

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)

**Программа вступительных испытаний в аспирантуру по направлению
22.06.01 – Технологии материалов**

стр. 1 из 21

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

А.В. Германско

« 06 » 2020 г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по направлению подготовки
22.06.01 – Технологии материалов

Екатеринбург

2020

	Содержание	Стр.
1. Назначение и область применения		3
2. Содержание программы		3
3. Вопросы для вступительного испытания		9
4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру		15
5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)		16
6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы		21
Лист согласования		21

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по специальной дисциплине по направлению подготовки кадров высшей квалификации 22.06.01 «Технологии материалов».

Программа предназначена для лиц, готовящихся поступить в аспирантуру по следующим образовательным траекториям (специальностям):

05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов;

05.16.02 – Metallургия черных и цветных металлов;

05.16.04 – Литейное производство;

05.16.05 – Обработка металлов давлением;

05.16.07 – Metallургия техногенных и вторичных ресурсов;

05.16.09 – Материаловедение.

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к получению послевузовского профессионального образования (аспирантура) по основной профессиональной образовательной программе, утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 г. № 888, выполнять профессиональные задачи в сфере научно-исследовательской и преподавательской деятельности.

Форма проведения вступительного испытания

Экзамен принимается устный, письменный или смешанный, проводится в очной или дистантной форме.

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации сформулированы управлением подготовки научно-педагогических кадров УрФУ.

2. Содержание программы

Строение металлов. Понятие об аморфном и кристаллическом веществе. Кристаллическое строение металлов. Элементарные ячейки и пространственные решетки металлов. Кристаллизация металлов. Образования центров кристаллизации и рост кристаллов. Законы диффузии. Механизмы диффузии. Аллотропические превращения в металлах при нагреве и охлаждении. Классификация металлов. Свойства металлов. Сплавы. Твердые растворы замещения, внедрения. Сверхструктуры. Физические свойства металлов. Химические свойства. Механические свойства металлов. Технологические свойства. Коррозия металлов. Методы испытания металлов. Прочность металлов. Испытание на прочность и построение диаграммы растяжения. Пластичность металлов. Упругость. Ударная вязкость металлов. Испытание на ударную вязкость. Твердость металлов. Методы испытания металлов на твердость по Бринеллю, Роквеллу. Усталостная прочность. Испытание на усталостную прочность. Технологические пробы. Методы выявления внутренних дефектов без разрушения деталей.

Производство металлургического кокса. Его функции в доменной печи. Сущность процесса производства железорудных окатышей. Физико-химические процессы при агломерации руд и концентратов. Тепло- и массообмен в слое. Закономерности теплообмена в слое агломерационной шихты. Применение решения Шумана к расчету температур в слое. Тепло - и массообмен при обжиге железорудных окатышей. Основное дифференциальное уравнение тепло - и массообмена в процессе сушки окатышей. Дифференциальное уравнение массообменных процессов при обжиге окатышей. Восстановительный обжиг окатышей с целью металлизации. Энергоэффективные и ресурсосберегающие режимы спекания

агломерата и обжига окатышей. Процессы восстановления в доменной печи и критерии их оценки. Распределение материалов по радиусу и окружности колошника. Теплообмен в доменной печи. Изменение температуры шихты и газов по высоте и радиусу доменной. Термодинамика и кинетика восстановления оксидов железа в доменной печи. Движение шихты и газов в доменной печи. Образование чугуна и шлака в доменной печи. Современная технология доменной плавки. Загрузочные устройства доменной печи. Устройство для выпуска чугуна и шлака из доменных печей. Десульфурация чугуна в горне доменной печи и во время выпуска.

Тепло- и массообмен и гидродинамика в доменных печах. Физическая природа структуры сухого и орошаемого слоя, Особенности сопротивления орошаемого слоя, Пределы орошения, явления захлебывания и критерии Шервуда-Жаворонкова. Свойства реальных рудных расплавов в процессе их восстановления на коксовой насадке. Теплотехнические основы автоматизации доменного процесса. Три способа составления общего теплового баланса. Отражение двухстадийной теории в методике составления тепловых балансов, анализ отдельных статей общего теплового баланса. Выражение каждой статьи через непрерывную информацию о ходе печей. Новые взгляды на оценку теплового состояния доменной печи, основанные на особенностях теплообменных, гидродинамических и восстановительных процессов в доменной печи. Основные принципы управления тепловым состоянием верха доменной печи. Закономерности инъекции топлив и анализ воздействий на тепловое состояние доменной печи. Условия инъекции топлив. Расчет эквивалентов замещения по условиями инъекции. Лимитирующие условия. Максимальная замена кокса. Перспектива инъекции топлив. Качественный анализ воздействие на тепловое состояние верха и низа доменной печи.

Современная технология производства слитка. Химический состав, строение и свойства жидких шлаков сталеплавильного производства. Окисление железа при выплавке стали. Окисление углерода при выплавке стали. Роль реакций окисления углерода. Азот в стали. Способы снижения содержания азота в стали. Окисление и восстановление фосфора в сталеплавильных процессах. Удаление серы в сталеплавильных процессах. Устройство кислородного конвертера. Футеровка конвертера. Конвертерные процессы с комбинированной продувкой. Устройство современной дуговой сталеплавильной печи. Обработка стали в агрегате «печь-ковш». Вакуумная обработка стали в ковше. Современная теория кристаллизации стали. Кристаллическое строение непрерывнолитых заготовок. Сущность способа непрерывной разливки стали, его преимущества перед разливкой стали в изложницы.

Тепло- и массообмен в плавильной ванне. Плавление в жидкой ванне. Механизм процесса плавления с учетом массообменных процессов (науглероживание, расплавление ферросплавов). Тепло - и массообмен в барботирующей сталеплавильной ванне. Расчетные зависимости переноса тепла и массы при барботировании. Тепло-и массообмен при непрерывной разливке стали. Теплотехнические основы автоматизации сталеплавильных агрегатов. Теплотехнические особенности автоматизации конверторного производства. Схема автоматизации и контроля кислородно-конверторного процесса. Автоматизации и контроль режимов работы машин непрерывной разливки стали.

