Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донбасский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства

Кафедра «Металлургические технологии»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель председателя приемной комиссии
_____ **Д. В. Мулов**
_____ 27 февраля 2026

ПРОГРАММА
вступительного испытания в магистратуру

«Металлургия»

Код и наименование направления подготовки
22.04.02 «Металлургия»
Образовательные программы: «Металлургия черных металлов»
«Обработка металлов давлением»

Рассмотрено и одобрено на заседании
кафедры МТ, протокол №6 от 11.02.2026

Председатель комиссии по проведению
вступительного испытания в магистратуру
_____ **Н. Г. Митичкина**

Алчевск, 2026

Программа составлена на основании отраслевого стандарта высшего образования по направлению подготовки – 22.04.02 «Металлургия».

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ» (ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО)

Основы физической химии.

Связь химии с черной металлургией, железо, углерод, газы в черной металлургии. Молекулярно-кинетическая теория и главные законы термодинамики и термохимии. Химическое и фазовое равновесие, растворы. Оксидные расплавы и их термодинамические характеристики. Связь между энергией Гиббса и константой равновесия реакции. Методы определения константы равновесия и активности оксида железа в шлаке. Химическое сродство компонентов. Раствор углерода, кремния, марганца, никеля, хрома, кобальта и молибдена в жидком железе. Раствор серы, фосфора, кислорода, водорода и азота в расплавленном железе и его сплавах. Скорость химических реакций.

Химические основы производства чугуна.

Молекулярно-кинетическая теория агрегатного состояния веществ. Основные законы термодинамики и термохимии. Химическая кинетика. Химическое и фазовое равновесие. Скорость и порядок химических реакций. Растворы. Поверхностные явления и адсорбция. Основы коллоидной химии. Электрохимия. Химические соединения, входящие в состав шлака. Химический состав огнеупоров. Химический состав доменной шихты. Разложение плавильных материалов и процесс восстановления в доменной печи. Доменный шлак и десульфурации чугуна. Химические процессы в горне печи. Основные нарушения технологического процесса. Химический состав доменной шихты. Технологические и технико-экономические расчеты основных параметров доменной плавки, основного и вспомогательного оборудования доменной печи. Отсортировка продукции по выявленным дефектам.

Основы стандартизации, метрологии и сертификации.

Сертификация продукции. Основные требования к оформлению технологической документации. Систематизация и классификация. Государственная система стандартизации. Категории и виды стандартов. Методы стандартизации. Комплексная и опережающая стандартизация. Унификация. Типовые конструкции технического прогресса. Основы метрологии и обеспечение единства измерений. Выбор основных средств измерений. Погрешности измерений и статистические методы контроля качества, метрология и методы измерений. Качество продукции. Основы и понятия. Контроль качества. Виды контроля. Оценка уровня качества.

Основы металлургической теплотехники.

Топливо и основы механики печных газов. Общая характеристика топлива, расчеты его горения. Конвекция, тепло- и массоперенос, теплообмен излучением, нагрев и плавление металла. Основы тепломассообмена в металлургических агрегатах. Общая характеристика процессов теплообмена. Теплопро-

водность стационарная и нестационарная. Конвекционный теплообмен. Теплообмен излучением, округление коэффициентов теплоотдачи. Окисление и обезуглероживание металла. Основы рациональной технологии нагрева. Режимы работы. Металлургические печи, материалы и строительные элементы печей, сбережение тепла в металлургических печах. Теплотехнические основы утилизации тепла отходящих газов. Рекуперативные и регенеративные теплообменники. Котлы-утилизаторы. Охлаждение печей. Очистка дымовых газов. Классификация, общая характеристика тепловой работы печей. Основы механики печных газов. Статика газов. Динамика газов (законы и режимы движения газов в печах). Основы теории горения и конструкции топливосжигающих приборов. Учет горения топлива. Классификация и характеристика огнестойких материалов: свойства, область применения. Теплоизоляционные и строительные материалы. Кладка и строительные элементы печей.

Основы металлургического производства.

Физико-химические основы металлургических процессов. Взаимодействие газовой, шлаковой и металлической фаз. Агломерация и коксохимия. Прямое получение железа. Окисление руд и концентратов. Восстановление газом в толстом слое и твердым углеродом. Основы литейного производства. Общие понятия технологии литейных форм. Производство отливок. Специальные виды литья.

Методы анализа и контроля материалов металлургического производства.

Теоретические основы аналитической химии. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. Физико-химический и физический методы анализа. Химический анализ сырья и готовой продукции. Аттестация стали по результатам химического анализа и технологии выплавки. Основы техники измерения и средства контроля технологических процессов. Электрические измерения. Государственные системы обеспечения единства измерений и приборов контроля.

Металлургия стали.

Этапы развития сталеплавильного производства. Классификация стали и способов ее производства. Технологические схемы современного сталеплавильного производства. Технико-экономические показатели и экологические проблемы сталеплавильного производства. Источники шлака. Роль шлака. Строение и состав шлаков. Шлакообразование. Химические свойства шлаков. Физические свойства шлаков. Методы контроля состава и свойств шлака. Дефосфорация стали. Десульфурация стали. Кислород в стали и ее раскисления. Неметаллические включения в готовом металле. Растворение газов в металле и шлаке. Азот в стали. Водород в стали. Дегазация металла.

Доменное производство.

Руды и флюсы черной металлургии, основы предварительной подготовки руд и флюсов, основы производства кокса, методы окомкования, технология подготовки шихты к спеканию, теплотехника агломерации, физико-химические процессы при агломерации, вопросы технологии агломерации, производство железорудных окатышей, теория укрепления окатышей, контроль и оценка ка-

чества окускованных сырьевых материалов. Топливо, сырьевые материалы и подготовка их к доменной плавке. Распределение и движение шихты и газов в доменной печи. Восстановительные процессы и образование чугуна и шлака в доменной печи. Теплообмен в доменной печи. Процессы, идущие в доменной печи при умеренных температурах. Разложение плавильных материалов в доменной печи. Процессы восстановления в доменной печи. Восстановление железа, кремния и марганца. Шлакообразование в доменной печи. Десульфурация чугуна в доменной печи. Конструкция доменной печи и ее вспомогательных приборов. Нагрев и подача дутья и очистка колошникового газа. Уборка чугуна и шлака. Технология доменной плавки. Задувка доменной печи и управление ее ходом. Обслуживание доменной печи. Ремонт и выдувка доменной печи. Сравнение различных технологий производства чугуна в зависимости от смежных металлургических производств. Технологические операции процесса производства чугуна, выбор наиболее целесообразной технологии производства чугуна для конкретных производственных условий, выявление нарушений технологического процесса, меры по повышению качества продукции, технологические и технико-экономические расчеты доменной плавки, основного и вспомогательного оборудования доменной печи. Подготовка чугунных и шлаковых желобов и сифонного отверстия для выпуска жидких продуктов плавки, сверлильной машины и электропушки для открытия и закрытия чугунной летки. Управление сверлильной машиной, электропушкой, перекидным и качающимся желобом при проведении выпуска жидких продуктов плавки. Ремонт футляров чугунной и шлаковой леток, замена воздушной фурмы и шлаковой фурмы. Конструкционные расчеты оснащения, выполнение чертежей деталей и сборочных единиц. Оценка хода технологического процесса, выявление нарушений и их устранение. Оценка технического состояния оборудования и выявление резервов его использования. Качество сырья и топлива и их влияние на качество чугуна.

Механическое и подъемно-транспортное оборудование доменных цехов.

Крановое оборудование и машины непрерывного транспорта. Машины и агрегаты доменных цехов. Профиль доменной печи, основные конструкционные элементы доменной печи, загрузочные аппараты, очистка доменного газа, оборудование для транспортировки чугуна и шлака, план доменного цеха.

