



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА «МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»



«Утверждаю»

Зам.председателя Ученого Совета

к.т.н., доцент

 Айкеева А.А.

«29» 06 2018г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В ДОКТОРАНТУРУ**

по специальности 6D070900 «Металлургия»

Рассмотрено на заседании кафедры «Металлургия и материаловедение»
протокол № 10 от «28» 05 2018 г.

И.о.зав. кафедрой «МиМ»

/ Декан «ФМиМ»



Нурумгалиев А.Х..

Мусин Д.К.

Темиртау, 2018г.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Определение соответствия знаний, умений и навыков магистров по комплексу базовых, профильных дисциплин и дисциплин специализации требованиям программы по подготовке докторантов специальности 6D070900-Металлургия.

ПЕРЕЧЕНЬ ДИСЦИПЛИН, ВЫНОСИМЫХ НА ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН

Программа вступительного экзамена в докторантуру по специальности 6D070900-Металлургия включает круг основных вопросов базовых и профилирующих дисциплин, соответствующих типовому и рабочему учебным планам подготовки магистров специальности 6M070900-Металлургия.

Дисциплины, выносимые на вступительный экзамен:

- Модуль Инновационные технологии переработки сырьевых ресурсов черной и цветной металлургии (Современные и перспективные технологии переработки сырьевых ресурсов черной и цветной металлургии)

- Теория металлургических процессов

- Технология металлургических процессов

ТЕМЫ ДИСЦИПЛИН, ВЫНОСИМЫХ НА ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН

1. Инновационные технологии переработки сырьевых ресурсов черной и цветной металлургии (Современные и перспективные технологии переработки сырьевых ресурсов черной и цветной металлургии)

Характеристика сырья черной и цветной металлургии

Минералы, руды, месторождения. Железные, марганцевые, хромитовые руды и др. Месторождения, их минералогический и химический состав.

Способы добычи руд. Оценка затрат на горные работы и структура добываемых из недр ценностей.

Флюсы цветной и черной металлургии. Металлургическое топливо и другие виды энергии, потребляемые металлургическими предприятиями.

Понятие о воспроизводимом и невоспроизводимом сырье, материалах.

Принципы металлургической переработки и комплексного использования сырья

Дробление и измельчение руд. Способы обогащения руд. Степень обогащения. Извлечение металлов в концентраты и другие продукты обогащения. Анализ причин снижения извлечения металлов в концентраты.

Принципиальная технологическая схема переработки концентратов пирометаллургическим и гидрометаллургическим способами. Комплексная переработка железных (магнетитовых, бурожелезняковых) руд Казахстана. Комплексная переработка марганцевых руд Казахстана. Комплексное использование хромовых руд. Комплексное использование титанциркониевых руд. Комплексная переработка титанованадийсодержащих железных руд. Утилизация хвостов обогащения, использование вскрышных пород.

Основные требования к технологиям переработки сырья. Характеристика основных продуктов металлургической переработки. Показатели металлургической переработки руд: извлечение металлов, комплексность использования, использование тепла экзотермических реакций и др. Оценка распределения ценностей по продуктам металлургической переработки. Принципы повышения комплексности использования сырья.

Основы процессов комплексной переработки полиметаллического и медно-цинкового сырья

Обжиг полиметаллического сырья. Цели обжига. Термодинамика обжига. Термодинамический анализ систем: металл-сера-кислород.

Скорость процесса обжига. Примеры процессов обжига сульфидного сырья. Распределение по продуктам обжига основных и сопутствующих металлов, серы, мышьяка и т.д. Использование тепла экзотермических реакций. Переработка возгонов, пылей и газов.

Типы плавильных агрегатов. Автогенные плавки. Поведение металлов при плавках. Примеры анализа процессов плавки. Характеристика шлаков. Окислительно-сульфидирующие свойства систем, распределение основных и сопутствующих металлов между продуктами. Факторы, влияющие на потери основных металлов со шлаком. Поведение примесей при плавке. Особенности технологии плавки в различных печах.