Процессы сложного теплообмена в металлургических печах. Методы и анализ процессов сложного теплообмена. Одномерная схема, дифференциальное уравнение и его решения. Зональный метод расчета. Способы определения угловых разрешающих коэффициентов излучения. Усовершенствование зональных методов расчета. Учет спектральных характеристик участвующих в теплообмене сред. Определение локальных характеристик теплообмена. Учет конвективной составляющей. Анализ продольных лучистых

потоков. Математические зональные модели плавильных и нагревательных печей.

Тепло- и массообмен в факеле. Определение основных характеристик факела. Длина факела, радиационные характеристики, положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки, скоростные и другие аэродинамические характеристики факела. Современные представления о влиянии основных характеристик факела на процессы теплообмена. Особенности прямого и косвенного режима теплообмена. Взаимное действие лучистой и конвективной составляющих теплообмена. Оптимизация процессов теплообмена в плавильных и нагревательных печах.

Методы моделирования тепло- и массообменных металлургических процессов. Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в доменных, сталеплавильных и нагревательных печах. Методы их реализации. Теоретические основы физического моделирования тепло-и массообменных процессов в металлургических печах. Конструирование и расчет моделей. Методика моделирования процессов движения газовой среды и теплообмена. Комплексные исследования печей. Выбор направления и планирование экспериментального исследования. Обработка и анализ результатов исследования. Структура теплового баланса плавильных и нагревательной печи в металлургии. Основные показатели тепловой работы печей в металлургии и их анализ. Анализ теплового баланса нагревательной печи. Обратный тепловой баланс. Типичные закономерности нагрева холодных и горячих слитков и заготовок. Оптимизация режимов нагрева по разным целям: максимума производительности, минимума угара и расхода топлива. Использование информационных технологий в управлении тепловым режимом нагревательных печей.

Модели строения жидких металлов. Свойства жидких расплавов. Предплавление и плавление металлов. Температуры плавления, солидус и ликвидус. Изменение свойств металлов при нагреве, плавлении и перегреве. Термодинамические основы кристаллизации, переохлаждение. Гомогенная кристаллизация. Гетерогенная кристаллизация. Предкристаллизационное состояние расплава. Взаимодействие металлов с кислородом. Влияние природы металла на характер окисления. Раскисление металлов. Взаимодействие с водородом, азотом и сложными газами. Механизм растворения газов в металле. Защита расплавов от газонасыщения. Неметаллические включения, их природа, влияние на структуру и свойства отливок. Рафинирование металлов от газов. Рафинирование металлов от неметаллических включений. Рафинирование металлов от растворимых примесей.

Современное состояние металлургии тяжелых цветных металлов (конкретизация) России и за рубежом.

Теоретические основы автогенных способов плавки концентратов. Принципы реализации схем безотвальной технологии на заводах цветной металлургии Урала. Основные направления интенсификации огневого и электролитического рафинирования. Особенности производства никеля из окисленных и сульфидных никелевых и медно-никелевых руд в России и за рубежом. Особенности обеднения шлаков автогенных процессов и конвертерных шлаков. Получение элементарной серы из отходящих газов процессов.

Способы переработки свинцовых шлаков текущей выдачи из шлаковых отвалов прошлых лет. Современные непрерывные процессы рафинирования чернового свинца. Анализ схем извлечения цинка из сульфидных концентратов без предварительного обжига. Гидрометаллургические схемы переработки коллективных сульфидных концентратов и промпродуктов. Теоретические основы и технология электрохимического растворения огарков, концентратов, вторсырья. Принципы комплексной переработки цинксодержащих редкометалльных пылей. Теоретические основы, особенности и практика осуществления ярозит-, гетит-, гематит-процессов.

Принципы бескоксовой металлургии в производстве меди, никеля, свинца; источники и схемы использования ВЭП, возможности автоклавной гидрометаллургии. Возможности сорбционно-экстракционной, мембранной технологии для количественного разделения металлов, глубокой очистки растворов.

Получение магния: получение искусственного карналлита, обезвоживание во вращающихся печах, печах «кипящего слоя», хлораторах. Состав и физико-химические свойства электролитов. Кинетика электродных процессов. Гидродинамика электролита. Катодный выход по току. Конструкции электролизеров. Технология обслуживания. Показатели электролиза. Рафинирование магния-сырца переплавкой с флюсами. Магниево-сплавы. Термические методы получения магния. Переработка лома магниевых сплавов.

Получение алюминия. Строение алюминатных растворов. Переработка бокситов способом Байера. Получение глинозема способом спекания. Комбинированные способы. Комплексное использование глиноземсодержащего сырья. Теория электролиза криолито-глиноземных расплавов. Свойства и строение электролитов. Механизм катодного и анодного процессов, потенциалопределяющие реакции. Состав анодных газов, связь с катодным выходом по току. Анодный эффект. Поведение примесей и добавок в электролите. Конструкции электролизеров и сравнение их технических данных. Новые направления в конструировании электролизеров. Автоматическое регулирование алюминиевых электролизеров. Электролитическое рафинирование алюминия. трехслойным методом. Электротермическое получение сплавов алюминия и кремния. Металлургия вторичного алюминия.

Получение титана. Основные месторождения титановых руд. Получение искусственного рутила из ильменитовых концентратов. Основы современной технологии производства четыреххлористого титана. Общий обзор способов получения титана с учетом особенностей свойств этого металла. Магнетермический способ производства титана из хлоридов. Варианты натриетермического восстановления четыреххлористого титана. Сопоставление магнетермического и натриетермического процессов. Электролитический способ получения циркония. Электролитическое рафинирование титана. Основы иодидного способа рафинирования титана.

Причины образования газовой пористости в отливках. Дефекты, обусловленные плохой жидкотекучестью. Наследственность металлов, ее влияние на свойства отливок, методы устранения наследственности. Модифицирование расплавов, виды модификаторов. Термовременная обработка расплавов. Структурные зоны, образующиеся в отливках. Факторы, влияющие на величину структурных зон в отливках. Методы исследования затвердевания отливок. Методы инженерных расчетов затвердевания отливок. Влияние конфигурации отливок на длительность их затвердевания. Ликвация отливок. Связь ликвации с характером затвердевания отливки. Способы уменьшения химической неоднородности отливок. Физическая природа усадочных явлений в отливках. Объемная усадочная раковина и усадочная пористость. Предусадочное расширение, фазовое расширения. Связь усадки с химическим составом сплава и положением его на диаграмме состояния. Линейная и литейная усадка сплава. Факторы, влияющие на величину линейной и литейной усадки и методы их определения. Напряжения в отливках, виды напряжений. Факторы, влияющие на напряженное состояние отливки. Временные и остаточные напряжения, Меры их уменьшения. Горячие трещины и коробление отливок. Меры предотвращения образования трещин в отливках.