Электрооборудование доменных цехов.

Электрооборудование доменных цехов. Аппаратура управления и защиты электропривода. Электрооборудование машин и агрегатов металлургических предприятий. Электрические машины постоянного тока. Асинхронные машины. Электрическая цепь постоянного тока. Однофазные электрические цепи переменного тока. Трехфазные электрические цепи. Электронные измерительные приборы. Электрические измерения.

Автоматизация доменного производства.

Автоматизация доменного производства. Измерение компонентов доменного процесса. Автоматические системы регулирования. Автоматическое управление процессом доменной плавки. Измерение компонентов доменного процесса. Автоматические системы регулирования. Автоматическое управле-

ние процессом доменной плавки. Основы регулирования технологических процессов. Измерение температуры. Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы. Вычислительная техника в управлении технологическими процессами. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Микропроцессорные системы.

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ» (ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ)

Основы физической химии.

Молекулярно-кинетическая теория и главные законы термодинамики и термохимии. Химическое и фазовое равновесие, растворы. Оксидные расплавы и их термодинамические характеристики. Связь между энергией Гиббса и константой равновесия реакции. Методы определения константы равновесия и активности оксида железа в шлаке. Химическое сродство компонентов. Раствор углерода, кремния, марганца, никеля, хрома, кобальта и молибдена в жидком железе. Раствор серы, фосфора, кислорода, водорода и азота в расплавленном железе и его сплавах. Скорость химических реакций.

Химические основы производства стали.

Связь химии с черной металлургией, железо, углерод, газы в черной металлургии. Сера и фосфор - вредные примеси в стали. Легирующие элементы. Химический состав шлака и огнеупорных материалов. Химические соединения, входящие в состав шлака. Химический состав огнеупоров. Примеси металлического лома в стали. Химический состав топлива. Свойства пыли и шламов при производстве стали. Молекулярно-кинетическая теория агрегатного состояния веществ. Основные законы термодинамики и термохимии. Химическая кинетика. Химическое и фазовое равновесие. Скорость и порядок химических реакций. Растворы. Поверхностные явления и адсорбция. Основы коллоидной химии. Электрохимия. Химический состав доменной шихты. Разложение плавильных материалов и процесс восстановления в доменной печи.

Основы стандартизации, метрологии и сертификации.

Сертификация продукции. Основные требования к оформлению технологической документации. Систематизация и классификация. Государственная система стандартизации. Категории и виды стандартов. Методы стандартизации. Комплексная и опережающая стандартизация. Унификация. Типовые конструкции технического прогресса. Основы метрологии и обеспечение единства измерений. Выбор основных средств измерения. Погрешности измерения и статистические методы контроля качества, метрология и методы измерения. Качество продукции. Основы и понятия. Контроль качества. Виды контроля. Оценка уровня качества.

Основы металлургической теплотехники.

Топливо и основы механики печных газов. Общая характеристика топлива, расчеты его горения. Конвекция, тепло- и массоперенос, теплообмен излучением, нагрев и плавление металла. Основы тепломассообмена в металлургических агрегатах. Общая характеристика процессов теплообмена. Теплопро-

водность стационарная и нестационарная. Конвекционный теплообмен. Теплообмен излучением, округление коэффициентов теплоотдачи. Окисление и обезуглероживание металла. Основы рациональной технологии нагрева. Режимы работы. Металлургические печи, материалы и строительные элементы печей, сбережение тепла в металлургических печах. Кислородные конвертеры. Плавильные печи. Техническое обслуживание и ремонт печей. Классификация, общая характеристика тепловой работы печей. Основы механики печных газов. Статика газов. Динамика газов (законы и режимы движения газов в печах). Основы теории горения и конструкции топливосжигающих приборов. Теплотехнические основы утилизации тепла отходящих газов. Рекуперативные и регенеративные теплообменники. Котлы-утилизаторы. Охлаждение печей. Очистка дымовых газов. Учет горения топлива. Классификация и характеристика огнестойких материалов: свойства, область применения. Теплоизоляционные и строительные материалы. Кладка и строительные элементы печей.

Методы анализа и контроля материалов металлургического производства.

Теоретические основы аналитической химии. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. Физико-химический и физический методы анализа. Химический анализ сырья и готовой продукции. Аттестация стали по результатам химического анализа и технологии выплавки. Основы техники измерения и средства контроля технологических процессов. Электрические измерения. Государственные системы обеспечения единства измерений и приборов контроля.

Основы металлургического производства.

Физико-химические основы металлургических процессов. Взаимодействие газовой, шлаковой и металлической фаз. Агломерация и коксохимия. Прямое получение железа. Окисление руд и концентратов. Восстановление газом в толстом слое и твердым углеродом. Основы литейного производства. Общие понятия технологии литейных форм. Производство отливок. Специальные виды литья.

Производство стали.

Этапы развития сталеплавильного производства. Классификация стали и способов ее производства. Технологические схемы современного сталеплавильного производства. Технико-экономические показатели и экологические проблемы сталеплавильного производства. Материалы сталеплавильного производства. Металлическая часть шихты. Неметаллические материалы. Кислородно-конвертерный процесс. Конструкция и расчеты конвертеров. Планирование кислородно-конвертерных цехов. Работа в кислородно-конвертерном цехе. Производство стали в мартеновских печах. Типы процессов. Основной и кислый мартеновский процессы. Двухванные печи. Тепловая работа мартеновских печей. Конструкция и расчет мартеновских печей. Планирование мартеновских цехов. Работа мартеновских печей. Производство стали в электропечах. Электрометаллургия стали. Значение электросталеплавильных процессов. Оборудование и футеровка электросталеплавильных печей. Непрерывные сталеплавильные процессы. Многоступенчатые и потоковые процессы. Агрегаты же-

лобного типа. Разливки и качество литой стали. Внепечное рафинирование стали. Разливка в изложницы. Непрерывная разливка стали. Структура и качество литой стали. Источники сталеплавильного шлака. Роль шлака. Строение и состав шлаков. Шлакообразование. Химические свойства шлаков. Физические свойства шлаков. Методы контроля состава и свойств шлака. Дефосфорация стали. Десульфурация стали. Кислород в стали и ее раскисление. Неметаллические включения в готовом металле. Растворение газов в металле и шлаке. Азот в стали. Водород в стали. Дегазация металла.

Механическое и подъемно-транспортное оборудование сталеплавильных цехов.

Подъемно-транспортное оборудование сталеплавильных цехов. Детали подъемно-транспортных машин. Простые грузоподъемные машины. Крановое оборудование и машины непрерывного транспорта. Машины и агрегаты для переработки металлургического легковесного и крупногабаритного лома. Машины и агрегаты для переработки стружки. Прессы для пакетирования. Ножницы и агрегаты для обработки крупногабаритного лома. Оборудование миксерного отделения и отделения переливания чугуна. Конструкция стационарного миксера, оборудование для скачивания шлака и взвешивания чугуна. Машины, агрегаты и установки кислородно-конвертерных цехов. Привод конвертеров. Машины для загрузки шихтовых материалов в конвертер. Конструкция кислородных конвертеров и механизмов их поворота. Машины для подачи кислорода в конвертер. Машины для замера температуры и отбора проб в конвертере. Машины для уборки продуктов плавки. Машины для ремонта конвертеров и ковшей. Оборудование для очистки конвертерных газов. Машины и агрегаты разливочных отделений. Машины внепечной обработки стали. Оборудование для разливки стали в изложницы. Машины для непрерывной разливки.

Электрооборудование сталеплавильных цехов.