Тепловые балансы плавки. Использование кислорода при автогенных процессах. Утилизация сернистого газа из реакционных газов. Поведение редких, рассеянных и благородных металлов при плавках. Распределение мышьяка и сурьмы между продуктами плавки. Развитие автогенных процессов.

Условия, обеспечивающие высокое извлечение ценных сопутствующих элементов. Применение хлорирования при переработке рудного сырья.

Обеднение и использование шлаков черной и цветной металлургии

Образование металлургических шлаков. Их классификация. Состав и физико-химические свойства. Теории строения расплавленных оксидных систем. Формы потерь металлов со шлаком.

Переработка шлаков. Хлорирование. Вельцевание.

Технологические особенности переработки металлургических шлаков. Грануляция доменных шлаков. Существующие способы. Использование гранулированного шлака. Получение минеральной ваты, шлаковой пемзы, литых изделий из доменных шлаков. Опыт переработки шлаков на АО «Миттал Стил Темиртау».

Переработка сталеплавильных и ферросплавных шлаков и использование продуктов переработки.

Теоретические основы обеднения шлаков. Роль энергетических воздействий на процесс разделения продуктов плавки. Обеднение шлаков цементацией, флотацией, промывкой сульфидами и т.д. Особенности распределения металлов между шлаком и штейном в условиях автогенных плавов.

Переработка труднообогатимых свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения

Характеристика полиметаллических руд. Сульфидные, окисленные и карбонатные минералы. Обогащение. Извлечение цинка и свинца в концентраты.

Вскрытие минералов. Дробление, измельчение. Предварительное активирующее сульфидирование. Теоретические основы и технологические показатели низкотемпературного гидрометаллургического сульфидирования. Сульфидирование в автоклавах. Активирующий сульфидирующий обжиг. Хлорирующий обжиг.

Переработка забалансовых руд и некондиционных промпродуктов

Характеристика забалансовых руд. Термодинамическое обоснование выщелачивания минералов из забалансовых руд. Обменное и окислительное выщелачивание. Организация процессов. Механизм и кинетика процесса. Бактериальное выщелачивание. Поведение минералов при выщелачивании. Извлечение металлов из растворов. Экстракция цементацией, гидролизом, сорбцией. Гидрометаллургия меди. Теория и практика кучного выщелачивания. Технология «экстракции — электроосаждение».

Переработка отходов горно-металлургического комплекса

Образование и классификация шламов и пылей металлургического производства. Особенности подготовки, переработки и использования шламов и пылей черной и цветной металлургии.

Пирометаллургические способы переработки шламов металлургического производства и других дисперсных материалов.

Гидрометаллургические способы утилизации металлургических шламов и других дисперсных материалов.

Плавление и восстановление железосодержащих отходов в жидкой ванне.

Способы переработки металлургических пылей и шламов с применением низкотемпературной плазмы.

Переработка продуктов и отходов коксохимического производства. Существующие технологии. Анализ проблем, связанных с комплексной переработкой металлургического сырья.

Использование кеков от выщелачивания. Извлечение мышьяка из возгонов.

Основы оборотного водоснабжения и санитарной очистки газов.

Состав сточных вод. Основные вредности. Теоретические основы очистки сточных вод нейтрализацией, сульфидированием, сорбцией, Организация оборотного водоснабжения на металлургических предприятиях. Очистка и использование оборотных вод при обогащении.

Состав газов металлургических предприятий. Требования к газам, выбрасываемых в атмосферу. Очистка и утилизация газов, практическое использование различных способов очистки газов, содержащих оксиды серы и углерода, углеводороды и другие соединения. Создание безотходных экологически безопасных технологий - главная задача металлургов.

Энергопотребление металлургических предприятий

Основные энергопотребители. Использование тепла экзотермических реакций. Использование вторичных газов в качестве топлива. Утилизация тепла отходящих газов. Применение более дешевых энергоносителей. Подогрев дутья. Примеры тепловых балансов различных процессов.