Теория пластичности. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений, девиатор тензора напряжений и его инварианты. Тензор скорости деформации и его свойства. Уравнение неразрывности. Теория течения в приращениях перемещений. Физические уравнения связи напряжений с приращениями

деформаций (скоростями деформаций). Различные модели деформируемых тел. Условие пластичности. Дифференциальное уравнение теплового баланса. Основное энергетическое уравнение. Система дифференциальных уравнений теории пластичности и её упрощения: плоское деформированное состояние, плоское напряженное состояние, осесимметричная деформация.

Методы решения задач обработки металлов давлением: совместного решения дифференциальных уравнений равновесия с условием пластичности; энергетические, метод конечных-элементов.

Физическая природа трения. Виды и законы трения. Зависимость сил трения от температуры, степени и скорости деформирования, давления, физико-химических свойств контактирующих поверхностей и др. факторов. Методы экспериментального изучения трения. Процессы ОМД с активным действием контактных сил трения. Смазки, их назначение и основные требования к ним.

Сопротивление металла пластической деформации. Обобщенная кривая истинных напряжений при холодном растяжении и сжатии. Факторы, определяющие сопротивление деформации. Методы определения сопротивления деформации. Определение сопротивления деформации с учетом температуры, скорости деформации и предыстории деформирования.

Теория и технологии продольной прокатки. Очаг деформации и его параметры. Кинематика очага деформации. Захват металла в гладких валках в двух- и многовалковых калибрах. Контактные напряжения и факторы, их определяющие. Влияние упругого сжатия валков и прокатываемой полосы на параметры очага деформации. Особенности распределения деформаций при прокатке в простых и сложных калибрах. Уширение при прокатке и факторы, его определяющие. Физическая сущность процесса непрерывной прокатки и его основные закономерности. Расход энергии и мощность при прокатке. Технологические схемы производства проката (сортового, листового, специальных видов проката).

Теория и технологии прокатки труб. Прошивка заготовок на станах винтовой прокатки. Процессы винтовой прокатки: схема процессов, их кинематика, элементы конструкций станов. Калибровка инструмента. Расчет обжатий, силовые условия прокатки. Горячая прокатка полых заготовок. Прокатка на автомат-станах, раскатных, непрерывных, редуционных, и пилигримовых станах. Схемы процессов, их кинематика. Расчет суммарных обжатий в мгновенном очаге деформации. Факторы, лимитирующие величины обжатий при различных способах прокатки. Холодная прокатка труб. Основные разновидности процессов: прокатка на станах ХПТ, ХПТР, поперечная прокатка, их схемы, элементы конструкций оборудования. Обжатия в мгновенном очаге. Конструкции инструмента и его калибровка. Силовые условия прокатки. Принципы выбора режимов прокатки труб из стали, тяжелых цветных металлов, титановых и алюминиевых сплавов. Технологические схемы производства труб (горячекатаных, холоднокатаных).

Теория и технологии волочения. Способы волочения. Напряженно-деформированное состояние в процессах волочения круглого профиля. Влияние основных параметров процесса на напряжение волочения. Особенности волочения сплошных некруглых профилей и труб. Контактное трение и смазка при волочении. Гидростатический и гидродинамический подводы смазки. Особенности и виды применяемых смазок. Аналитические методы определения напряжений волочения в монолитных. Принципы проектирования переходов волочения. Волочильный инструмент, его проектирование. Технологические схемы производства сплошных профилей и труб методами волочения. Типы станов, применяемые при одно- и многократном волочении.

Теория и технологии прессования. Виды процесса прессования. Течение металла и напряженно-деформированное состояние при прессовании круглого прутка, профилей, труб. Прессовая прошивка, ее применимость для различных металлов. Влияние условий прессования и геометрии инструмента на характер истечения металла. Силовые условия прямого и обратного прессования с монолитной и роликовой матрицей. Аналитические и экспериментальные методы определения усилия прессования и нагрузок на прессовый инструмент. Прессовый инструмент, условия работы и основы прочностных расчетов и проектирования инструмента, материал для его изготовления. Выбор температурных интервалов прессования, скоростей истечения, определение оптимальных размеров заготовки.

Теория и технологии своднойковки и объемнойштамповки. Геометрические параметры очага деформаций для различных процессовковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при протяжке, осадке, прошивке, разгоне и др. процессах. Напряжения и деформации при ковке плоскими, комбинированными, вырезными бойками. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и застой на поверхности контакта. Влияние зон затрудненной деформации на равномерность деформации при осадке цилиндра. Среднее контактное напряжение и усилие при осадке. Расчет формоизменения при осадке и кузнечной протяжке. Принципы разработки технологииковки. Особенность процессаковки малопластичных сплавов.

Классификация видов термической обработки металлов и сплавов. Фазовые превращения при нагреве стали. Структурная наследственность. Фазовые превращения при непрерывном охлаждении в стали, термикинетические диаграммы. Превращения при изотермической обработке стали: диффузионное, промежуточное, мартенситное. Механизм и кинетика перлитного превращения. Механизм и кинетика бейнитного превращения. Механизм и кинетика мартенситного превращения. Отжиг I-рода, его виды, протекающие превращения. Отжиг II-го рода, виды, особенности превращений. Закалка с полиморфным превращением, характерные особенности. Изменение структуры и свойств при отпуске стали. Закалка без полиморфного превращения. Старение металлов и сплавов. Термомеханическая обработка. Химико-термическая обработка. Цементация стали. Азотирование.