Электрооборудование сталеплавильных цехов. Аппаратура управления и защиты электропривода. Электрооборудование машин и агрегатов металлургических предприятий. Электрические машины постоянного тока. Асинхронные машины. Электрическая цепь постоянного тока. Однофазные электрические цепи переменного тока. Трехфазные электрические цепи. Электронные измерительные приборы. Электрические измерения.

Автоматизация сталеплавильного производства.

Автоматизация производства стали. Измерение компонентов сталеплавильного процесса. Автоматические системы регулирования. Автоматическое управление процессом плавки. Основы регулирования технологических процессов. Измерение температуры. Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы. Вычислительная техника в управлении технологическими процессами. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Микропроцессорные системы. Автоматизация производства. Автоматизация мартеновского, кислородно-конвертерного производства, непрерывной разливки стали.

МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»

Металловедение.

Основные механические свойства металлов. Атомное строение металлов. Кристаллизация металлов и сплавов. Фазы и структуры в металлических сплавах. Пластическая деформация.

Основные механические свойства и короткая характеристика методов их определения.

Металлическое состояние. Типичные кристаллические решетки металлов. Полиморфизм металлов. Явление анизотропии свойств кристаллов. Квазиизотропия поликристаллического тела. Дефекты кристаллического строения металлов. Точечные дефекты. Линейные дефекты. Объемные дефекты. Механизм диффузии.

Общие закономерности кристаллизации металлических расплавов. Степень переохлаждения. Модифицирование. Форма металлических кристаллов. Строение металлического слитка.

Строение фаз в металлических сплавах. Твердые растворы и химические соединения.

Пластическая деформация. Структурные изменения металлов и сплавов при холодной деформации. Влияние нагрева на строение и свойства металлов в деформированном состоянии. Возврат и рекристаллизация. Критическая степень деформации.

Диаграммы состояния металлических систем. Фазовые и структурные превращения металлических сплавов. Виды превращений.

Диаграммы состояния двойных сплавов, методы их построения. Правило фаз Гиббса.

Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью в твердом состоянии. Кристаллизация твердых растворов. Правило концентраций и отрезков.

Диаграммы состояния с эвтектической кристаллизацией (ограниченной растворимостью в твердом состоянии). Механизм эвтектического превращения.

Диаграмма состояния с перетектической кристаллизацией. Диаграммы состояния для сплавов, образовывающих стойкие и неустойчивые химические соединения.

Диаграммы состояния для сплавов, которые испытывают полиморфные превращения. Эвтектоидные и перетектоидные превращение.

Диаграммы состояния 2-х компонентных систем с ограниченной растворимостью в твердом состоянии и разнообразными превращениями. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния (правило Курнакова).

Структура и свойства железа и железных сплавов.

Строение и свойства компонентов, фаз и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов.

Диаграмма состояния железо-углерод и ее характеристика. Основные превращения.

Кристаллизация сталей и твердофазные превращения в сталях. Выделения аустенита, феррита, цементита и перлитное превращение.

Влияние углерода и постоянных примесей на структуру и свойства сталей.

Сталь разных способов производства. Раскисление металла. Строение и качество спокойной, полуспокойной, кипящей стали. Способы разливки.

Классификация, маркировка, области применения углеродистых сталей.

Кристаллизация и твердофазные превращение в белых чугунах. Структура и свойства белых чугунов. Получение, структура, свойства и маркировка серых чугунов. Половинчатый чугун.

Получение, структура, свойства, маркировка высокопрочных и ковких чугунов. Структура и свойства стальных и чугунных прокатных валов.

Структура и свойства легированных сталей.

Легированные стали. Влияние легирующих элементов на фазовые превращения в сталях. Классификация, строение, свойства, маркировка и области применения легированных сталей.

Конструкционные и инструментальные стали. Стали и сплавы со специальными свойствами. Структура и свойства марганцевых и никелевых сталей. Диаграммы состояния Fe — Mn, Fe — Ni. Структура и свойства хромоникельових и кремнистых сталей. Диаграммы состояния Fe — Cr — Ni, Fe — Si.

Структура и свойства цветных металлов и сплавов.

Медь и сплавы на ее основе. Маркировка и области применения медных сплавов. Алюминий и сплавы на его основе. Маркировка и области применения алюминиевых сплавов. Титан и сплавы на его основе. Маркировка и области применения титановых сплавов.

Механические свойства металлов и сплавов и методы их определения.

Основные механические свойства металлов и сплавов. Критерии оценки прочности материалов: конструктивная и конструкционная прочность материалов. Классификация методов определения механических свойств.

Статические испытания: испытание на растяжение, сжатие, изгиб и кручение.

Динамические испытания: испытание на ударную вязкость; другие виды динамических испытаний.

Методика определения твердости. Разные методы определения твердости.

Испытание на усталостное разрушение.

Атомно-кристаллическое строение. Элементы кристаллографии. Реальное строение металлов. Точечные дефекты; их влияние на свойства металлов и сплавов. Линейные дефекты.

Атомно-кристаллическое строение: типы кристаллических решеток. Кристаллографические плоскости и направления. Определение индексов кристаллографических плоскостей и направлений.

Реальное строение металлов. Классификация дефектов кристаллического строения. Основные виды дефектов. Их короткая характеристика.

Виды точечных дефектов: вакансии, примесные атомы внедрения и замещения, межузельные атомы. Подвижность точечных дефектов. Механизмы возникновения точечных дефектов. Образование вакансий по Шоттки и по Френкелю. Влияние точечных дефектов на механические свойства металлов и сплавов. Зависимость подвижности точечных дефектов от температуры.

Основные типы дислокаций: краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргерса. Перемещение дислокаций скольжениям и переползаниям. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Атмосферы Коттрелла и Снука.

Торможение дислокаций. Взаимодействие дислокаций друг с другом: взаимодействие дислокаций одного знака и разных знаков; взаимодействие дислокаций с перпендикулярным вектором Бюргерса. Образование подвижных и неподвижных порогов. Перемещение и взаимодействие винтовых и смешанных дислокаций.

Основы пластической деформации. Механизм холодной деформации. Разупрочнение деформированного металла при нагревании.

Деформация скольжением, двойникованием. Другие виды деформации: сложнообразоваными, сброс, вторичное скольжение.

Пластическая деформация монокристаллов из ГЦК, ГПУ и ОЦК решетками. Три стадии упрочнения: стадия легкого скольжения, линейного упрочнения и параболического упрочнения.

Деформационное упрочнение поликристалла. Влияние скорости деформации, легирования на процесс деформации. Особенности деформации углеродистых и легированных сталей.

Разупрочнение холоднодеформированных металлов при нагреве: процессы рекристаллизаций, протекающие при нагреве холоднодеформированного металла: отдых, возврат, полигонизация, первичная, собирательная и вторичная рекристаллизации.

Особенности горячей деформации. Особенности деформации углеродистых и легированных сталей.

Особенности горячей деформации. Процессы, которые протекают при горячей деформации укрепления и разупрочнения металла. Динамическая рекристаллизация. Влияние условий окончания деформации на структуру и свойства горячедеформированного металла. Зависимость между размером зерна и приобретающими механическими свойствами.

Особенности деформации и кристаллизации сталей во время обработки на машинах непрерывного литья заготовок.

Классификация дефектов деформированной стали.

Неметаллические включения: оксиды, сульфиды, нитриды и т.д. Причины их возникновения, их влияние на структуру и свойства.

Макродефекты: трещины, расслоения, ликвация и т.д.

Деформационное старение: процессы, которые происходят при деформационном старении.

Термообработка.

Фазовые превращения при термической обработке. Химикотермическая обработка стали. Классификация видов термической обработки. Технология отжига 1-го и 2-го рода.

Понятие критических точек при нагревании сталей. Диффузионный механизм образования аустенита при нагревании. Зерно аустенита.