2. Теория металлургических процессов

Процессы горения и свойства высокотемпературной газовой фазы. Термодинамические характеристики реакций горения при высоких температурах. Диссоциация газов при высоких температурах. Окислительные свойства газовой фазы. Кислородный потенциал газовой фазы. Реакция водяного газа и свойства сложных газовых смесей. Взаимодействие углерода с кислородсодержащей газовой фазой. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности раздела фаз и химические реакции. Применение теории диффузионной кинетики к окислительным пирометаллургическим процессам.

Процессы диссоциации и образования карбонатов, оксидов и сульфидов. Диссоциация оксидов. Зависимость равновесного давления кислорода от температуры. Стандартная свободная энергия образования

оксидов. Диссоциация оксидов в системах с растворами. Газообразные оксиды в системах с растворами. Диссоциация оксидов, связанных в химические соединения.

Диссоциация карбонатов. Равновесное давление кислорода в системе металл — оксид металла. Стандартное изменение свободной энергии образования оксидов металлов. Влияние фазовых превращений на прочность оксидов металлов. Влияние образования растворов на прочность оксидов. Влияние вакуума на прочность оксидов. Термодинамические характеристики прочности сульфидов.

Процессы восстановления оксидов металлов газами, твердым углеродом. Восстановительные процессы. Термодинамические основы процессов восстановления. Восстановление газообразными твёрдыми и металлическими восстановителями. Особенности поведения восстановителей, возможности их использования. Кинетические особенности восстановления газом-восстановителем и твердым углеродом. Активность компонентов в металлическом расплаве. Теоретические положения твёрдофазного восстановителя металлов углеродом. Физико-химические особенности регенерации оксида углерода и диссоциации оксидов металлов. Кинетика слоевого восстановления газом. Закономерности кинетики процессов. Влияние температуры и состава газа на скорость процессов. Особенности восстановления металлов твердым углеродом в несмешивающихся и пространственно-разобщенных слоях. Теоретические основы и возможности организации селективного восстановления металлов при использовании в качестве восстановителя твердого углерода.

Металлические и оксидные расплавы и их термодинамические характеристики. Активность компонентов в металлическом расплаве. Распределение кислорода между металлом и шлаком. Термодинамические пределы окисления примесей металлической ванны под шлаком заданного состава. Распределение элементов между металлом и шлаком в восстановительных условиях. Распределение фосфора между металлом и шлаком. Распределение серы между металлом и шлаком. Жидкие металлы и шлаки. Общая характеристика и строение жидких металлов и шлаков. Дифракционный анализ структуры жидких металлов и сплавов. Определение структурно — чувствительных свойств. Потенциал Леннарда — Джонсона. Физические свойства жидких металлов. Вязкость жидких металлов. Плотность. Поверхностное натяжение жидких металлов. Электрические свойства жидких металлов. Электрическое сопротивление. Определение температурного коэффициента электрического сопротивления. Жидкие шлаки. Строение жидких шлаков. Химический и минералогический составы шлаков. Ионное строение шлаков. Ионная теория, ее развитие. Ионные расплавы в современной технике. Диаграммы состояний шлаковых систем. Физико-химические свойства шлаков. Плотность и мольные объемы, поверхностные свойства, вязкость, диффузия в ионных расплавах.

Теория строения шлаковых расплавов. Теория совершенных ионных расплавов М.И. Темкина. Теория регулярных ионных растворов. Полимерная теория шлаковых расплавов. Теория строения шлаков, как фаз с коллективной электронной системой. Основы взаимодействия металлической, оксидной и газовой фаз. Термодинамические основы окислительного рафинирования металлов. Кислородный потенциал оксидов. Термодинамическая устойчивость оксидов. Определение активностей и коэффициентов активностей элементов. Определение активностей компонентов шлаковых расплавов по обобщенным диаграммам.

Термодинамическое моделирование. Содержание и методология.

Постановка задачи моделирования. Методы определения равновесных состояний в неорганических системах (полный термодинамический анализ). Активность. Разбавленные растворы.

Аналитическое выражение концентрационной зависимости термодинамической функций в бинарных системах.

Термодинамическое моделирование. Содержание и методология. Методы расчета термодинамических функций в трех-компонентных системах на основании данных о граничных бинарных системах.