Классификация сплавов на основе железа. Структура и свойства серых чугунов. Специальные стали и их классификация. Улучшаемые машиностроительные стали. Пружинно-рессорные стали. Быстрорежущие стали. Стали для штампов горячего деформирования. Стали повышенной износостойкости для штампов холодного деформирования. Коррозионностойкие сплавы. Явление ползучести металлов. Жаропрочные сплавы.

Цветные металлы и сплавы. Алюминий и его сплавы. Медь и ее сплавы. Титан и его сплавы, Никель и его сплавы. Композиционные материалы.

3. Вопросы для вступительного испытания

- Производство металлургического кокса. Его функции в доменной печи
- Процессы восстановления в доменной печи и критерии их оценки.
- Сущность процесса производства железорудных окатышей.
- Теплообмен в доменной печи.
- Движение шихты и газов в доменной печи.
- Распределение материалов по радиусу и окружности колошника.

- Изменение температуры шихты и газов по высоте и радиусу доменной.
- Образование чугуна и шлака в доменной печи.
- Воздухонагреватели доменной печи с горелкой в куполе.
- Загрузочные устройства доменной печи.
- Удаление серы при агломерации
- Устройство для выпуска чугуна и шлака из доменных печей.
- Десульфурация чугуна в горне доменной печи и во время выпуска.
- Термодинамика и кинетика восстановления оксидов железа в доменной печи..
- Химический состав, строение и свойства жидких шлаков сталеплавильного производства.
- Устройство кислородного конвертера. Футеровка конвертера.
- Обработка стали в агрегате «печь-ковш».
- Окисление железа при выплавке стали.
- Устройство современной дуговой сталеплавильной печи.
- Вакуумная обработка стали в ковше.
- Окисление углерода при выплавке стали. Роль реакций окисления углерода.
- Азот в стали. Способы снижения содержания азота в стали.
- Сущность способа непрерывной разливки стали, его преимущества перед разливкой стали в изложницы.
- Окисление и восстановление фосфора в сталеплавильных процессах. Удаление серы в сталеплавильных процессах.
- Конвертерные процессы с комбинированной продувкой.
- Кристаллическое строение непрерывнолитых заготовок. Современная теория кристаллизации стали.
- Закономерности теплообмена в слое агломерационной шихты.
- Применение решения Шумана к расчету температур в слое.
- Тепло - и массообмен при обжиге железорудных окатышей.
- Основное дифференциальное уравнение тепло - и массообмена в процессе сушки окатышей.
- Дифференциальное уравнение массообменных процессов при обжиге окатышей.
- Восстановительный обжиг окатышей с целью металлизации.
- Энергоэффективные и ресурсосберегающие режимы спекания агломерата и обжига окатышей.
- Свойства реальных рудных расплавов в процессе их восстановления на коксовой насадке в доменной печи.
- Физическая природа структуры сухого и орошаемого слоя в доменной печи
- Особенности сопротивления орошаемого слоя, пределы орошения, явления захлебывания и критерии Шервуда-Жаворонкова.
- Закономерности теплообмена в современной доменной плавке.
- Три способа составления общего теплового баланса доменной плавки.
- Отражение двухстадийной теории в методике составления тепловых балансов, анализ отдельных статей общего теплового баланса доменной плавки.
- Выражение каждой статьи теплового баланса через непрерывную информацию о ходе доменной печи.
- Новые взгляды на оценку теплового состояния доменной печи, основанные на

особенностях теплообменных, гидродинамических и восстановительных процессов в доменной печи. Теплотехнические основы автоматизации доменного процесса.

- Основные принципы управления тепловым состоянием доменной печи.
- Закономерности инжекции топлив и анализ воздействий на тепловое состояние доменной печи. Условия инжекции топлив. Расчет эквивалентов замещения по условиями инжекции. Лимитирующие условие. Качественный анализ воздействие на тепловое состояние верха и низа доменной печи.
- Тепло- и массообмен в плавильной ванне. Механизм процесса плавления с учетом массообменных процессов (науглероживание, расплавление ферросплавов).
- Тепло - и массообмен в барботирующей сталеплавильной ванне. Расчетные зависимости переноса тепла и массы при барботировании.
- Тепло-и массообмен при непрерывной разливки стали.
- Теплотехнические особенности автоматизации конверторного производства.
- Методы и анализ процессов сложного теплообмена. Одномерная схема, дифференциальное уравнение и его решения.
- Зональный метод расчета. Способы определения угловых разрешающих коэффициентов излучения.
- Усовершенствование зональных методов расчета. Учет спектральных характеристик участвующих в теплообмене сред. Определение локальных характеристик теплообмена.
- Учет конвективной составляющей. Анализ продольных лучистых потоков.
- Математические зональные модели плавильных и нагревательных печей.
- Определение основных характеристик факела. Длина факела, радиационные характеристики, положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки, аэродинамические характеристики факела.
- Современные представления о влиянии основных характеристик факела на процессы теплообмена. Длина факела, светимость, учет спектральных характеристик факела, кладки и металла. Положение факела относительно тепловоспринимающей поверхности и кладки.
- Особенности прямого и косвенного режима теплообмена в плавильных и нагревательных печах.
- Взаимное действие лучистой и конвективной составляющих теплообмена. Оптимизация процессов теплообмена в плавильных и нагревательных печах.
- Теоретические основы физического моделирования тепло-и массообменных процессов в металлургических печах.
- Методика моделирования процессов движения газовой среды и теплообмена в металлургических печах.
- Планирование экспериментального исследования процессов тепло-и массообмена в металлургических печах. Обработка и анализ результатов исследования.
- Структура теплового баланса плавильных и нагревательной печи в металлургии.
- Основные показатели тепловой работы печей в металлургии и их анализ.
- Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в доменных печах.
- Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в сталеплавильных печах.

