

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Г.Х. Шарипзянова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа вступительного испытания  
для поступающих на обучение  
по направлению подготовки магистратуры  
22.04.02 «Металлургия»**

Москва, 2023

## РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ПРОВЕДЕНИИ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 22.04.02 «МЕТАЛЛУРГИЯ» В 2023 ГОДУ

На вступительное испытание поступающие допускаются при наличии документа, удостоверяющего личность и гражданство (паспорта), и расписки в подаче документов.

1. Комплексные вступительные испытания проводятся **по направлению подготовки магистратуры 22.04.02 «Металлургия»:**

- программа обучения «Инновации в металлургии».

2. **Форма проведения вступительного испытания:**

2.1. Вступительные испытания в магистратуру (ВИМ) проводятся в очном формате и в режиме дистанционного (удаленного) доступа с применением системы дистанционного обучения Московского Политеха на выделенном образовательном портале (LMS, <http://online.mospolytech.ru>) (далее – портал ВИМ) в рамках онлайн-курса **«ВИМ2023\_22.04.02\_«Инновации в металлургии»**», созданного для каждой магистерской программы, по которой осуществляется прием абитуриентов. Взаимодействие между участниками ВИМ (председателем, членами комиссий и абитуриентами) с применением дистанционных технологий осуществляется по средствам видеоконференцсвязи по ссылке доступной из LMS ВИМ на базе одного из видов программного продукта Zoom, Cisco, Webex, Meet, Webinar. Конкретный вид используемого программного продукта будет указан абитуриенту приёмной комиссией.

2.2. Онлайн-курс **«ВИМ2023\_22.04.02\_«Инновации в металлургии»**, предназначенный для проведения ВИМ, содержит Программу вступительных испытаний по направлению подготовки, правила проведения ВИМ.

2.3. Регистрация на портале ВИМ и доступ к онлайн-курсу **«ВИМ2023\_22.04.02\_«Инновации в металлургии»** осуществляется из личного кабинета Абитуриента, сформированного при подаче документов в приемную комиссию Московского Политеха.

2.4. Ссылка для подключения к видеоконференции при проведении ВИМ доступна абитуриенту в онлайн-курсе **«ВИМ2023\_22.04.02\_«Инновации в металлургии»** после регистрации на портале ВИМ.

2.5. Вступительные испытания в магистратуру состоят из двух этапов:

1-й этап - письменный экзамен по экзаменационному билету;

2-й этап - устный комментарий по ответу (собеседование).

Письменные ответы на вопросы оформляются на бланке формата А4 с указанием идентификационных данных абитуриента (Фамилия И.О., номер билета, номер вопроса). Бланк заполняется вручную, разборчивым почерком, ручкой чёрного или синего цвета. Эскизы, схемы выполняются вручную, допускается применение чертёжных инструментов. Каждая страница, содержащая ответ, нумеруется и визируется абитуриентом.

По истечении времени, отведенного на выполнение письменного экзамена, абитуриент загружает свой ответ в форме скан-документа (.pdf) или фотографии (.jpg) в онлайн-курсе «ВИМ2023\_22.04.02\_«Инновации в металлургии» строго до времени, указанного экзаменационной комиссией. После указанного времени загрузка ответов будет заблокирована.

Время выполнения письменного экзамена вступительного испытания составляет – **45 минут** с момента открытия доступа к содержанию экзаменационного билета, который выбрал абитуриент.

Время проведения устного собеседования составляет – не более 20 минут.

## 2.6. Выбор абитуриентом номера билета.

В начале видеоконференции «ВИМ», после того как абитуриент предъявил документы, удостоверяющие личность и гражданство (паспорт), расписку в подаче документов (допуск на экзамен), ему на экране монитора демонстрируется таблица с условными кодами номеров экзаменационных билетов примерно такой формы:

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>

Абитуриент самостоятельно выбирает в таблице код билета и сообщает его председателю комиссии. По названному коду на принципе генерации случайных чисел студенту выпадает конкретные номера вопросов, вошедших в билет. Выбранный номер билета фиксируется в Протоколе испытаний и фиксируется за абитуриентом. Абитуриенту сообщается время открытия доступа в LMS ВИМ к содержанию экзаменационного билета, который выбрал абитуриент, и время окончания приёма письменных ответов на вопросы билета, адрес для загрузки ответов и номер телефона для обратной связи с комиссией (в случае необходимости).