Диффузионный распад переохлажденного аустенита. Перлитное превращения. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита. Мартенситное превращение аустенита. Механизм и кинетика превращения. Остаточный аустенит в закаленной стали.

Отпуск закаленной стали, стадии процесса отпуска. Структура и свойства отпущенной стали. Отпускная хрупкость.

Основные процессы в металлах при химико - термической обработке: диссоциация сочетаний с образованием активного элемента, адсорбция и диффузия насыщающего элемента в поверхностном слое. Технология цементации стали и термической обработки цементируемого изделия. Азотирование стали. Структура и свойства азотированного слоя. Нитроцементация стали.

Классификация методов термической обработки сталей.

Отжиг первого рода: гомогенизирующий, рекристаллизационный и для снятия напряжений. Отжиг второго рода: полный, неполный, изотермический, сфероидизующий и нормализационный.

Практика термической обработки. Технология закалки и отпуска закаленной стали. Термическая обработка конструкционных и инструментальных сталей.

Способы закалки сталей: с непрерывным охлаждением, первичная, поверхностная и изотермическая закалка с обработкой холодом. Цель, режимы обработки. Структура и свойства сталей при каждом виде закалки. Отпуск закаленной стали: низкий, средний и высокий.

Практика использования ХТО для укрепления поверхностного слоя деталей.

Термическая обработка цементируемых, азотированных, пружинных и шарикоподшипниковых конструкционных сталей.

Термическая обработка для режущего, штампового и измерительного инструмента.

Термомеханическая обработка. Высокотемпературная термомеханическая обработка. Низкотемпературная термомеханическая обработка. Формирование структуры и свойств в результате разных видов ТМО.

Термическая обработка чугуна и цветных металлов и сплавов.

Теоретические основы ОМД.

Характеристика методов обработки металлов давлением.

Волочение, прессование, прокатка, ковка, листовая штамповка и объемная штамповка.

Физические основы обработки металлов давлением.

Кристаллическое строение металлов. Механизмы пластической деформации монокристаллов. Механизмы пластической деформации поликристалла.

Упрочнение при холодной деформации. Кривые упрочнения. Деформация при повышенных температурах. Возврат и рекристаллизация. Виды деформации при обработке металлов давлением. Пластичность. Влияние температуры на сопротивление деформации и пластичность. Влияние горячей деформации на свойстве металла. Механическая схема деформации. Влияние механической схемы деформации на усилие деформации и пластичность. Условие постоянства объема. Степень деформации и смещенный объем. Скорость деформации. Влияние скорости деформации на пластичность и сопротивление деформации. Влияние предыдущей деформации, дробности деформации, масштаба на пластичность. Сверхпластичность.

Внешнее трение при обработке металлов давлением.

Роль трения при обработке металлов давлением. Механизмы трения. Влияние технологических параметров на величину сил трения. Методы экспериментального определения коэффициента сухого трения.

Неравномерность деформации.

Причины неравномерности деформации. Закон дополнительных напряжений Губкина. Влияние формы инструмента и деформируемого тела. Влияние внешнего трения. Влияние неоднородности свойств металла. Остаточные напряжения. Правило наименьшего сопротивления. Упругое несовершенство.

Аналитические методы определения деформирующих усилий и деформации.

Общие положения. Решение дифференциальных уравнений совместимо с уравнением пластичности. Метод решения приближенных уравнений равновесия и уравнения пластичности. Метод работ. Вариационные методы. Энергетические методы. Экспериментальные методы определения усилий и деформаций. Общие положения. Определение полного усилия. Определение нормальных и касательных напряжений на контактных поверхностях. Определение деформаций и напряжений в объеме тела. Методика разработки технологических процессов обработки металлов давлением. Общие положения. Рациональные схемы технологических процессов. Режимы холодной обработки давлением.

Основы теории прокатки.

Теоретические проблемы прокатного производства. Определение и классификация процессов прокатки Процесс продольной прокатки. Характеристики деформации и параметры очага деформации. Стадии процесса прокатки. Характеристики условий процесса прокатки в трех стадиях. Условия захвата металла валками и условия постоянного процесса прокатки. Способы повышения захватывающей способности валков. Условия захвата в калибрах. Особенности внешнего трения при прокатке, его значение. Влияние разных факторов на величину коэффициента трения. Экспериментальное определение коэффициента трения при прокатке. Соотношение коэффициентов трения при захвате и установившемся процессе. Расчетные методы определения коэффициента трения при прокатке.

Распределение скоростей течения металла в установившемся процессе прокатки. Опережение и отставание. Влияние технологических параметров на опережение и отставание. Неравномерность деформации при продольной про-

катке. Методы исследования неравномерности деформации. Зона прилипания как один из основных критериев наличия неравномерности деформации при прокатке**.** Неравномерность деформации и качество изделий. Поперечное течение металла при продольной прокатке. Виды уширения, значения уширения. Влияние разных факторов на величину уширения. Формулы для расчета уширения. Характеристика напряженно-деформированного состояния металла при прокатке. Особенности напряженно-деформированного состояния металла на кромках полосы, при прокатке с большими углами захвата.

Энергосиловые параметры продольной прокатки. Нормальные контактные напряжения и их распределение по поверхности контакта. Дифференциальное уравнение прокатки и методы его решения. Теории контактных сил трения. Теоретическое определение контактных напряжений при прокатке. Определение средних контактных напряжений по Целикову А. И. Формулы для определения средних контактных напряжений. Определение сопротивления деформации при горячей прокатке. Определение предела текучести при холодной прокатке. Определение контактного давления при прокатке с учетом сплющивания. Влияние разных факторов на величину контактного давления. Определение контактного давления при прокатке в калибрах. Усилие прокатки. Момент и мощность прокатки. Использование кривых удельной затраты энергии в практических расчетах.

Особые случаи процесса прокатки: прокатка с натяжением, прокатка в валках разного диаметра, прокатка с одним неприводным валком. Условия захвата, кинематика и энергосиловые параметры в этих процессах.

Оборудование цехов ОМД.

Состав оборудования прокатных цехов. Оборудование основное и вспомогательное. Прокатный стан, агрегат, машина. Прокатная клеть. Состав главной линии прокатной клети. Состав вспомогательного оборудования прокатных цехов. Назначение и разновидности правильных машин, ножниц и пил, моталок и разматывателей, технологического транспорта.

Виды главных линий. Классификация прокатных станов по расположению прокатных клетей. Классификация прокатных станов по режимам работы. Классификация прокатных станов по назначению.

Рабочая клеть. Основные узлы и детали рабочей клети. Классификация рабочих клетей по расположению валков. Валки рабочих клетей: их основные размеры, материал и технология изготовления. Опоры валков рабочих клетей. Условия работы и требования. Подшипники скольжения открытого типа. Подшипники скольжения закрытого типа. Виды подшипников качения и их свойства. Подшипники качения для прокатных валков. Конструкция подшипниковых узлов.

Нажимные механизмы: их назначение и классификация по скорости, виду исполнительного органа и вида привода. Основные параметры и конструктивные особенности быстроходных нажимных механизмов. Конструкция и параметры тихоходных нажимных механизмов. Строение гидравлических нажимных механизмов.

Уравновешивая устройства, их назначения и виды. Конструкция грузовых, пружинных и гидравлических устройств. Преимущества и недостатки каждого вида. Механизмы для осевой регулировки и фиксации. Разновидности и области применения каждого типа.

Станины рабочих клетей. Типы станин, их основные элементы. Материал станин. Установка рабочих клетей на фундаменте.

Привалковая арматура. Устройства и механизмы для перевалок.

Шпиндели: их назначение, условия работы и классификация по типу шарнира. Шпиндели с шарнирами Гука, типа Кардано, шариковые и роликовые, типа удлиненных зубчатых муфт, трефовые.