Расчет энергии Гиббса химических реакций и индивидуальных веществ

Термодинамические расчеты фазовых и химических равновесий. Достоверность результатов термодинамического моделирования.

3. Технология металлургического производства

Современные тенденции развития аглодоменного производства.

Общая характеристика процессов доменной плавки. Движение шихты и газов в доменной печи, рациональное их распределение. Развитие косвенного и прямого восстановления в доменной печи. Образование чугуна и шлака. Процессы в горне доменной печи. Техничко-экономические показатели доменной плавки.

Тенденции развития агломерационного процесса. Пути и методы интенсификации агломерационного процесса, улучшения качества агломерата и снижения его себестоимости.

Тенденции развития доменного процесса. Пути и методы интенсификации доменного производства.

Бескоксая металлургия железа. Развитие внедоменных методов получения железа. Твердофазные и жидкофазные способы производства первичного металла. Получение ГЖ в шахтных печах (процессы Мидрекс, ХиЛ, Purofer и др.), ретортах периодического действия, реакторах кипящего слоя (Fior, FINMET), вращающихся трубчатых печах, в печах с вращающимся подом (Inmetco, FASTMET). Процессы Corex, Ромелт и др.

Современные тенденции развития сталеплавильного производства. Общая характеристика способов производства стали. Экономические предпосылки их применения и развития.

Кислородно-конвертерный процесс. Изменение состава металла, шлака и газа по ходу процесса. Варианты конвертерного передела. Основы контроля и автоматизации конвертерного процесса. Производство легированных сталей. Техничко-экономические показатели конвертерного производства.

Производство стали в электрических печах. Устройство дуговой электропечи. Технологические особенности выплавки стали в основной дуговой сталеплавильной печи. Периоды плавки. Разновидности технологии плавки в большегрузных печах. Техничко-экономические показатели работы электросталеплавильных печей.

Выплавка сталей и сплавов в открытых и вакуумных индукционных печах. Вакуумный дуговой переплав. Электрошлаковый переплав. Электроннолучевая плавка. Плазменнодуговой переплав. Зонная плавка металлов высокой чистоты. Экономические обоснования применения новых методов выплавки высоколегированных сталей и сплавов (ЭШП, ВДП, ЭЛП, ПДП).

Новый класс стали с ультранизким содержанием углерода. Технология производства. Производство коррозионно-стойкой стали. Процесс АОД. Газо-кислородное рафинирование. Инновации в производстве коррозионно-стойкой стали.

Развитие непрерывной разливки стали, мероприятия направленные на улучшение качества слитка. Технологии совмещения литья и прокатки.

Дуговая печь постоянного тока Contiarc и Comelt. Особенности тепловой и температурный режимы процесса. Конструкция печей.

Двухэлектродная дуговая печь. Классификация способов использования данной печи. Двухэлектродная дуговая печь постоянного тока.

Двухкорпусная дуговая сталеплавильная печь. Возможности процесса и границы его применения. Обзор особенности тепловой работы. Двухкорпусная дуговая печь постоянного тока фирмы Gallatin Steel (США). Двухкорпусная дуговая печь постоянного тока с двумя комплектами тоководов и электродов конструкции фирмы Nippon Steel.

Сочетание дуговой печи постоянного тока и конвертера. Методы сочетания дуговой печи постоянного тока и конвертера. Существующая практика применения. Дуговая печь Korfarc. Двухкорпусный агрегат Conarc.

Двухшахтная дуговая печь. Общая характеристика печи. Схема работы двухшахтной ДСП. ДСП с шахтным подогревателем лома.

Выплавка электростали с непрерывной загрузкой горячей шихты. Преимущества электроплавки стали с непрерывной загрузкой шихты. Энергетические преимущества. Технологические преимущества. Процесс Consteel. Основные показатели технологии Consteel. Влияние подогрева скрапа на расход технологической электроэнергии.

Возможность удаления неметаллических включений из расплава при помощи керамических фильтров. Влияние неметаллических включений на разливаемость стали. Возможность удаления неметаллических включений из расплава при помощи керамических фильтров.