Абитуриенту сообщается время повторного подключения к видеоконференции для участия во втором этапе вступительных испытаний - собеседовании по результатам письменного ответа.

2.7. На каждого абитуриента комиссия по приему вступительного испытания составляет Протокол отборочного испытания.

2.7.1. По результату вступительного испытания, поступающему выставляется оценка от нуля до 100 баллов. Минимальный положительный балл по 100-бальной системе составляет 40 баллов, ниже которого вступительное испытание считается несданным.

2.7.2. Экзаменационный билет содержит 3 контрольных задания (вопроса) по профессиональным дисциплинам профиля подготовки. Ответ на каждый вопрос экзаменационного билета выполняется письменно и оценивается в соответствии со шкалой оценивания (таблица 1). Максимальная оценка за письменный ответ на вопрос составляет 20 баллов и максимальное количество баллов за письменный этап испытаний составляет 60 баллов.

На этапе устного собеседования абитуриенту может быть выставлено максимально 40 баллов в соответствии со шкалой оценивания, представленной в таблице 2.

2.7.3. Итоговая оценка вступительного испытания определяется путем суммирования количества баллов, полученных за каждый письменный ответ на вопрос, с баллами, полученными в результате устного собеседования.

Для подготовки абитуриента к вступительным испытаниям в приложениях к настоящей программе представлены списки вопросов экзаменационных билетов. Перед началом испытаний абитуриент должен иметь список этих вопросов в бумажном или электронном виде.

Таблица 1 - Критерии выставления баллов за письменный ответ на вопрос экзаменационного билета

<b>Сумма баллов за ответ</b>	<b>Характеристика ответа</b>	<b>Критерий выставления оценки</b>
16-20	Полный	Демонстрация отличных знаний по заданному вопросу. Умение иллюстрировать теоретические положения эскизами, графиками, формулами. Широкий кругозор по обсуждаемым вопросам.
12-15	Неполный	Демонстрация твердых знаний по заданному вопросу. Наличие мелких неточностей в ответе и в иллюстративном материале.
8-11	Верный с ошибками	Неплохое знание вопроса, но с заметными ошибками.
1-7	Слабый, грубые ошибки	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками
0	Не получен	Незнание и непонимание рассматриваемого вопроса.

Таблица 2 - Критерии выставления баллов за устные ответы на вопросы экзаменационной комиссии при собеседовании

<b>Сумма баллов за ответ</b>	<b>Характеристика ответа</b>	<b>Критерий выставления оценки</b>
36-40	Полный	Демонстрация отличных знаний по заданному вопросу. Умение иллюстрировать теоретические положения эскизами, графиками, формулами. Широкий кругозор по обсуждаемым вопросам.
26-35	Неполный	Демонстрация твердых знаний по заданному вопросу. Наличие мелких неточностей в ответе и в иллюстративном материале.
15-25	Верный с ошибками	Неплохое знание вопроса, но с заметными ошибками.
1-15	Слабый, грубые ошибки	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками
0	Не получен	Незнание и непонимание рассматриваемого вопроса.