Шестерные клети, их назначения и классификация. Конструкция шестеренных клетей.

Технологический транспорт прокатных цехов: слитковозы, рольганги и шлепперы. Виды рольгангов по назначению. Основные параметры рольгангов. Конструкция рольгангов с групповым и индивидуальным приводом. Особенности конструкции приемных, станинных и печных рольгангов.

Шлепперы и холодильники, их основные параметры. Строение шлепперов: канатных, цепных и с несущими цепями. Холодильники мелкосортных станов.

Манипуляторы и кантователи. Назначение и разновидности. Конструкция манипуляторов обжимных и листовых станов. Конструкции манипуляторов сортовых станов. Крюковые и угловые кантователи блюмингов. Поворотные механизмы. Петледержатели, их назначение и устройство.

Правильные машины, их классификация и конструкции.

Ножницы прокатных цехов: с параллельными ножами, гильотинные, дисковые, с криволинейными ножами. Дисковые пилы. Летучие ножницы: барабанные, планетарные, рычажно-кривошипные, рычажно - качающиеся. Дисковые пилы.

Моталки для полос: ролико-барабанные, с намоточно-натяжными барабанами, свертыватели. Моталки для сорта и проволоки: осевые и тангенциальные.

Технология процессов прокатки.

Структура и перспективы развития технологии производства проката. Общая схема производства проката. Основные схемы получения полупродукта (слиток-обжимной стан, МНЛЗ, литейно - прокатные агрегаты).

Классификация прокатной продукции. Стали и сплавы для прокатки. Сортамент полос, листов, жести. Основные технические требования. Требования к точности размеров листового проката. Требования к химическому составу и механическим свойствам листовой стали. Требования к качеству поверхности.

Общие положения калибровки прокатных валков. Задачи калибровки. Классификация калибров по форме, назначению и способу вреза в валки. Элементы калибра. Расположение калибров на валках, начальный диаметр и средняя линия валков, линия прокатывания, давление валов. Определение нейтральной линии калибра.

Системы вытяжных калибров: прямоугольных, ромб-квадрат, ромб-ромб, овал - квадрат, шестиугольник - квадрат, овал - ребровый овал, овал-круг, овал - овал и другой. Преимущества и недостатки применения.

Обжимно-заготовочное производство.

Назначение блюминга. Сортамент слитков и блюмов. Типы блюмингов, их характеристика. Типичные блюминги. Схемы расположения оборудования. Состав оборудования.

Технология прокатывания в условиях универсальных слябингов. Энергосиловые параметры во время прокатывания слитков на универсальных слябингах.

Технологический процесс: продолжительность нагрева слитков, слиткоподача, процесс прокатки, огневая зачистка блюмов в потоке, резка, уборка и маркировка металла. Требования к продукции.

Способы калибровок валков блюминга. Преимущества и недостатки. Построение ящичных калибров, размещения их на валках.

Расчеты режимов обжатий по условиям увлечения, прочности валков, нагрева двигателей. Выбор схемы кантовок. Температурный режим прокатки.

Определение производительности блюминга. Диаграммы скоростей прокатки и их анализ. Числа оборотов при захвате и выбросе. Тройное условие В.А. Тягунова. Машинное время, паузы, ритм прокатки. Проверка режима обжатий по условиям нагрева двигателей. Среднеквадратичный момент прокатки. Нагрузочные диаграммы прокатки. Расчет производительности.

Назначение заготовочных станов. Типы заготовочных станов, их характеристика. Сортамент заготовок. Требования к продукции. Особенности технологического процесса на непрерывных состояниях (НЗС) заготовок с групповым и индивидуальным поводом. Производство заготовок на МНЛЗ для сортовых станов. Преимущества и недостатки процесса, перспективы развития.

Задачи калибровки валков НЗС. Константа калибровки. Определение константы калибровки по клетям. Определение уширения в калибрах разной формы. Корректировка размеров калибров. Составление таблиц калибровки.

Сортопрокатное производство.

Рельсобалочные и универсальные балочные станы. Сортамент продукции. Типы рельсобалочных станов. Рельсобалочные станы нового и старого типа. Особенности технологии на этих станах. Особенности обработки рельсов: горячий изгиб, холодная правка, фрезерование концов, сверловка отверстий. Термообработка рельсов. Процесс замедленного охлаждения, изотермическая выдержка.

Среднесортные и крупносортные станы. Сортамент продукции, типы станов: линейные, зигзагообразные, шахматные, полунепрерывные, непрерывные. Оборудование и технология прокатки.

Мелкосортные состояния. Сортамент продукции. Типы станов: линейные, полунепрерывные, непрерывные. Оборудование и технология прокатки. Применение обводных аппаратов на линейных и полунепрерывных станах при прокатке простых и фасонных профилей.

Проволочные станы. Сортамент продукции. Типы проволочных станов, применение чистовых блоков. Технологический процесс. Двухстадийное охлаждение. Термообработка катанки в потоке.

Калибровка круглой стали. Сортамент. Допуски по геометрическим размерам. Способы прокатки и калибровки круглой стали. Системы черновых калибров ромб-квадрат, овал-квадрат, овал-ребровый овал. Построение черновых и чистовых калибров. Особенности прокатки и калибровки круглой стали больших размеров.

Калибровка квадратной стали. Сортамент, допуски по геометрическим размерам. Расчет калибровки в системе ромб-квадрат. Построение черновых и чистовых калибров.

Калибровка полосы. Сортамент, допуски по геометрическим размерам. Схемы прокатки полосы. Построение калибров. Особенности прокатки и калибровки на непрерывных штрипсовых станах.

Калибровка неравнополочной и равнополочной угловой стали. Сортамент, допуски за геометрическими размерами. Методы калибровки угловой стали. Определение числа проходов и коэффициентов деформации по проходам, уширение полос, углов закрытия полок. Построение калибров с развернутыми полками. Определение нейтральной линии калибров. Составление таблицы калибровки.

Калибровка двутавровых балок. Сортамент, допуски по геометрическим размерам. Способы прокатки и калибровки валков. Условия деформации в открытых и закрытых фланцах. Определения вытяжки и прироста фланцев, уширения по стенке, вытяжек по стенке и фланцам, размеров калибров, высоты начальной заготовки. Построение калибров. Нейтральная линия калибров. Особенности прокатки балок в универсальных калибрах.

Калибровка швеллерной стали. Сортамент, допуски по геометрическим размерам. Способы прокатки швеллера. Расчет калибровки швеллера. Выбор системы калибровки в зависимости от условий конкретного стана. Определение числа проходов, коэффициентов деформации по проходам, размеров ложных фланцев, приращения действительных фланцев, уширения по стенке. Определение размеров калибров, размеров начальной заготовки. Типы контрольных калибров. Нейтральная линия калибров. Построение калибров. Особенности прокатки швеллеров с применением обводных аппаратов.

Калибровка рельсов. Сортамент, допуски по геометрическим размерам. Современные методы калибровки. Назначение тавровых калибров. Типы рельсовых калибров. Определение размеров калибров, размеров начальной заготовки.

Особенности прокатки и калибровки специальных профилей: автообвода, шпунтовой сваи, таврового, периодических и других профилей.

Листопрокатное производство.

Развитие, характеристика и размещение оборудования толстолистовых станов. Технология прокатывания листов в условиях толстолистовых станов. Схемы прокатки толстых листов и особенности деформирования металла. Энергосиловые и кинематические параметры процесса прокатки на толстоли-

стовых станах. Расчеты режимов обжатия при прокатке толстых листов. Профилировка рабочих и опорных валков. Термическая обработка толстолистовой стали. Технико-экономические показатели производства толстолистовой стали.