Синтиком. Его характеристика и преимущества над другими шихтовыми материалами. Улучшенные металлургические свойства.

Модернизированные виды конвертеров. Схема КМС процесса, основные преимущества метода ГКР. Схема ПСМ процесса.

Пульсирующее дутье. Применение пульсирующего дутья в конвертерном процессе.

Продувка в конвертере с циклическим расходом кислорода. Изменение расхода кислорода и скорости окисления углерода при циклическом расходе кислорода. Система прогнозирования выбросов.

Производство ферросплавов. Назначение и виды ферросплавов. ГОСТы на ферросплавы. Устройство ферросплавных печей. Основы производства сплавов на основе кремния, марганца, хрома. Основы производства малой группы ферросплавов на основе вольфрама, титана, молибдена, ванадия и других. Техничко-экономические показатели производства ферросплавов.

Современные процессы производства цветных металлов. Пиро-гидро- и электрометаллургические способы получения цветных металлов.

Металлургия меди. Схемы пирометаллургического производства: обжиг руд и концентратов, плавка на штейн, конвертирование медных штейнов, огневое и электролитическое рафинирование.

Металлургия алюминия. Производство глинозема. Получение чернового алюминия и его рафинирование.

Анализ современного состояния и перспектив развития плавильных процессов при переработке рудного и техногенного сырья.

Разновидности автогенных процессов плавки и перспективы их использования.

Применение обжига в кипящем слое. Обжиг в шахтных печах сульфидных и окисленных материалов. Сравнительный анализ методов интенсивного обжига и перспективы их развития.

Автоклавные процессы. Современное состояние технологии и аппаратуры. Новые процессы с использованием автоклавов при переработке руд цветных и благородных металлов. Перспективы развития методов.

Процессы получения металлов высокой чистоты. Физико-химические методы очистки металлов: ликвационное рафинирование, сульфидирующее рафинирование, щелочное рафинирование, хлорное рафинирование и др.

Химические методы рафинирования: электролитическое и кристаллофизическое рафинирование. Рафинирующие переплавы.

Перспективы развития процессов рафинирования металлов и получения товарной продукции с заданными физико-химическими характеристиками.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В ДОКТОРАНТУРУ

- 1 Способы добычи руд. Оценка затрат на горные работы и структура добываемых из недр ценностей.
- 2 Флюсы цветной и черной металлургии.
- 3 Металлургическое топливо и другие виды энергии, потребляемые металлургическими предприятиями.
- 4 Понятие о воспроизводимом и невоспроизводимом сырье, материалах.
- 5 Способы обогащения руд. Извлечение металлов в концентраты и другие продукты обогащения. Анализ причин снижения извлечения металлов в концентраты.
- 6 Комплексная переработка железных (магнетитовых, бурожелезняковых) руд Казахстана.
- 7 Комплексная переработка марганцевых руд Казахстана.
- 8 Комплексное использование хромовых руд.
- 9 Комплексное использование титан-циркониевых руд.
- 10 Комплексная переработка титанованадийсодержащих железных руд.
- 11 Утилизация хвостов обогащения, использование вскрышных пород.
- 12 Обжиг полиметаллического сырья.
- 13 Основы процессов комплексной переработки полиметаллического и медно-цинкового сырья.
- 14 Обеднение и использование шлаков черной и цветной металлургии.
- 15 Переработка забалансовых руд и некондиционных промпродуктов.
- 16 Характеристика основных продуктов металлургической переработки.
- 17 Факторы, влияющие на потери основных металлов со шлаком.
- 18 Переработка шлаков. Хлорирование. Вальцевание.
- 19 Грануляция доменных шлаков.
- 20 Переработка сталеплавильных и ферросплавных шлаков
- 21 Активизирующий сульфидирующий обжиг.
- 22 Теоретические основы и технологические показатели низкотемпературного гидromеталлургического сульфидирования.
- 23 Гидromеталлургические способы утилизации металлургических шламов и других дисперсных материалов.
- 24 Переработка продуктов и отходов коксохимического производства.
- 25 Извлечение мышьяка из возгонов.
- 26 Теоретические основы очистки сточных вод нейтрализацией, сульфидированием, сорбцией
- 27 Состав газов металлургических предприятий.