3. Вступительные испытания проводятся по расписанию приёмной комиссии университета: при очном формате ВИМ сообщается время и номер экзаменационной аудитории, при дистанционном формате ВИМ сообщается время и ссылка для подключения к видеоконференциям проведения ВИМ. Сведения о времени, месте и ссылке размещается на сайте приемной комиссии и в личном кабинете поступающего и доступны в онлайн-курсе.
4. Для участия на вступительных испытаниях рабочее место абитуриента должно быть оснащено средствами видео- и аудио трансляции (веб-камера и микрофон), позволяющие однозначно идентифицировать абитуриента и позволяющими хорошо просматривать его рабочее место. Камера и микрофон должны быть включены на протяжении всего периода проведения вступительного испытания.
5. Перед началом вступительного испытания, поступающим сообщается время и способ получения информации о полученных результатах. Результаты испытаний публикуются в конце дня испытаний.
6. В начале вступительного испытания проводится идентификация абитуриента. Абитуриент, смотря в веб-камеру, отчетливо произносит свою фамилию, имя и отчество, демонстрируя рядом с лицом в развернутом виде документ, удостоверяющий личность, на странице с фотографией.
7. В процессе проведения вступительного испытания осуществляется прокторинг (контроль за соблюдением процедуры экзамена). При проведении вступительных испытаний не допускается присутствие в помещении с абитуриентом посторонних лиц и/или общение с использованием технических средств связи, за исключением устройств, используемых для реализации дистанционного режима вступительного испытания. При нарушении процедуры вступительные испытания для абитуриента прекращаются. Результаты испытания аннулируются. Фамилия, имя, отчество поступающего и причина прекращения испытаний заносятся в протокол проведения вступительного испытания
8. В случае потери связи с абитуриентом во время проведения дистанционных испытаний на период более 15 минут испытания для данного абитуриента прекращаются. Фамилия, имя, отчество поступающего и причина прекращения испытаний заносятся в протокол проведения вступительного испытания.
9. При проведении вступительного испытания уточняющие вопросы поступающих по содержанию экзаменационных вопросов принимаются председателем экзаменационной комиссии по телефону и рассматриваются только в случае обнаружения опечатки или другой неточности какого-либо задания вступительного испытания. Председатель экзаменационной комиссии обязан отметить этот факт в протоколе проведения вступительного испытания. Экзаменационной комиссией будут проанализированы все замечания, при признании вопроса некорректным он засчитывается поступающему, как выполненный правильно.

## РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 22.04.02 «МЕТАЛЛУРГИЯ» по магистерской программе обучения «Инновации в металлургии»

Для прохождения вступительного испытания в магистратуру по направлению 22.04.02 «Металлургия», профиль «Инновации в металлургии» абитуриент должен знать основные понятия по дисциплинам профессионального цикла по профилю подготовки:

Для прохождения вступительного испытания в магистратуру по направлению 22.04.02 «Металлургия», профиль «Инновации в металлургии» абитуриент должен знать основные понятия из дисциплин профессионального цикла по профилю подготовки:

- «Материаловедение»;
- «Металловедение и термическая обработка металлов»
- «Специальные стали и сплавы»
- «Порошковая металлургия»
- «Обработка металлов давлением»
- «Современное металлургическое оборудование»

Абитуриент должен владеть профессиональной терминологией, знать принципы организации металлургического производства, структуры металлургической отрасли и её значения для народного хозяйства;

- знать теоретические основы металлургических процессов и методические основы проведения теоретических расчётов;
- знать методы расчёта и выбора металлургического оборудования;
- знать принципы организации и выполнения экспериментальных исследований применительно к процессам и системам металлургического производства;

Содержание разделов междисциплинарного экзамена по профилю «Инновации в металлургии».

### **Тема 1 Металловедение и термическая обработка металлов**

#### **1.1 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. Фазы и фазовые равновесия в металлических сплавах. Твердые растворы замещения и внедрения. Упорядоченные твердые растворы. Промежуточные фазы. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Дефекты кристаллического состояния. Точечные и линейные дефекты. Дефекты упаковки. Взаимодействие дислокаций и примесных атомов. Границы

зерен и субзерен. Малоугловые и высокоугловые границы. Зернограничные дислокации и ступеньки. Взаимодействие границ зерен с примесными атомами. Диффузия в металлах и сплавах. Законы диффузии. Самодиффузия. Механизмы диффузии.

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

Структура и свойства жидких металлов. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов, критический размер зародыша. Скорость роста кристаллических зародышей. 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. Влияние неметаллических включений на механические и физические свойства сплавов.

### **1.3 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. 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. Механизм и кинетика эвтектоидного превращения. Строение перлита. Диаграммы изотермических превращений. Термокинетические диаграммы. Закалка без полиморфного превращения. Изменение структуры и свойств при закалке. Закалка на мартенсит. Термодинамика, механизм и кинетика мартенситного превращения. Микроструктура и субструктура мартенсита. Бейнитное превращение. Механизм и кинетика бейнитного превращения. Строение бейнита. Изотермическая закалка. Старение. Влияние температуры и продолжительности старения на механические и физические свойства сплавов. Перестаривание. Отпуск. Изменение микроструктуры и фазового состава при отпуске сталей. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.

### **1.4 Термомеханическая обработка**

Структурные изменения при горячей деформации. Динамическая полигонизация и динамическая рекристаллизация. Термомеханическая обработка. Химико-термическая обработка. Элементарные процессы при химико-термической обработке: образование активных атомов диффундирующего элемента, адсорбция, диффузия. Насыщающие среды. 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.