Характеристика и расположение оборудования широкополосных непрерывных и полунепрерывных станов. Технология прокатки полос в условиях широкополосных станов. Особенности прокатки в непрерывных группах широкополосных станов. Энергосиловые параметры прокатки на широкополосных станах. Режимы обжатия при прокатке в черновых и чистовых группах широкополосных станов. Профилировка рабочих и опорных валков.

Прокатка полосовой стали в условиях станов с моталками в печах, и в условиях планетарных станов. Окончательная отделка горячекатаной полосовой стали. Технико-экономические показатели производства горячекатаной полосовой стали.

Производство полосовой и листовой стали в условиях станов холодной прокатки. Общая характеристика технологического процесса и оборудование цехов холодной прокатки. Очистка горячекатаных полос от окалины. Характеристика станов холодной прокатки. Технология холодной прокатки. Технологические масла и охлаждающие жидкости.

Энергосиловые параметры во время холодной прокатки. Расчеты режимов обжатия во время холодной прокатки полос и листов. Профилировки рабочих и опорных валков. Термическая обработка холоднокатаной стали. Дрессировка холоднокатаной стали. Окончательная отделка холоднокатаной стали. Технико-экономические показатели производства холоднокатаной стали.

Технология производства двухслойных листов путем горячей прокатки. Технология производства двухслойных листов путем холодной прокатки. Экономическая целесообразность производства двухслойных листов.

Трубопрокатное производство.

Цели и задачи курса при подготовке специалиста по ОМД. Сортамент бесшовных труб и их назначения. Трубопрокатные агрегаты для производства бесшовных труб. Процесс прошивки заготовки в гильзу.

Горячая прокатка бесшовных труб на пилигримовом и автоматическом станах. Прокатка труб на трубонепрерывных станах. Основное оборудование пилигримового, автоматического и трубонепрерывного станов. Их характеристики и сортамент выпускаемых на агрегатах для прессования.

Производство сварных труб. Сортамент станов для производства сварных труб. Основные средства производства сварных труб. Электродуговая сварка под флюсом. Сварка с прямым и спиральным швом. Характеристики станов для сварки труб и их назначения. Сортамент холоднокатаных труб.

Холодная прокатка и волочение труб.

Оборудование для холодной прокатки и волочения, их характеристика, назначение. Сортамент холоднокатаных труб.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В МАГИСТРАТУРУ

Вступительное испытание в магистратуру (далее - ВИ) проводится в форме тестирования. Для проведения тестирования формируются отдельные группы абитуриентов в порядке поступления (регистрации) документов. Список абитуриентов, допущенных к сдаче ВИ, формируется председателем отборочной комиссии факультета.

Для проведения тестирования комиссией по проведению вступительного испытания в магистратуру предварительно готовятся тестовые задания согласно Программы вступительного испытания в магистратуру «Металлургия». Программа ВИ обнародуется на официальном веб-сайте ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

ВИ проводится в сроки, предусмотренные Правилами приема в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

На тестирование абитуриент должен явиться с паспортом, шариковой ручкой синего цвета и листом результатов вступительных экзаменов, который выдается секретарем отборочной комиссии факультета.

В начале ВИ абитуриент получает тестовое задание, которое содержит задание с вариантами ответов по дисциплинам, которые указаны в программе ВИ, и отвечает на эти задания в течение 60 минут. Ответы фиксируются в бланке «Письменной работы». Правильный ответ на каждое задание оценивается в 2 балла. Пользоваться при тестировании печатными или электронными информационными средствами запрещается.

Результаты ВИ оцениваются по 100-бальной шкале по правилам, которые указаны в разделе «Критерии оценивания» данной программы.

Абитуриент должен набрать не менее 25 баллов. Это позволит абитуриенту принять участие в конкурсе при поступлении в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

Уровень подготовки	Требования уровня подготовки согласно критериям оценивания	Балл по стобальной шкале
«отлично»	Абитуриент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. В тестовых ответах допущено не более 10% ошибок.	90-100
«хорошо»	Абитуриент знает программный материал. В тестовых ответах допущено не более 35% ошибок.	74-89

«удовлетворительно»	Абитуриент знает только основной материал. В тестовых ответах допущено от 25% до 65% ошибок.	25-73
«неудовлетворительно»	Абитуриент не знает значительной части программного материала. В тестовых ответах допущено более 75% ошибок.	0-24

Примечание. Уровень подготовки «неудовлетворительно» является недостаточным для участия в конкурсе на зачисление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства [Текст]. Учебное пособие / А. И. Рудской, В. А. Лунев. — СПб: Лань, 2023. — 528 с. URL: https://glavkniga.su/book/682925 (дата обращения: 08.01.2026). — Текст : электронный.
2. Гамин, Ю.В. Основы проектирования прокатных и трубных цехов металлургических заводов: учеб. пособие / Ю.В. Гамин, Б.А. Романцев, А.С. Алещенко. – М. : Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2020. – 146 с. https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=LANY--167643891 (дата обращения: 08.01.2026). — Текст : электронный.
3. Серебряков, А.В. Технология производства сварных труб : учеб. пособие / А.В. Серебряков, Д.А. Павлов ; Мин-во науки и высшего образования РФ.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 104 https://elar.urfu.ru/handle/10995/82562 (дата обращения: 08.01.2026). — Текст : электронный.
4. Зайцев, В. С. Алгоритмы проектирования параметров и режимов работы оборудования листопрокатных цехов : учебное пособие / В. С. Зайцев. — 3-е изд. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 704 с. — ISBN 978-5-9729-0555-3. — Текст : электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1833205 (дата обращения: 09.01.2026). — Режим доступа: по подписке.
5. Непрерывная разливка сортовой заготовки : монография / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, А.Л. Подкорытов и др. ; мин-во образования и науки Украины. ДонГТУ . ─ Алчевск : ДонГТУ, 2012 . ─ 450 с.
6. Куберский, С.В. Непрерывная разливка стали : учеб. пособие для студ. вузов спец."Металлургия черных металлов" / С.В. Куберский ; мин-во образования и науки Украины. ДонГТУ . ─ Алчевск : ДонГТУ, 2005 . ─ 354 с.
7. Валуев, Д.В. Непрерывная разливка стали и сплавов: учебное пособие/ Н.А. Козырев, Р.А. Гизатулин, Д.В. Валуев; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. –406с. Электронный ресурс. Режим доступа: https://studylib.ru/doc/6238614/posobie-nepreryvnaya-razlivka-stali-i-splavov-avtor-d-v

8. Данилов, Н.И. Энерго и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 16-19 декабря 2014 г.) [текст] / Под общ.ред. д-ра экон. Наук, проф.Н.И. Данилова: в 2 т. – Екатеринбург: УрФУ,2020.- Т1. -280с. То же [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://search.rsl.ru/ru/record/01007999014

9.Самойлов, М.В. Основы энергосбережения: учеб. Пособие [текст] / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев – Минск : БГЭУ,2022 -198с. То же [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://reallib.org/reader?file=568343

10. Стафиевская, В.В. Методы и средства энерго и ресурсосбережения : учеб. Пособие [текст] /В.В. Стафиевская, А.М. Велентеенко, В.А. Фролов. – Красноярск: ИПК СФУ.2018.- 431с. То же [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://search.rsl.ru/ru/record/01004752373

11. Поволоцкий Д.Я. Физико-химические основы процессов производства стали: Компьютерная версия учебного пособия для вузов. – 2-е изд., перер. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – 183 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000360211&dtype=F&etype=.pdf

12. Родзевич А.П. Физико-химические основы металлургических процессов: учебное пособие / А.П. Родзевич; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010 – 298 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://portal.tpu.ru/SHARED/n/NIMEZ/educationalwork/Tab1/FXOMP.pdf

13. Бойченко, Б.М. Конвертерное производство стали : теория, технология, качество стали, конструкция агрегатов, рециркуляция материалов и экология : учебник для студ. втузов, обуч. по спец. "Металлургия черных металлов" / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотский, П.С. Харлашин ; под ред. Б.М. Бойченко, В.Б. Охотского . ─ Дніпропетровськ : Дніпро-ВАЛ, 2006 . ─ 454 с.

