каталог ГПНТБ [Виртуальная справочная служба](#).
17. [Электронно-библиотечная система «Научно-издательского центра ИНФРА-М»](#)

**Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру  
по направлению подготовки 22.06.01 – Технологии материалов  
(05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)**

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

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
Отлично	<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 металлосведению 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>
Хорошо	<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 определения и понятия.</li> <li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li> <li>5. Продемонстрированы навыки исследовательской деятельности.</li> </ol>
Удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li> <li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин по стандартизации и управлению качеством.</li> <li>3. Имеются затруднения с выводами.</li> <li>4. Определения и понятия даны не чётко.</li> <li>5. Навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</li> </ol>

Не удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по стандартизации и управлению качеством.</li> <li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li> <li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li> <li>4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</li> </ol>
----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Вопросы к вступительному испытанию

1. Методы изучения микроструктуры: световая микроскопия и электронная микроскопия. Методы количественной металлографии.
2. Современные методы исследования и контроля структуры металлов.
3. Металлическое состояние. Кристаллическое строение металлов и сплавов.
4. Точечные и линейные дефекты кристаллического строения металлов. Дислокации. Взаимодействие дислокаций.
5. Границы зерен и субзерен. Дислокационные сетки. Малоугловые и высокоугловые границы. Роль границ зерен.
6. Кристаллизация сплавов. Механизм и кинетика. Влияние скорости кристаллизации на строение сплавов.
7. Строение металлического слитка. Ликвация в слитке. Модифицирование структуры литых сплавов.
8. Твердые растворы замещения, внедрения. Сверхструктуры.
9. Механизм упрочнения сталей при пластической деформации.
10. Закономерности и природа изменения свойств при нагреве холоднодеформированной стали.
11. Возврат, полигонизация и рекристаллизация. Текстура деформации и рекристаллизации. Анизотропия свойств.
12. Факторы, влияющие на усталостную прочность.
13. Диаграммы деформации моно- и поликристаллов. Системы скольжения. Деформационное упрочнение.
14. Механизм больших пластических деформаций.
15. Механические свойства при статических испытаниях.
16. Механические свойства при динамических испытаниях.
17. Усталостные испытания.
18. Хрупкое и вязкое разрушение. Природа хладноломкости ОЦК-металлов. Строение изломов.
19. Фазовые превращения при нагреве. Структурная наследственность.
20. Законы диффузии. Механизмы диффузии.
21. Механизм и кинетика эвтектоидного превращения. Строение перлита.
22. Механизм мартенситного превращения. Упрочнение и изменение пластичности при закалке. Критическая скорость охлаждения. Закаливаемость и прокаливаемость.
23. Микроструктура и субструктура мартенсита. Термодинамика, механизм и кинетика мартенситного превращения.
24. Бейнитное превращение. Изотермическая закалка.
25. Влияние углерода и примесей на свойства стали.
26. Классификация сталей по структуре, составу, назначению
27. Углеродистая сталь. Роль углерода в формировании структуры и свойств стали.
28. Влияние неметаллических включений на механические свойства сплавов.
29. Чугуны и их классификация. Структура и свойства серых чугунов.
30. Эвтектическая кристаллизация. Строение эвтектических колоний.
31. Гомогенизационный, дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиги.
32. Химико-термическая обработка стали. Цементация стали. Азотирование.
33. Закалка стали с нагревом ТВЧ.

34. Отжиг и нормализация.
35. Отпуск. Изменение структуры и фазового состава при отпуске сталей
36. Старение. Природа упрочнения. Влияние температуры и продолжительности старения на свойства сплавов.
37. Фазовые превращения при нагреве. Структурная наследственность.
38. Карбиды и нитриды в легированных сталях.
39. Термомеханическая обработка
40. Карбиды и нитриды в легированных сталях.
41. Конструкционные стали для химико-термической обработки.
42. Строительные стали. Арматурные стали.
43. Пружинно-рессорные стали.
44. Улучшаемые машиностроительные стали.
45. Стали повышенной износостойкости для штампов холодного деформирования.
46. Стали для штампов горячего деформирования.
47. Быстрорежущие стали.
48. Коррозионностойкие сплавы.
49. Ползучесть металлов. Испытания на ползучесть. Жаропрочные сплавы.
50. Методы исследования физических свойств.
51. Медь и ее сплавы.
52. Твердые сплавы и сверхтвердые материалы.
53. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.
54. Математическая обработка экспериментальных данных.
55. Механизмы изнашивания материалов.

### **Пример экзаменационного билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**«Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»**  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

Утверждаю:  
Председатель приемной комиссии, ректор  
ФГБОУ ВО «МГТУ» им. Г.И. Носова  
\_\_\_\_\_ М.В. Чукин  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

### **Экзаменационный билет № 1**

вступительного испытания  
Направление подготовки 22.06.01 – Технологии материалов  
Направленность: Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

1. Явление ползучести металлов. Жаропрочные сплавы.
2. Стали для штампов горячего деформирования.

Н. А. Феоктистов

## **ПРОГРАММА**

вступительного испытания в аспирантуру по спецдисциплине

**Направление 22.06.01 – Технологии материалов**

**Направленность Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов**

Составители:

Профессор кафедры ЛП и М, д.т.н. Копцева Н.В.

Профессор кафедры ЛП и М, д.т.н. Емелюшин А.Н.

Профессор кафедры ЛП и М, д.т.н. Сычков А.Б.