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

Диаграммы деформации моно- и поликристаллов. Системы скольжения. Деформационное упрочнение: влияние на него температуры и скорости деформации. Упрочнение при образовании твердых растворов и при выделении избыточных фаз (когерентных и некогерентных). Влияние размера зерна на механические свойства. Сверхпластичность. 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.

### **1.6 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.

### **1.7 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.

## **Тема 2 Обработка металлов давлением**

### **2.1 Теория пластичности**

Матрица тензора напряжений (деформаций). Компоненты тензора напряжений. Варианты представления тензора деформаций. Математическая постановка краевых задач определения НДС. Уравнения статики. Геометрические уравнения. Парадоксальность теории пластичности как научной дисциплины. Условие пластичности. Методы решения задач теории пластичности. Экстремальные принципы механики при решении задач теории пластичности.

### **2.2 Теория обработки металлов давлением**

Возможные дефекты при прокатке заготовки прямоугольного сечения в полосу клиновидного сечения. Формообразование и формоизменение при ОМД. Необходимые условия и результаты процесса формообразования при сварке давлением. Поверхностная пластическая деформация металла. Необходимые условия и результаты процесса свойство изменения при ОМД. Использование метода совместного решения приближенных уравнений равновесия и уравнения пластичности при исследовании напряженно-деформированного состояния металла в процессах ОМД. Механическая схема деформации металла при осадке полосы неограниченной длины. Условие пластичности при осадке полосы неограниченной длины. Феномен теории разрушения металлов В.Л. Колмогорова. Экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния металла при ОМД. Влияние формы очага деформации на формоизменение металла в различных направлениях при прокатке. Предельные условия захвата и установившегося процесса прокатки. Мероприятия по улучшению захватывающей способности валков. Влияние технологических факторов на контактное трение при прокатке. Экспериментальное определение средних сил трения и коэффициента трения при прокатке. Теоретическое и экспериментальное определение усилия прокатки. Факторы, влияющие на среднее контактное давление и усилие прокатки. Влияние технологических факторов на момент прокатки и расход энергии. Способы расчёта и измерения крутящего момента и расхода энергии.

### **2.3 Основы оборудования прокатных цехов**

Схемы главной линии прокатного стана. Классификация и область применения прокатных клетей по количеству валков. Основные конструктивные элементы рабочего валка. Параметры, которыми характеризуется типоразмер стана. Сортамент прокатной продукции. Установки ускоренного охлаждения

толстолистого проката, их назначение и типы. Классификация прокатных станов по расположению рабочих клетей. Понятие непрерывной прокатки. Особенности прокатки полос на непрерывном стане. Классификация прокатных станов по назначению. Подшипники качения для прокатных валков и область их применения. Механизмы установки валков, их назначение и разновидности. Механизмы уравнивания верхних валков, их назначение и разновидности. Валковая арматура, ее назначение и типы валковой арматуры. Типы станин рабочих клетей, их основные конструктивные элементы. Область применения станин различного типа. Шпиндели, их назначение и типы. Назначение шестеренной клетки и конструктивное ее исполнение. Жесткость клетки и ее аналитическое и экспериментальное определение. Влияние жесткости клетки на точность размеров проката. Определение продольной разнотолщинности и способы ее уменьшения. Определение поперечной разнотолщинности и способы ее уменьшения. Способы гидромеханического регулирования прогиба валков.

## **2.4 Основы технологии процессов ОМД**

Основы технологии процесса производства канатной катанки. Основы технологии процесса производства мелкосортной стали. Основы технологии процесса производства среднесортной продукции. Основы технологии процесса производства крупного сорта. Основные схемы производства крупногабаритных листов. Назначение крупногабаритных толстых листов и требования к их качеству. Расположение оборудования в технологической системе производства толстых листов. Особенности режимов прокатки крупногабаритных листов. Мероприятия по обеспечению заданных свойств крупногабаритных листов. Требования к качеству крупногабаритных листов для сварных труб. Назначение широкополосной горячекатаной стали и основные требования к ее качеству. Технологические основы процесса производства на ШСГП. Основные способы и значение операций передачи раската от черновой группы ШСГП к чистовой. Основные способы обеспечения заданных свойств широкополосной стали в процессе горячей прокатки. Основы создания технологических систем для производства широкополосной горячекатаной стали. Назначение конструкционной холоднокатаной листовой стали и особенности требований к ее качеству. Назначение жести и особенности требований к ее качеству. Основы компоновки современных станов холодной прокатки. Варианты современных способов рекристаллизационного отжига холоднокатаной стали. Назначение и варианты дрессировки холоднокатаной листовой стали.