14. Методические указания к выполнению расчетных заданий по дисциплинам «Теоретические основы сталеплавильных процессов», «Теория и технология производства стали 1» : (для студ. напр. подготовки 22.03.02 «Металлургия» 2 и 3 курса всех форм обуч.) / сост.: С.В. Куберский, О.В. Федотов, М.И. Воронько ; Каф. Металлургии черных металлов . ─ Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2021 . ─ 58 с. https://library.dstu.education/list.php?reallist=2&IDlist=Q_3

15. Ботников, С. А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла [текст] / С. А. Ботников // Волгоград, 2011. – 97 с. Электронный ресурс. Режим доступа: http://dias-ltd.ru/upload/rd/botnikov_sovremenniy_atlas_defectov.pdf

16. Шаповалов А.Н. Разливка и кристаллизация стали: Лабораторный практикум. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2014. – 68с. Электронный ресурс. Режим доступа: http://nf.misis.ru/download/mt/Razlivka_i_kristallizaciya_stali.pdf

17. Расчеты технологических и конструктивных параметров МНЛЗ: учеб.

пособие / С.В. Куберский, С.В. Семирягин, О.В. Федотов. – Алчевск: ДонГТУ, 2006. – 148 с.

18. Методические указания к выполнению задания «Проектирование технологии и оборудования разливки стали в слитки» по дисциплине «Теория разливки и кристаллизации стали» (для студентов металлургических специальностей 6.090.401) /Сост.: Д.Б. Васильев, В.С. Эссельбах - Алчевск: ДонГТУ, 2006. - 18 с. Электронный ресурс.

19. Мирзажонова С.Б., Маткаримов С.Т., М.С.Саидова., Боходирова Н.К. Технологии переработки горно-металлургических отходов. Монография. – Ташкент. 2023. 134 – с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/365362157_TEHNOLOGII_PERERABOTKI_GORNO-_METALLURGICESKIH_OTHODOV

20. Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов: учебное пособие / Д.В. Валуев; Юргинский технологический институт. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 196 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VALUEV/Ychrab/Tab2/posobie_tehnologii_pererabotki_othodov_v_metallurgiidoku.pdf

21. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии: монография / К.Г. Пугин, Я.И. Вайсман, Б.С. Юшков, Н.Г. Максимович. – Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2008. – 316 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://studfile.net/preview/19949883/

22. Использование мартеновских шлаков АМК в аглодоменном производстве / С.Н. Петрушов и др. ─ Алчевск : ДГМИ, 2002 . ─ 82 с. ─ Режим доступа: https://library.dstu.education/list.php?IDlist=Q_1

23. Дрещинский, В.А. Методология научных исследований : учебник для студ. вузов, обучающихся по всем направ. / В.А. Дрещинский . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2022 . ─ 275 с.

24. Куркова О. П. Организация и планирование научно-технических исследований и разработок: монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2018. – 245 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://publishing.intelgr.com/archive/research-organization.pdf

25. Организация научных исследований: Конспект лекций [Текст] / А.Н. Сутягин – Рыбинск: РГАТУ, 2015. – 51 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://www.rsatu.ru/upload/medialibrary/db9/Organizatsiya-nauchnykh-issledovaniy_Lektsii-_-Sutyagin-.pdf?ysclid=lqco5osety149989063

26. Гречников Ф.В. Основы научных исследований: учеб. пособие / Ф.В. Гречников, В.Р. Каргин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 111 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-posobiya/Osnovy-nauchnyh-issledovanii-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-po-programmam-vyssh-prof-obrazovaniya-ukrupn-gruppy-specialnostei-i-napravlenii-150000-Metallurgiya-mashinostroenie-i-materialoobrab-54543/1/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%A4.%D0%92.%20%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B.pdf?ysclid=lqco6aphea113711699

27. Кузин, Ф.А. Магистерская диссертация: Методика написания, правила оформления и процедура защиты: Практ. пособие для студентов-магистрантов / Кузин Ф.А.. – М., 2008. – 88 с.
https://studfile.net/preview/272747/

28. Братухин Ю.К., Путин Г.Ф. Б 87 Обработка экспериментальных данных: Учебное пособие по лабораторному практикуму «Механика» курса общей физики / Перм. ун-т. – Пермь, 2003. – 80 с. ISBN 5–7944–0370

29. Бигеев В. А. Основы металлургического производства : учебник для вузов / В. А. Бигеев, К. Н. Вдовин, В. М. Колокольцев [и др.]; под общей редакцией В. М. Колокольцева. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 616 с. – URL : https://reader.lanbook.com/book/267362?demoKey=4dbc7a1fa24b724d64fb298598b00799#2 (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

30. Клим, О. Н. Основы металлургического производства : учебное пособие для среднего профессионального образования / О. Н. Клим. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 168 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-13295-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/519357 (дата обращения: 25.08.2024). – Текст : электронный.

31. Постникова, С. С. Оценка рационального использования природных ресурсов : учебное пособие / С. С. Постникова, С. С. Зубова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. – 96 с. [Электронный ресурс]. ─ Режим доступа: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/11917/1/Postnikova_22.pdf?ysclid=m4vfzsgg4d814644931 (дата обращения: 25.08.2024)

32. Вдовий К. Н. Основы производства стали : учебное пособие для СПО / К. Н. Вдовин, Ю. А. Колесников. — 3-е изд., стер. — Санкт- Петербург : Лань, 2021. — 252 с. : ил. — Текст : непосредственный.

33. Гамов, П.А. Внепечная обработка и непрерывная разливка стали: решение практических задач: учебное пособие / П.А. Гамов, С.В. Зырянов, С.П. Салихов. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. - 50 с.

34. Гамов, П.А. Производство стали в кислородных конвертерах: решение практических задач: учебное пособие / П.А. Гамов, С.В. Зырянов, С.П. Салихов - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. - 47 с.

35. Протасов, А. В. Рафинирование стали в процессе разливки : монография / А. В. Протасов, Б. А. Сивак, Л. А. Смирнов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 328 с. :

36. Агеев, Н. Г. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учеб, пособие / Н. Г. Аге ев, — Екатеринбург : Изд-во Урал, ун-та, 2016,— 108 с.

37. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. Учебник для вузов / А.И. Целиков [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Металлургия, 1988.

38. Цымбал В.П. Математическое моделирование металлургических процессов.- М., «Металлургия», 1986.

39. Михайлов А.М. Литейное производство. М.: Машиностроение, – 1987.

40. Теплоэнергетика металлургических заводов. Учебник для вузов. / Розенгарт Ю.И. [и др.] - М.: Металлургия, 1985 — 303 с.

41. Металлургическая теплотехника. Т1. Теоретические основы / Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Мастрюков Б.С. и др. М.: Металлургия, 1986. – 426с.

42. В.А. Кривандин, Ю.П. Филимонов. Теория, конструкции и расчёты металлургических печей. Т1. Теория и конструкция металлургических печей. М.: Металлургия, 1986. – 479с.

43. Шурхал В.Я. и др. Физикохимия металлургических систем и процессов. - Киев. Высшая школа, 2000.

44. Дорофеев В.Н. «Конструкция и проектирование доменных печей», Киев, УМК ВО,1991.

45. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна К., "Вища школа", 1988 – 351 с.