- Существующие математические модели тепло- и массообменных процессов в нагревательных печах.
- Оптимизация режимов нагрева по разным целям: максимума производительности, минимума угара и расходу топлива.
- Особенности применения информационно-моделирующих системы для управления технологическими процессами в металлургии (по переделам).
- Современное состояние металлургии тяжелых цветных металлов (конкретизация) России и за рубежом.
- Теоретические основы автогенных способов плавки сульфидных концентратов.
- Принципы реализации схем безотвальной технологии на заводах цветной металлургии Урала.
- Основные направления интенсификации огневого и электролитического рафинирования меди.
- Особенности производства никеля из окисленных и сульфидных никелевых и медно-никелевых руд в России и за рубежом.
- Особенности обеднения шлаков автогенных процессов и конвертерных шлаков. Получение элементарной серы из отходящих газов.
- Способы переработки свинцовых шлаков текущей выдачи из шлаковых отвалов прошлых лет.
- Современные непрерывные процессы рафинирования черного свинца.
- Анализ схем извлечения цинка из сульфидных концентратов без предварительного обжига.
- Гидрометаллургические схемы переработки коллективных сульфидных концентратов и промпродуктов.
- Теоретические основы и технология электрохимического растворения огарков, концентратов, вторсырья.
- Принципы комплексной переработки цинксодержащих редкометалльных пылей.
- Теоретические основы, особенности и практика осуществления ярозит-, гетит-, гематит-процессов.
- Свойства и применение сплавов магния.
- Способы получения сплавов магния.
- Электролитическое приготовление лигатур.
- Получение синтетического карналлита.
- Способы получения магния.
- Требования к сырью электролиза.
- Конструкции магниевых электролизеров
- Алюминиевые минералы и руды.
- Модификации Al_2O_3 .
- Способы получения, свойства и применение давсонита, псевдобемита, активной окиси алюминия.
- Сущность способа Байера.
- Способ Байера. Поведение примесей.
- Способ спекания. Реакции основные.
- Кислотные способы, достоинства и недостатки.
- Строение алюминатных растворов.

- Способ Байер-спекание.
- Особенности выщелачивания бокситов Среднего Тиммана.
- Сырьевая база глиноземного производства в России.
- Основные технологические схемы глиноземного производства.
- Строение щелочно-алюминатных растворов.
- Основы электрометаллургии алюминия.
- Механизм электродных процессов при электролизе к.г.р.
- Конструкции алюминиевых электролизеров.
- Технологические нарушения и их устранение.
- Низкотемпературный электролиз. Состояние, перспективы и развитие.
- Свойства и применение титана.
- Технология получения $TiCl_4$.
- Технология получения губчатого титана.
- Натриетермический способ получения титана.
- Сравнение магниетермического и натриетермического способов получения титана.
- Основные месторождения титановых руд.
- Подготовка шихты для хлорирования.
- Электролитические способы получения титана.
- Технология приготовления изделий из титана.
- тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений;
- инвариантные характеристики напряженного состояния;
- тензор скорости деформации и его свойства. Уравнение неразрывности;
- инвариантные характеристики деформированного состояния;
- система дифференциальных уравнений теории пластичности и её упрощения;
- виды и законы трения в процессах ОМД;
- смазки, их назначение и основные требования к ним;
- обобщенная кривая упрочнения при холодной деформации;
- методы определения сопротивления металла холодной деформации;
- определение сопротивления деформации с учетом температуры, скорости деформации и предыстории деформирования;
- очаг деформации при продольной прокатке. Кинематика течения металла в очаге деформации;
- захват металла в гладких валках в двух- и многовалковых калибрах;
- контактные напряжения при продольной прокатке и факторы, их определяющие;
- особенности распределения деформаций при прокатке в простых и сложных калибрах;
- уширение при прокатке и факторы, его определяющие;
- физическая сущность процесса непрерывной прокатки и его основные закономерности;
- технологические схемы производства сортового проката (крупносортного, среднесортного, мелкосортного, катанки);
- технологические схемы производства листового проката (толстолистого, тонколистового горячекатаного, тонколистового холоднокатаного);

- процессы винтовой прокатки: схема процессов, их кинематика, элементы конструкций станов;
- расчет обжатий, силовые условия винтовой прокатки;
- прокатка на автомат-станах, схема процесса, его кинематика;
- прокатка на непрерывных станах, схема процесса, его кинематика;
- основные разновидности процессов холодной прокатки труб: прокатка на станах ХПТ, ХПТР. Элементы конструкций оборудования;
- технологические схемы производства горячекатаных труб;
- технологические схемы производства холоднокатаных труб;
- способы волочения труб (здесь про трубы только?);
- особенности волочения сплошных некруглых профилей и труб;
- принципы проектирования маршрутов волочения;
- технологические схемы производства сплошных профилей методами волочения;
- технологический схемы производства труб методами волочения;
- виды процесса прессования;
- течение металла и напряженно-деформированное состояние при прессовании круглого прутка, профилей, труб;
- силовые условия прямого и обратного прессования;
- прессовый инструмент, условия его работы и основы прочностных расчетов и проектирования;
- геометрические параметры очага деформаций при осадке и протяжке, их влияние на распределение напряжений и деформаций;
- особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом;
- среднее контактное напряжение и усилие при осадке;
- принципы разработки технологииковки;
- принципы разработки технологии горячей объемной штамповки.
- Строение металлов и сплавов. Фазы в сплавах.
- Точечные, линейные и поверхностные дефекты кристаллического строения металлов. Взаимодействие дислокаций.
- Возврат, полигонизация и рекристаллизация.
- Кристаллизация сплавов. Механизм и кинетика.
- Строение металлического слитка. Модифицирование структуры литых сплавов.
- Границы зерен и субзерен.
- Эвтектическая кристаллизация. Строение эвтектических колоний
- Законы диффузии. Механизмы диффузии.
- Механизм упрочнения сталей при пластической деформации.
- Текстура в металлах.
- Методы исследования механических и физических свойств.
- Механические свойства при статических нагрузках
- Механические свойства при динамических нагрузках
- Хрупкое и вязкое разрушение.
- Влияние углерода и примесей на свойства стали.
- Структура и свойства серых чугунов.
- Старение металлов и сплавов.