## **Тема 3 Порошковая металлургия**

### **Раздел 3.1 Методы получения порошков**

Значение порошковой металлургии. История развития порошковой металлургии. Основные технологические схемы производства спеченных материалов. Классификация методов получения порошков. Механические методы получения порошков. Производство порошков измельчением твердых

металлов и распылением жидких металлов и сплавов методами газового, жидкостного и центробежного распыления. Физико-химические основы процессов, оборудование, достоинства и недостатки различных методов, области использования. Методы получения аморфных и нанопорошков механическими методами. Получение металлических порошков методом восстановления оксидов металлов твердым и газообразным восстановителем. Физико-химические основы процессов. Практика получения порошков железа, вольфрама, титана. Физико-химические методы получения нанопорошков. Производство металлических порошков электролизом водных растворов и расплавленных сред. Производство порошков методом термической диссоциации карбонильных соединений. Физико-химические основы процессов, практика получения порошков. Свойства металлических порошков и методы их контроля.

### **Раздел 3.2 Формование и спекание металлических порошков**

Подготовка порошков. Закономерности процесса уплотнения порошков в стальной пресс-форме. Процессы, происходящие при прессовании. Зависимость плотности от давления прессования. Распределение плотности по объему брикета. Потери давления на трение. Упругое последствие. Прессование со смазкой. Брак при прессовании. Горячее изостатическое прессование. Инжекционное прессование. Лазерная формование. Практика прессования. Прессы и пресс-формы. Варианты формования металлических порошков: горячее, изостатическое, динамическое, импульсное, вибрационное, прокатка, шликерное литье. Особенности процессов, аппаратурное оформление. Основные закономерности процесса спекания в твердой фазе. Роль поверхностной и объемной диффузии. Усадка при спекании. Влияние технологических параметров на процесс спекания и свойства спеченных изделий. Особенности спекания многокомпонентных систем. Влияние гетеродиффузии на процесс усадки. Основные закономерности процесса спекания многокомпонентных систем в присутствии жидкой фазы, исчезающей и присутствующей до конца изотермической выдержки при нагреве. Кинетика усадки. Факторы, влияющие на плотность и зернистость сплавов. Пропитка как разновидность жидкофазного спекания. Физико-химические основы и закономерности процесса пропитки. Практика процессов спекания. Атмосфера спекания, печи спекания, брак при спекании.

### **Раздел 3.3 Спеченные материалы с особыми свойствами**

Классификация спеченных материалов. Спеченные пористые подшипники и фильтры. Основные составы. Технология получения. Физические, механические и эксплуатационные свойства. Антифрикционные и фрикционные материалы. Основные принципы работы. Структура и свойства твердых смазок. Технология изготовления, свойства, области применения и перспективы развития. Спеченные электротехнические материалы: для скользящих и разрывных электрических контактов, магниты. Особенности работы, виды

износа. Физико-химические основы и технология производства, области применения. Спеченные твердые сплавы, их классификация. Технологическая схема получения, свойства, области применения. Конструкционная керамика. Характеристика исходных материалов. Технологические варианты получения. Нанесение керамических покрытий. Свойства, области применения. Жаропрочные спеченные материалы: дисперсно-упрочненные и волокнистые. Особенности технологии, основные свойства и области применения.