46. Механическое оборудование металлургических заводов. Механическое оборудование фабрик окускования и доменных цехов./ Гребеник В.М., Сторожик Д.А., Демьянец Л.А. и др. - К.: Вища школа, 1985. - 312 с.

47. Плискановский С.Т. и Полтавец В.В. «Оборудование и эксплуатация доменных печей», Днепропетровск,Пороги,2004.

48. Фастовский М.Х., Дакалов Г.В., Носовский А.А Механическое и транспортное оборудование агломерационных фабрик - М.: Металлургия, 1983. 264 с.

49. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Шевченко В.Е. Металлургия чугуна. Киев, "Вища школа", 1981.

50. Дорофеев В.Н., Должиков В.В.,Чистяков В.Г. Теория и технология доменного процесса: Сб. задач.– Алчевск, ДонГТУ, 2005.

51. Конспект лекций по дисциплине "Теория и технология подготовки сырья". Ровенский И.И. ДГМИ, 2000 г.

52. Вегман Е.Ф. и др. Металлургия чугуна. М. Металлургия, 1978.

53. Шур А.Б. Тепломассообмен в доменной печи. Ч. 1: Уч. пособие .– Алчевск: ДонГТУ, 2006.

54. Кудрин В.А. Металлургия стали: Уч. для ВУЗов.- М.: Металлургия, 1989 .- С. 365 – 419.

55. Научные основы современных сталеплавильных процессов / А.В. Явойский [и др.].- Мариуполь, 2003.- 276 с.

56. Вихлевщук В.А., Харахулах В.С., Бродский С.С. Ковшевая доводка стали.- Днепропетровск: Системные технологии, 2000.- 190 с.

57. Непрерывная разливка сортовой заготовки : монография / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, А.Л. Подкорытов и др. ; мин-во образования и науки Украины. ДонГТУ . ─ Алчевск : ДонГТУ, 2012 . ─ 450 с.

58. Теплоэнергетика металлургических заводов. Учебник для вузов. Розенгарт Ю.И, [и др.] М.: Металлургия, 1985. —303 с.

59. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. - М,, Металлургия, 1988.

60. Рыжонков Д. И., Падерин С. Н., Серов Г. В., Жидкова Л. К. Расчеты металлургических процессов на ЭВМ. - М , Металлургия, 1988.

61. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов: Уч. пособие. – Киев-Донецк: “Вища школа”, 1979. – 276 с.

62. Борнацкий И.И. Физико-химические основы сталеплавильных процессов. – М.: Металлургия, 1974, 319 с.

63. Борнацкий И.И. Теория металлургических процессов: Учебное пособие. - Киев-Донецк: “Вища школа”, 1978. – 287 с.

64. Гуляев А.П. «Металловедение», М: Металлургия, 1986 г.

65. Лахтин Ю.М. «Металловедение и ТО», М: Металлургия, 1983

66. Новиков И. И. Теория термической обработки металлов и сплавов, М., Машиностроение, 1986г.

67. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургия.-1978 г.-360 с.

68. Рудской, А.И. Теория и технология прокатного производства. Учебное пособие / А.И. Рудской, В.А. Лунев. - СПб: Наука, 2008. – 527 с.

69. Грудев А.П. Теория прокатки. - М.: Металлургия.-1988. 240 с.

70. Теория продольной прокатки / А.И. Целиков [и др.] - М.: Металлургия.- 1980.- 319 с.

71. Коновалов, Ю.В. Металлургия. Учебное пособие в 3 кн. К.2. Металловедение и основы термической обработки металлов. Теоретические основы обработки металлов давлением. Сортамент прокатной продукции. Производство заготовок. Листопрокатное производство / Ю.В. Коновалов, А.А. Минаев. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. – 527 с.

72. Коновалов, Ю.В. Металлургия. Учебное пособие в 3 кн. К.3. Сортопрокатное производство. Дефекты слитков, заготовок, листового и сортового проката, их контроль и способы предупреждения. Производство специальных видов проката, труб и биметаллов. Валки прокатных станов. Волочение, прессование, ковка и штамповка металла / Ю.В. Коновалов, А.А. Минаев. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2013. – 603 с.

73. Гарбер, Э.А. Теория прокатки. Учебное пособие / Э.А. Гарбер, И.А. Кожевникова. — Череповец: ЧГУ; Москва: Теплотехник, 2013. - 306 с.

74. Орлов, Г.А. Основы теории прокатки и волочения труб : учебное пособие / Г.А. Орлов. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 204 с.

75. Василев, Я.Д. Теория и продольной прокатки [Текст]. Учебник для вузов / Я.Д. Василев, А.А. Минаев. — Донецк: УНИТЕХ, 2010. — 456 с.

76. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов. М.: Металлургия, 1985.- 480с.

77. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Машины и агрегаты для производства и отделки проката: учебник для вузов / Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. и др. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с.

78. Антипин, В.Г. Прокатные станы. Справочник. В 3-х томах. Т.1. Об-

жимные, заготовочные и сортовые прокатные станы 500-950 / В.Г. Антипин, С.В. Тимофеев, Д.К. Нестеров и др., 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1992. – 429 с.

79. Антипин, В.Г. Прокатные станы. Справочник. В 3-х томах. Т.2. Средне-, мелкосортные и специальные станы / В.Г. Антипин, С.В. Тимофеев, Д.К. Нестеров и др., 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1992. – 496 с.

80. Антипин, В.Г. Прокатные станы. Справочник. В 3-х томах. Т.3. Листопрокатные и профилегибочные станы / В.Г. Антипин, С.В. Тимофеев, Д.К. Нестеров и др., 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1992. – 428 с. Технология прокатного производства: Учебное пособие. / В.М. Клименко [и др.] - К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989, - 311 с.

81. Коновалов, Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос. – М.: ГВУЗ "Теплотехника", 2008. – 640 с.

82. Коновалов, Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 2. Производство холоднокатаных листов и полос. – М.: ГВУЗ "Теплотехника", 2010. – 608 с.Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковцев Р.А. Калибровка прокатных валков: Учебное пособие для вузов.- М.: Металлургия, 1971. - 512 с.

83. Прокатное производство: Учебник для вузов. 3-е издание. / Полухин П.И. [и др.] - М.: Металлургия, 1982.- 696 с.

84. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков: Учебное пособие для вузов.- М.: Металлургия, 1987. - 368 с.

85. Сафьян, М.М. Технология процессов прокатки и волочения. Листопрокатное производство: Учебник / М.М. Сафьян, В.Л. Мазур, А.М. Сафьян, А.И. Молчанов. К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 351 с.

86. Луценко, В.А. Производство двухслойных листов: Монография / А.И. Беседин, А.В. Сатонин. - Алчевск: ДонГТУ, 2010. – 423 с.

87. Луцкий, М.Б. Производство двутавровых балок: Монография. - Алчевск: ДонГТУ, 2004. – 400 с.

88. Друян В.М., Гуляев Ю.Г., Чукмасов С.А. Теория и технология трубного производства – Днепропетровск, РИА «Днепр-ВАЛ», 2001. – 544 с.

89. Луцкий, М.Б. Производство швеллеров: Монография / М.Б.Луцкий, А.А. Чичкан, П.Н. Денищенко. - Алчевск: ДонГТУ, 2012. – 281 с.

90. Шаталов, Р. Л. Расчет, проектирование и применение прокатного оборудования : учебное пособие / Р. Л. Шаталов. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 236 с. — ISBN 978-5-9729-0434-4. — Текст : электронный. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1168543 (дата обращения: 09.01.2026). — Режим доступа: по подписке.

91. Шпунькин, Н.Ф. Обработка давлением: материалы, процессы, оборудование [Текст] / Н. Ф. Шпунькин. — М: Инфра-Инженерия, 2023. — 124 с.