- Механизм и кинетика перлитного превращения в стали.
- Фазовые превращения при нагреве стали. Структурная наследственность.
- Современные методы исследования и контроля структуры металлов.
- Твердые растворы замещения, внедрения. Сверхструктуры.
- Влияние неметаллических включений на механические свойства сплавов
- Сдвиговое и нормальное превращения. Механизм и кинетика.
- Способы заливки литейных форм.
- Гомогенная и гетерогенная кристаллизация.
- Закономерности истечения металла из стопорного и поворотного ковшей.
- Наследственность металлов, ее влияние на свойства отливок, методы устранения наследственности.
- Изменение свойств металлов при нагреве, плавлении и перегреве.
- Литниковые системы, их назначение и типы.
- Модифицирование расплавов, виды модификаторов,
- Влияние природы металла на характер окисления.
- Улавливание шлака в литниковых системах.
- Ликвация в сплавах.
- Взаимодействие металлов с водородом, азотом и сложными газами.
- Объемная усадочная раковина и усадочная пористость,
- Причины образования газовой пористости в отливках.
- Жидкотекучесть расплавов, виды жидкотекучести и факторы, влияющие на нее.
- Линейная и литейная усадка сплава.
- Неметаллические включения, их природа, влияние на структуру и свойства отливок.
- Заполняемость форм, влияние материала формы и свойств расплава на заполняемость.
- Факторы, влияющие на напряженное состояние отливки.
- Механизм растворения газов в металле.
- Дефекты, обусловленные плохой жидкотекучестью.
- Меры предотвращения образования трещин в отливках.
- Схема диаграммы фазовых превращений эвтектоидных структур при нагреве с различными скоростями, на примере стали с 0,8% содержания углерода.
- Схема диаграммы фазовых превращений доэвтектоидных структур при нагреве с различными скоростями, на примере стали с 0,45% содержания углерода
- Схема диаграммы фазовых превращений заэвтектоидных структур при нагреве с различными скоростями, на примере стали с 1,3% содержания углерода.
- Диффузионные превращения, на примере распада переохлажденного аустенита эвтектоидной стали.
- Изотермические диаграммы распада переохлажденного аустенита по диффузионному механизму в сталях. Перлит, сорбит, троостит охлаждения.
- Мартенситное превращение в сплавах железо-углерод. Морфология, кинетика. Остаточный аустенит.
- Поведение углерода при протекании мартенситного превращения в сталях. Пересыщенные твердые растворы по углероду.
- Влияние легирующих элементов на протекание мартенситного превращения в сталях.
- Влияние деформирования аустенита на мартенситное превращение металлов.

- Влияние скорости охлаждения на механические свойства сталей.
- Основные закономерности распада пересыщенных твердых растворов при старении.
- Формирование структуры сплавов при старении.
- Трансформация механических свойств в процессе старения твердых растворов.
- Влияние температуры на процессы старения пересыщенных твердых растворов.
- Естественное и искусственное старение.
- Основные типы сплавов, при упрочнении которых используется дисперсионное твердение.
- Закалочные среды при термической обработке металлов.
- Основные группы химических элементов, формирующих химический состав сплавов черных металлов.
- Основные и дополнительные легирующие элементы сталей.
- Классификация сплавов железо-углерод на основе их применения и изменения содержания углерода.
- Классификация сплавов черных металлов на основе их применения и легирования дополнительными легирующими элементами.
- Отжиг I-рода.
- Отжиг II-рода.
- Закалка без полиморфного превращения.
- Закалка с полиморфным превращением.
- Процессы, протекающие при старении сплавов.
- Отпуск сталей.
- Цветные металлы и их сплавы.
- Особенности маркировки цветных металлов.
- Медь и ее сплавы. Особенности маркировки и использования.
- Алюминий и его сплавы. Особенности маркировки и использования.
- Никель и его сплавы.
- Маркировка специальных сплавов (нержавеющие, прецизионные и т.д.)

4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов»

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	1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы.

	4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
Хорошо	1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
Удовлетворительно	1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
Неудовлетворительно	1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

5. Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Металлургия чугуна / Под. ред. Ю.С. Юсфина. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 774 с.
2. Современный доменный процесс. Введение. М. Геердес, Р. Ченьо. И. Курунов. О. Лингарди. Д. Риккетс. М.: Metallurgizdat, 2016. 280 с.
3. Основы теории и технологии доменной плавки / А.Н. Дмитриев, Н.С. Шумаков, Л.И. Леонтьев, О.П. Онорин. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 545 с.
4. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Каплун Л.И. Теоретические основы технологий окускования металлургического сырья. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 417 с.
5. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. М.: Мир. 2003, 528 с.
6. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Магнитогорск. МГУ, 2000. 544 с.
7. Николаев И.В., Москвитин В.И., Фомин Б.А. Металлургия легких металлов. М.: Металлургия, 1997. 432 с.
8. Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В. и др. Теплотехника металлургического производства. Т. 1. Теоретические основы. М.: МИСИС, 2002. 608 с.
9. Кривандин В.А., Белоусов В.В., Сборщиков Г.С. и др. Теплотехника металлургического производства. Т. 2. Конструкция и работа печей. М.: МИСИС, 2002. 736 с.
10. Телегин А.С., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. Теплоперенос. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 455 с.
11. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. и др. Механика жидкости и газов / Под ред. В.С. Швыдкого. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 464 с.
12. Металловедение. Учебник. В 2-х томах. Т. I. Основы металловедения, Т. II. Термическая обработка. Сплавы / Под общей ред. В.С. Золоторевского. М.: МИСиС, 2009. Т. I – 496 с., Т. II – 528 с.
13. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. М.: МИСИС, 1998. 400 с.
14. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М.: МИСИС, 1999. 408 с.

15. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.* М.: МИСИС, 1999. 416 с.
16. Грачев С.В., Бараз В.Р., Богатов А.А., Швейкин В.П. *Физическое металловедение.* Екатеринбург. УГТУ-УПИ, 2009. 548 с.
17. *Процессы и аппараты цветной металлургии* / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич, В.П. Жуков, Е.И. Елисеев, С.В. Карелов, А.Б. Лебедь, С.В. Мамяченков. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 700 с.
18. Лебедев В.А., Седых В.И. *Металлургия магния.* Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. 173 с.
19. Лебедев В.А., Рогожников Д.А. *Металлургия титана.* Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2015. 194 с.
20. Логинова И.В., Кырчиков А.В. *Производство глинозема.* Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. 224 с.
21. Кляйн С.Э., Козлов П.А., Набойченко С.С. *Извлечение цинка из рудного сырья.* Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 491 с.
22. Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Андрианов Н.В. *Теория и технология литейного производства. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси.* Минск; Москва: Новое знание, ИНФРА-М, 2011. 384 с.
23. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. *Технология литейного производства.* М.: Абрис, Высшая школа, 2012. 383 с.
24. Чернышов Е.А., Евлампиев А.А. *Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки.* М.: Машиностроение, 2015. 480 с.
25. Беляев С.В., Леушин И.О. *Основы металлургического и литейного производства.* Ростов-на-Дону: Феникс, 2016. 206 с.
26. Вальтер А.И., Протопопов А.А. *Основы литейного производства.* М.: Инфра-Инженерия, 2019. 330 с.
27. Колмогоров В.Л. *Механика обработки металлов давлением.* Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 836 с. <https://bookree.org/reader?file=1504235>
28. Горячев Е.А. *Обработка металлов давлением. Кузнечно-штамповочное производство.* Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2015. 34 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41264386>
29. Румянцев М.И., Кинзин Д.И. *Теория прокатки.* Магнитогорск: МГТУ, 2017. 188 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35107589>
30. Грудев А.П. *Теория прокатки.* М.: Металлургия, 2002. 240 с. <https://booksee.org/book/633681>
31. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. *Калибровка прокатных валков.* М.: Теплотехник, 2010. 490 с. <https://markmet.ru/kniga-po-metallurgii/kalibrovka-prokatnykh-valkov-1>
32. Рудской А.И., Лунев В.А. *Теория и технология прокатного производства.* Санкт-Петербург: Наука, 2008. 540 с. <https://booksee.org/book/1334212>
33. Богатов А.А. *Механические свойства и модели разрушения металла.* Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002.

Дополнительная литература

1. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. *Металлургия чугуна.* Киев: Высшая школа, 1987.
2. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. *Агломерация рудных материалов.* Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. 400 с.
3. Дружков В.Г. *Определение вертикального давления материалов в присутствии газового потока. Изучение условий подвисяния шихты в доменных печах.* Инструкция. Магнитогорск. МГМА. 1996.

4. Кропотов В.К. Движение материалов и газов в фурменных очагах доменной печи. Магнитогорск: МГТУ, 1998.
5. Марочник стали и сплавов / М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.: Под общей ред. А.С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2001. 672 с.
6. Арсентьев П.П., Яковлев В.В., Комаров С.В. Конвертерный процесс с комбиниро-ванным дутьем. М.: Metallurgy, 1991. 176 с.
7. Глинков Г.М., Чайкин Б.С. Энергосберегающие режимы работы мартеновских и двухванных печей. М.: Metallurgy, 1991. 128 с.
8. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. М.: Metallurgy, 1992. 336 с.
9. Цымбал В.П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии. Кемерово; М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат - АСТШ, 2006. 431 с.
10. Якушев А.М. Справочник конвертерщика. Челябинск: Metallurgy, 1990. 448 с.
11. Борисоглебский Ю.В., Ветюков М.М., Москвитин В.И., Школьников С.Н. Теория и технология электрометаллургических процессов. М.: Metallurgy, 1994. 238 с.
12. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия. Новосибирск: Наука. 1997. 158 с.
13. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. Металлургия вторичного алюминия. Новосибирск: Наука, 1998. 288 с.
14. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инарович Ю.В. Калибровка прокатных валков М.: Теплотехник, 2010.
15. Леванов А.Н. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009.
16. Тюрин В.А., Мохов А.И. Теория обработки металлов давлением. Волгоград: РПК «Политехник», 2000.
17. Гун Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. М.: Metallurgy, 1983.
18. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов. М.: Metallurgy, 1991.
19. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Основы физической химии. М.: Metallurgy, 1987.
20. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 360 с.
21. Чуркин Б.С., Гофман Э.Ф., Майзель С.Г. и др. Технология литейного производства. Екатеринбург: Изд-во УГППУ, 2000. 662 с.
22. Новиков Н.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. М.: МИСИС, 1994. 480 с.
23. Физическое металловедение. Под ред. Р.Кана, в 3-х томах, М.: Metallurgy, 1987.
24. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Metallurgy, 1986. 480 с.
25. Лахтин Ю.Н., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: Metallurgy, 1985. 256 с.
26. Материаловедение / Под общ. ред. [Л.В. Тарасенко](#). М.: ИНФРА-М, 2012. 475 с.
27. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
28. Материаловедение / Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 648 с.
29. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Metallurgy, 1986. 544 с.
30. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Войткун Ф. Материаловедение. СПб.: Химиздат, 2002. 696 с.
31. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении. СПб.: Химиздат, 2004. 640 с.