### **Перечень рекомендуемой литературы:**

1. Гуляев, А. П. Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва: Альянс, 2012. — 644 с.:
2. Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной В.К., Белов Н.А., Ливанов Д.В. и др. Металловедение в 2-х т. - М.: МиСиС, 2009. - 524 с.
3. Металловедение :Учебник. В 2-х т. И.И. Новиков и др./Под ред. В.С. Золоторевского. - М.: Издательский Дом МИСиС, 2009.
4. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М., Гаврилюк В.С., Соколов В.С. и др. Материаловедение и технология металлов М.: Высшая школа. 2002. 638с.
5. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов М.: Металлургия. - 1981. 467 с.
6. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Высшая школа. 1990. 184 с.
7. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин —М.: Книга по Требованию, 2012. — 640 с.
8. Васильев В.В. Композиционные материалы: Справочник. 1990.
9. Обработка металлов давлением: учебное пособие для вузов/ Лукашкин Н.Д., Кохан Л.С.— М.: МГВМИ, 2006. — 424 с.
10. Физические основы пластической деформации: учебное пособие/ Дмитриев А.М.— М.: МГТУ "МАМИ", 2002. — 76 с.
11. Обработка давлением металлических материалов: учебное пособие для вузов/ Кохан Л.С., Коростелев А.Б., Роберов И.Г., Мочалов А.Н. — М.: МГВМИ, 2009. — 518 с.
12. Ковка и штамповка: справ.: в 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев. 2-е изд., перераб. и доп.: / под ред. Е.И. Семенова. - М. : Машиностроение, 2010. — 718 с.
13. Ковка и штамповка: справ.: в 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка. 2-е изд., перераб. и доп.: / под ред. Е.И. Семенова. - М. : Машиностроение, 2010. — 720 с.
14. Ковка и штамповка: справ.: в 4 т. Т. 3. Холодная объемная штамповка. Штамповка металлических порошков. 2-е изд., перераб. и доп.: / под ред. А.М. Дмитриева. - М. : Машиностроение, 2010. — 350 с.
15. Ковка и штамповка: справ.: в 4 т. Т. 4. Холодная объемная штамповка. Штамповка металлических порошков. 2-е изд., перераб. и доп.: / под ред. С. С. Яковлева. - М. : Машиностроение, 2010. — 732 с.

16. Листовая штамповка: учебное пособие для вузов / Феофанова А.Е. — М.: МГТУ "СТАНКИН" – 2005. — 80 с.
17. Теория прокатки: Справочник/ А.И.Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. М.: Металлургия, 1982. – 335с.
18. Проектирование современных конструкций валков прокатных станов: монография/ Кохан Л.С., Коростелев А.Б., Белелюбский Б.Ф., Шульгин А.В., Мочалов А.Н. – М.: МГВМИ, 2011. – 248 с.
19. Силовые и кинематические параметры продольной листовой прокатки: монография/ Кохан Л.С. [и др.].– М.: МГВМИ, 2012. – 432 с.
20. Обработка давлением металлов и заготовок из скомпактированных спеченных металлических порошков: монография / Кохан Л.С., Коростелев А.Б., Роберов И.Г., Мочалов А.Н. М.: МГВМИ, 2008. – 256 с.
21. Технология получения продукции из разнородных порошков прокаткой: Уч. пос. / Кохан Л.С., Шульгин А.В., Белелюбский Б.Ф. — М.: МГВМИ. – 2013. — 92 с.
22. Совершенствование теоретических методов расчета прочностных свойств электроконтактных изделий из металлов, сплавов и порошковых металлических заготовок: монография / Кохан Л.С., Алдунин А.В. Шульгин А.В. — М.: ВИНТИ – 2014. — 157 с.
23. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов: Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1987. - 480 с.

**Список экзаменационных вопросов по магистерской программе обучения «Инновации в металлургии» размещён в приложении 1.**