- 28 Использование вторичных газов в качестве топлива.
- 29 Мероприятия, направленные на повышение технико-экономических показателей, решение проблем экологии и качества продукции
- 30 Достоверность результатов термодинамического моделирования
- 31 Термодинамические расчеты фазовых и химических равновесий.
- 32 Алгоритм и схема физико-химического моделирования
- 33 Равновесное состояние отдельной химической реакции в системе частного термодинамического анализа
- 34 Методы определения равновесных состояний в неорганических системах (полный термодинамический анализ)
- 35 Аналитические выражение концентрационной зависимости термодинамической функций в бинарных системах.
- 36 Термодинамические характеристики химической реакции
- 37 Избыточные термодинамические функции. Активность. Разбавленные растворы.
- 38 Методы приближенного расчета термодинамических свойств неорганических соединений.
- 39 Применение системного анализа к некоторым этапам логической схемы выполнения термодинамического моделирования
- 40 Методы расчета термодинамических функций в двух-компонентных системах
- 41 Методы приближенного расчета термодинамических свойств неорганических соединений
- 42 Хром и сплавы на его основе.
- 43 Дуговая печь постоянного тока Contiarc и Comelt. Особенности тепловой и температурный режимы процесса.
- 44 Двухкорпусная дуговая сталеплавильная печь. Возможности процесса и границы его применения
- 45 Двухкорпусная дуговая печь постоянного тока фирмы Gallatin Steel (США).
- 46 Двухкорпусная дуговая печь постоянного тока с двумя комплектами тоководов и электродов конструкции фирмы Nippon Steel.
- 47 Возможность удаления неметаллических включений из расплава при помощи керамических фильтров.
- 48 Синтиком. Его характеристика и преимущества над другими шихтовыми материалами.
- 49 Модернизированные виды конвертеров. Схема КМС процесса,
- 50 Пульсирующее дутье. Применение пульсирующего дутья в конвертерном процессе.
- 51 Продувка в конвертере с циклическим расходом кислорода.
- 52 Теоретические основы процессов испарения и конденсации
- 53 Строение и свойства оксидных расплавов
- 54 Физико-химическая характеристика шлаков в черной и цветной металлургии
- 55 Основы дистилляционных и ректификационных процессов

- 56 Основы экстракционных процессов. Кинетика процессов экстракции.
- 57 Электролиз водных растворов.
- 58 Электролиз расплавленных солей.
- 59 Основы процессов с участием галогенидов
- 60 Получение губчатого железа в шахтных печах - процесс Мидрекс. Особенности технологии, достоинства и недостатки.
- 61 Процесс Ромелт. Особенности технологии.
- 62 Процесс Согех. Сущность технологии, достоинства и недостатки.
- 63 Производство коррозионно-стойкой стали. Процесс АОД.
- 64 Пути и методы интенсификации агломерационного процесса
- 65 Какие особенности имеет технология выплавки стали в конвертерах комбинированной продувки металла кислородом сверху и нейтральными газами снизу.
- 66 Пути и методы интенсификации доменного производства
- 67 Влияние комбинированного дутья на показатели и интенсивность работы доменных печей.
- 68 Работа агломерационных машин с рециркуляцией газов.
- 69 Агломерация в высоком слое. Достоинства и недостатки способа
- 70 Разновидности автогенных процессов плавки и перспективы их использования.
- 71 Автогенные процессы – сущность процесса «Мицубиси», достоинства и недостатки.
- 72 Автогенные процессы – сущность плавки во взвешенном состоянии, достоинства и недостатки.
- 73 Классификация конвертерных процессов с комбинированной продувкой. Технологические особенности комбинированных процессов.
- 74 Инновации в производстве коррозионно-стойкой стали.
- 75 Современное состояние и перспективы процессов металлотермии.
- 76 Пути повышения качества непрерывно заготовок.
- 77 Технология обработки стали твердыми шлаковыми смесями. Решаемые задачи
- 78 Сравнение способов внепечного вакуумирования: ковшевой, струйный, порционный, циркуляционный, при разливке.
- 79 Обработка металла синтетическим шлаком. Выбор состава шлака. Технология обработки
- 80 Современное состояние и перспективы развития ферросплавной промышленности, классификация процессов получения ферросплавов.
- 81 Сущность электролитического рафинирования металлов. Электролитическое рафинирование меди.
- 82 Сущность гидрометаллургического рафинирования - аффинаж