32. Глинков М.А., Глинков Г.М. Общая теория печей. М.: Metallurgy, 1990. 230 с.
33. Кобахидзе В.В. Тепловая работа и конструкции печей цветной металлургии. М.: МИСИС, 1994. 355 с.
34. Мастрюков Б.С. Теплофизика металлургических процессов. М.: МИСИС, 1996. 268 с.
35. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 464 с.
36. Швыдкий В.С., Спириин Н.А., Ладыгичев М.Г. и др. Элементы теории систем и численные методы моделирования процессов теплопереноса. М.: Интернет-Инжиниринг, 1999. 520 с.
37. Березовская В.В., Березовский А.В. Коррозионно-стойкие стали и сплавы. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2019. 244 с.
38. Спириин Н.А., Лавров В.В., Паршаков С.И. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. 307 с.
39. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / Под ред. Спирина Н.А. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 301 с.
40. Информационные системы в металлургии / Н.А. Спириин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов и др. Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 617 с.
41. Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М., Ходоровская И.Ю. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии. Екатеринбург: ОАО «УИПЦ». 2012. 670 с.
42. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / Н.А. Спириин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев и др. Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 462 с.
43. Теплофизические основы тепловой работы металлургических слоевых печей и агрегатов / Ю.Г. Ярошенко, В.С. Швыдкий, Н.А. Спириин, В.И. Матюхин, В.В. Лавров. Под ред. Ю.Г. Ярошенко. Екатеринбург: АМК «День РА», 2019. 464 с.
44. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Н.А. Спириин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, Л.Ю. Гилева, А.В. Краснобаев, В.С. Швыдкий, О.П. Онорин, К.А. Щипанов, А.А. Бурыкин. Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2014. 558 с.
45. Теплофизика металлургических процессов для магистров / В.С. Швыдкий, В.И. Матюхин, О.Ю. Шешуков, Г.М. Дружинин. Екатеринбург: УрФУ, 2016. 321 с.
46. Фролов Ю.А. Агломерация: Технология. Теплотехника. Управление. Экология. М.: Metallurgizdat, 2016. 672 с.
47. Андронов В.Н. Современная доменная плавка. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 100 с.
48. Большаков В.И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. К.: Наукова думка, 2007. 411 с.
49. Физико-химические и теплотехнические основы производства железорудных окатышей / В.М. Абзалов, В.А. Горбачев, С.Н. Евстюгин, В.И. Клейн, Л.И. Леонтьев, Б.П. Юрьев. Под ред. Л.И. Леонтьева. Екатеринбург: Уральский центр академического обслуживания, 2012. 340 с.
50. Экология / В.Н. Большаков, В.В. Качак, В.Г. Коберниченко, В.Л. Советкин, Л.В. Струкова, Г.В. Тягунов, И.Ю. Ходоровская, Ю.Г. Ярошенко. Под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко. М.: КНОРУС, 2012. 304 с.
51. Пикунов М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок. М.: МИСИС, 2005. 416 с.
52. Ри Хосен. Теория литейных процессов. Хабаровск: ХГТУ, 2001.
53. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. Строение и свойства металлических расплавов. М.: МГВМИ, 2006. 228 с.
54. Чернов В.П. Теория расплавов. Магнитгорск: Изд-во МГТУ, 2012. 143 с.
55. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред: учебник. М.: МИСиС, 2006.
56. Эшби М., Джонс Д. Конструкционные материалы. Полный курс. Перевод с английского.


- Долгопрудный: Издательский Дом интеллект, 2010. 672 с.
57. Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве / Г.Я. Вагин и др. М.: ФОРУМ, 2012. 272 с.
58. Курдюмов А.В., Пискунов М.В., Чурсин В.М., Бибииков Е.Л. Производство отливок из сплавов цветных металлов. М.: МИСИС, 2011. 504 с.
59. Чернышов Е.А., Евстигнеев А.И., Евлампиев А.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения и исправления. М.: Машиностроение, 2008. 282 с.
60. Шуляк В.С. Автоматические комплексы в литейном производстве. М.: МГИУ, 2008. 132 с.
61. Романов Л.М., Болдин А.Н. Литейные сплавы и плавка. Производство отливок из чугуна и стали. М.: МГИУ, 2008. 48 с.
62. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. М.: МГИУ, 2009. 308 с.
63. Гини Э.Ч., Зарубин А.М., Рыбкин В.А. Специальные технологии литья. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 367 с.
64. Маляров А.И. Печи литейных цехов. М.: Машиностроение, 2014. 256 с.
65. Логинов Ю.Н., Инатович Ю.В. Инструмент для прессования металлов. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 224 с. <http://hdl.handle.net/10995/28288>
66. Бурдуковский В.Г., Инатович Ю.В. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов. Кривошипные машины. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2018. 168 с. <http://hdl.handle.net/10995/60939>
67. Логинов Ю.Н., Постыляков А.Ю., Инатович Ю.В. Сортовая прокатка меди. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. 132 с. <http://hdl.handle.net/10995/93293>
68. Богатов А.А., Павлов Д.А., Нухов Д.Ш. Винтовая прокатка непрерывно-литых заготовок из конструкционных марок стали. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2017. 164 с. <http://hdl.handle.net/10995/46975>
69. Орлов Г.А. Холодная прокатка и волочение труб. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 188 с. <http://hdl.handle.net/10995/62834>
70. Шимов Г.В., Буркин С.П. Основы технологических процессов обработки металлов давлением. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 160 с. <http://hdl.handle.net/10995/26154>
71. Логинов Ю.Н. Прессование как метод интенсивной деформации металлов и сплавов. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2016. 156 с. <http://hdl.handle.net/10995/40656>

6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы

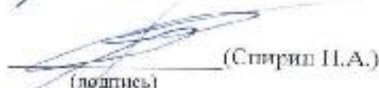
Адрес	Название
http://library.urfu.ru	Сайт зональной научной библиотеки УрФУ
http://www.matweb.com	Справочник по механическим свойствам материалов в формате стандартов ASTM
http://www.ingentaconnect.com	Поисковая система зарубежных научно-технических журналов
http://ru.wikipedia.org	Свободная энциклопедия
http://www.elibrary.ru	Российская электронная научная библиотека
http://www.sciencedirect.com	Поисковая система публикаций научных изданий

Программу вступительных испытаний в аспирантуру по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов» разработали:


Заведующий кафедрой металлургии
цветных металлов, д.т.н., профессор


(подпись) (Мамячешков С.В.)

Заведующий кафедрой Теплофизики и
информатики в металлургии, д.т.н., профессор


(подпись) (Спирин П.А.)

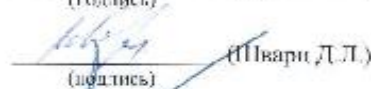
Заведующий кафедрой металлургии железа
и сплавов, д.т.н., профессор


(подпись) (Шешуков О.Ю.)

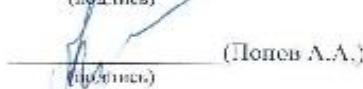
Заведующий кафедрой литейного производства
и упрочняющих технологий, д.т.п.


(подпись) (Фурман Е.Л.)

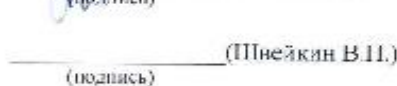
Заведующий кафедрой обработки металлов
давлением, д.т.н., доцент


(подпись) (Шварц Д.Л.)

Заведующий кафедрой термообработки и
физики металлов, д.т.н., профессор


(подпись) (Попов А.А.)

Заведующий кафедрой металловедения,
д.т.н., доцент


(подпись) (Швейков В.И.)

Лист согласования

Заместитель директора по научной
и инновационной деятельности
Института новых материалов и технологий


(подпись) (Жабустин Ф.Л.)