**Список экзаменационных вопросов по магистерской программе  
обучения «Инновации в металлургии»**

№ вопроса	Содержание вопроса
1.	Изменение энергетического состояния системы при кристаллизации. Дайте определение зародыша критического размера при кристаллизации металлов.
2.	Введение, сущность обработки металлов давлением, роль методов пластической деформации в истории цивилизации, разновидности исходного материала для обработки, ОМД и изделия.
3.	Классификация методов получения порошков.
4.	Предложите способы воздействия на процесс /условия/ кристаллизации и рассмотрите их влияние на структуру металла.
5.	Классификация процессов ОМД по различным признакам.
6.	Классификация восстановителей и защитных сред для получения порошковых материалов. Методы получения и характеристики твердых и газообразных восстановителей (защитных сред).
7.	Гетерогенное зарождение при кристаллизации.
8.	Структура деформируемых сталей, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами стали посредством пластической деформации, диаграмма пластичности, связь со способом получения заготовки и с термообработкой.
9.	Жидкие и сыпучие защитные среды и восстановители. Оборудование для восстановления и спекания материалов. Очистка и осушка газовых сред.
10.	Закономерности образования твердых растворов внедрения.
11.	Структура деформируемых цветных металлов и сплавов, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами посредством пластической деформации, пластичность и разрушение, связь со способом получения заготовки и с термообработкой.
12.	Основные операции процессов порошковой металлургии и виды воздействия на персонал производств.
13.	Особенности охлаждения в воде и водных растворах при термической обработке стали.
14.	Структура деформируемых цветных металлов и сплавов, механизмы пластической деформации, управление структурой и свойствами посредством пластической деформации, пластичность и разрушение, связь со способом получения заготовки и с термообработкой.
15.	Основные операции процессов порошковой металлургии и виды воздействия на персонал производств.
16.	Основные кристаллические решетки металлов, и каковы их

	характеристики?
17.	Деформированное состояние в точке тела, перемещения в координатных осях, главные деформации, инварианты тензора деформации, уравнение постоянства объема, скорость деформации.
18.	Предварительное измельчение сырьевых материалов в щековых, валковых, конусных дробилках и молотковых мельницах. Получение порошков резанием металлических заготовок.
19.	Влияние дислокаций на реальную прочность металлов, способы упрочнения.
20.	Условие пластичности. Феноменологические модели среды. Соотношения между напряжениями и деформациями. Закономерности контактного деформационного трения. Локальные и интегральные показатели напряженно-деформированного состояния материала.
21.	Размол материалов в шаровых (барабанных) мельницах.
22.	Дефекты кристаллического строения реальных кристаллов.
23.	Классификация типов оборудования. Прокатный стан, основное и вспомогательное механическое оборудование. Типы клетей. Компоненты систем управления и контроля в цехах ОМД.
24.	Диспергирование расплавов. Физико-химические процессы при распылении. Классификация методов диспергирования расплавов.
25.	Классификация легированных сталей по структуре после охлаждения на воздухе и по назначению. Приведите примеры типичных марок стали различных классов.
26.	Классификация типов оборудования. Прокатный стан, основное и вспомогательное механическое оборудование. Типы клетей. Компоненты систем управления и контроля в цехах ОМД.
27.	Диспергирование расплавов. Физико-химические процессы при распылении. Классификация методов диспергирования расплавов.
28.	Характерные типы диаграмм растяжения для пластичных и хрупких металлов.
29.	Силовые установки с сочетанием вращения и возвратно-поступательного движений исполнительного элемента. Деталепрокатные станы, установки непрерывного прессования, сферодвижной штамповки.
30.	Получение порошков цветных металлов восстановлением твердых химических соединений.
31.	Дайте определение порога хладноломкости и укажите методы его определения.
32.	Специальная техника. Техника обработки композитов, порошков, цветных металлов и сплавов, вакуумные системы в ОМД и среды регулируемого состава.
33.	Метод термической диссоциации карбониллов металлов.



34.	Методика определения и размерность ударной вязкости.
35.	Очаг деформации и кинематика течения металла при продольной прокатке, базовые понятия. расчёт усилия прокатки, крутящего момента и мощности, поперечная деформация.
36.	Физические свойства порошков
37.	Методика определения микротвердости. Размерность микротвердости. Особенности и назначение метода.
38.	Технологическая схема производства изделий из стали методами прокатки. Прокатные изделия. Исходные материалы и их подготовка.
39.	Химические свойства порошков. Технологические свойства порошков.
40.	Методы определения и размерность предела ползучести.
41.	Технологическая схема производства проката из цветных металлов и сплавов. Прокатные изделия. Исходные материалы и их подготовка. Использование защитных сред и капсул, прокатка в вакууме. Особенности производства продукции из тяжелых цветных сплавов, прокатка листов, полос и фольги из тугоплавких металлов, алюминиевых и медных сплавов.
42.	Классификация методов формования. Подготовка порошков к формованию.
43.	Методики определения относительного удлинения и относительного сужения, укажите размерность.
44.	Температурно-скоростные условия горячей прокатки сталей. Инструмент, основные и вспомогательные материалы.
45.	Процессы, происходящие при прессовании порошка. Зависимость плотности прессовки от давления прессования.
46.	Охарактеризуйте понятие «порог хладноломкости» и укажите способы его определения.
47.	Температурно-скоростные условия горячей прокатки цветных сплавов. Инструмент, основные и вспомогательные материалы.
48.	Боковое давление. Трение при прессовании. Давление выталкивания и упругое последствие формовок Прочность прессовок.
49.	Приведите методику определения и размерность предела упругости.
50.	Технология прокатки плоского продукта с повышенными требованиями по качеству. Многовалковые системы.
51.	Брак при компактировании порошков
52.	Приведите методику определения и размерность ударной вязкости. Как определяется порог хладноломкости?
53.	Валки для сортовой прокатки стальных полос, угловых профилей, швеллеров.
54.	Изостатическое формование порошковых материалов.
55.	Укажите методику определения и размерность предела длительной прочности.