- благородных металлов.
- 83 Основные источники сырья для производства меди. Плавка в печи Ванюкова.
- 84 Переработка бокситов по способу Байера. Очистка алюминия от примесей и его рафинирование.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепанов И.Ю. Утилизация вторичных материальных ресурсов черной металлургии. - Москва: Металлургия, 1998. – 345 с.
2. Туркебаев Э.А., Садыков Г.Х. Комплексное использование сырья и отходов промышленности. - Алма-Ата: Казахстан, 1988. — 140 с.
3. Мечев В.В., Быстрое В. П., Тарасов А.В., Гречко А.В., Мазурчук Э.Н. Автогенные процессы в цветной металлургии. М.: Металлургия.- 1991.- 414 с.
4. Панфилов П.А. и др. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. М.: Металлургия. 1991.
5. Никитин Г.М. Комплексное использование минерального сырья. – Павлодар: Павлодарский центр научно-технической информации, 2007. – 29с.
6. Абдулина А.А. Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана / под ред. проф. А.А. Абдулина. – Алматы: Институт геологических наук, 2002. – 122 с.
7. Купряков ДП. Производство тяжелых цветных металлов из лома и отходов. Харьков; "Основа».- 1992.
8. Бигеев А.М, Бигеев В.А., Металлургия стали. Магнитогорск, МГТУ, 2000 – 542 с.
9. Ишмухамедов Н.К. Черная металлургия Казахстана. - Алматы: Гылым, 2002.— 136с.
10. Моисеев Г.К., Вяткин Г.П. Термодинамическое моделирование в неорганических системах: Учебное пособие –Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999.-256 с.
11. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: Мир. 2003 – 528с.
12. Торговец А.К., Шишкин Ю.И., Артыкбаев О.А. Теория, технология и оборудование внепечной обработки металлов. Алматы: Гылым, 2004. 273 с.
13. Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. Алматы: Гылым, 2006. 192 с.
14. Ишмухамедов Н.К. Черная металлургия Казахстана.-Алматы: Гылым, 2002.-136 с.
15. Ефимов В.А., Эльдарханов А.С. Технологии современной металлургии.-М.: Новые технологии, 2004.-784 с.

16. Довгопол В.И. Использование шлаков черной металлургии. - Москва: Металлургия, 2009.-216 с.
17. Кальченко В.Н. и др. Комплексное использование топливно-энергетических ресурсов.-Киев: Наукова думка, 2003.-223 с.
18. Ситтиг М. Извлечение металлов и неорганических соединений из отходов. – Москва: Металлургия, 2005.-408 с.
19. Шмонин Ю.В. Пирометаллургическое обеднение шлаков. М: Металлургия.-2011
20. Леушин И Моделирование процессов и объектов в металлургии. Учебник Издательство: Форум. 2013г.,208 с.
21. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464с.
22. Основы рафинирования цветных металлов: Учеб. пособие/ Колобов Г.А., Елютин А.В., Ракова Н.Н. – М.: МИИИИ, 2010 – 93с.
23. В.Е.Рощин, А.В. Рощин. Электрометаллургия и металлургия стали: учебник – 4-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 572с.
24. В.А. Григорян, А.Я. Стомахин, Ю.И. Уточкин и др. Физико-химические расчеты электросталеплавильных процессов: Сб.задач с решениями – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСиС. 2007. – 318с.
25. Тлеугабулов С.М. Теория металлургических процессов. – Алматы, 2007. – 351с.