56.	Производство бесшовных труб прокаткой. Основные параметры процессов прошивки и раскатки.
57.	Шликерное формование порошковых материалов.
58.	Укажите методику определения и размерность твердости по Виккерсу.
59.	Ковка. Исходные материалы, классификация типов изделий, операции ковки и применяемый инструмент. Температурный режим процесса и особенности деформации металлов по схеме свободной ковки. Ротационная ковка.
60.	Инжекционное формование порошковых материалов.
61.	Укажите особенности механизма и признаки хрупкого разрушения металлов.
62.	Горячая объёмная штамповка сталей. Классификация поковок. Исходные материалы. Методика проектирования штамповой оснастки.
63.	Прокатка порошков.
64.	Твердость материалов. Методы. Типы инденторов и основные методы измерения твердости.
65.	Особенности объёмной штамповки цветных металлов и сплавов. Исходные материалы. Оснастка для изотермической штамповки и деформации в режиме сверхпластичности.
66.	Вибрационное формование порошковых материалов.
67.	Влияние легирующих элементов на полиморфизм железа.
68.	Штамповка на молотах, на горизонтально-ковочных машинах, на горячештамповочных автоматах.
69.	Импульсное формование порошковых материалов.
70.	Влияние постоянных примесей /марганец, кремний, сера, фосфор/ на свойства стали.
71.	Разделительные и обрезающие операции в цехах обработки металлов давлением.
72.	Горячее прессование порошковых материалов.
73.	Приведите диаграмму железо-углерод и укажите основные фазы.
74.	Основы проектирования процессов листовой штамповки. Разделительные и формообразующие операции.
75.	Твердофазное спекание однокомпонентных систем. Стадии и движущие силы процесса.
76.	Основные превращения в железо-углеродистых сплавах при охлаждении «по диаграмме железо-углерод».
77.	Методы изготовления инструмента, применение систем быстрого прототипирования при ОМД.
78.	Свойства порошковых изделий и методы их контроля. Структура порошковых изделий.
79.	Охарактеризуйте основные неметаллические включения в сталях и

	их влияние на механические и технологические свойства.
80.	Особенности листовой штамповки цветных металлов и сплавов, листовая штамповка с местным подогревом, гидроформование, высокоэнергетические методы обработки.
81.	Порошковые изделия. Термомеханическая обработка. Дисперсионно-упрочняющая термическая обработка. Защита от коррозии. Механическая обработка.
82.	Влияние графита на свойства чугунов? Как можно изменить структуру металлической основы чугунов?
83.	Схема процесса прессования, классификация классических способов прессования по кинематике течения металла. Очаг деформации при прессовании, напряженно- деформированное состояние материала при прессовании.
84.	Твердофазное спекание многокомпонентных систем.
85.	Охарактеризуйте влияние легирующих элементов на свойства феррита.
86.	Сортамент, основы технологии прессования изделий из тяжелых цветных и тугоплавких металлов. Производство труб и сложных полых профилей из алюминиевых сплавов. Возможности непрерывных и полунепрерывных процессов прессования металлов, сплавов и шликеров.
87.	Процессы, происходящие при прессовании порошка. Зависимость плотности прессовки от давления прессования.
88.	Влияние легирующих элементов на критические точки /полиморфизм/ железа.
89.	Особенности технологии производства пресс-изделий из конструкционных, инструментальных сталей, стальных порошков и гранул. Технология изготовления матриц с защитными покрытиями.
90.	Физические свойства порошковых изделий.