

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-организационной
деятельности

Ю.С. Клочков

«14» апрель 2022 г.

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

научная специальность

2.6.2. Metallurgy of black, colored and rare metals

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

к.т.н., доц.

О.В. Кочнева

Составители:

к.т.н., доц.

П.В. Ковалев

к.т.н., доц.

С.И. Выступов

С.В. Рябошук

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 5 от «21» марта 2022 г.).

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов.**

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	<p>Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе):</p> <p>в журналах перечня ВАК;</p> <p>в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;</p> <p>в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.</p>	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	в журналах перечня ВАК;		10
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;		25
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.		15
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	<p>Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:</p> <p>– патент на изобретение;</p> <p>– патент на полезную модель;</p> <p>– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;</p> <p>– свидетельство о государственной регистрации базы данных;</p> <p>– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.</p>	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
4.	<p>Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему.</p> <p>Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:</p> <p>за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).</p> <p>за прочие конференции.</p>	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
			5
			3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий три вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

1. Теория и технология производства чугуна

Теоретические основы доменной плавки. Развитие представлений о теплообменных процессах в доменной печи. Теория теплообмена в доменных печах проф. Б.И. Китаева.

Термодинамика косвенного восстановления оксидов железа CO и H_2 . Диаграмма нейтральных газовых смесей в системе Fe-O-C и Fe-O-H_2 . Реакция Белла-Будуара. Кинетика реакции $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ и начало прямого восстановления вюстита. Сравнение прямого и косвенного восстановления оксидов железа. Дефицит восстановителя для реализации 100 % косвенного восстановления железа в печи. Расчет противоточного восстановления оксидов железа в печи. Потокolimитируемый режим восстановления вюстита и магнетита. Восстановление примесей чугуна. Формирование конечных шлаков. Свойства шлака. Процесс десульфурации чугуна в печи. Чугун и его качество. Формирование чугуна по высоте доменной печи. Особенности образования различных чугунов. Виды чугунов, их состав и назначение. Государственные стандарты на чугун.

Технология и оборудование доменного производства. Профили доменных печей. Фундамент и металлоконструкции. Устройство частей профиля доменной печи (горн, заплечики, распар, шахта, колошник). Устройства подвода дугья, фурмы. Устройство леток для чугуна и шлака. Засыпные аппараты. Рудный двор, рудный перегружатель, бункерная эстакада, вагон-весы, колошниковые подъемники. Литейный двор, желоба для чугуна и шлака, разливные машины, ковши для чугуна и шлака, машины для вскрытия и закрытия леток. Воздуходувные машины. Воздухонагреватели. Водоснабжение, шламовое хозяйство. Задувка доменной печи. Ход доменной печи и его регулировка. Контролируемые и регулируемые параметры доменной плавки. Технические показатели доменной плавки. Функции и особенности горения в доменной печи. Характеристика дугья.

Современные технологии доменной плавки. Альтернативные схемы производства стали. Физико-химическое обоснование технологий. Доменная плавка при повышенных давлениях газов - аэродинамика (интенсивность плавки, вынос пыли, кинетическая энергия дугья), влияние давления на химический состав и температуру чугуна, повышенное давление и расход кокса. Доменная плавка на комбинированном дугье: пределы применимости топливных добавок, резервы технологии. Твердофазные способы производства губчатого железа и жидкофазные.

2. Физико-химические основы сталеплавильных процессов

Характеристика металлургических фаз в процессах производства стали. Современные схемы производства стали и особенности физико-химического взаимодействия в сосуществующих фазах при различных способах производства стали. Обобщенная схема сталеплавильного процесса и пути его описания для целей управления и интенсификации.

Современные представления о структуре и свойствах металлических расплавов. Современные теории о моделях структуры металлических расплавов, их достоинства и недостатки. Понятия ближнего и дальнего порядка. Влияние легирующих элементов на структуру жидкой стали. Комплексная оценка влияния высокотемпературной обработки расплавов на эффекты рафинирования от примесей. Природа жидкого железа и сплавов на его основе. Особенности расплавов железа с марганцем, никелем, хромом, кобальтом и молибденом. Расплавы железо-углерод, железо-кремний, железо-фосфор, железо-кислород, железо-сера.

Возможности термодинамики для анализа сталеплавильных процессов. Основные термодинамические законы и принципы, используемые для описания сталеплавильных процессов. Взаимосвязь строения жидкой стали с теориями растворов. Равновесие одиночного химического соединения в стальном расплаве. Стехиометрическое соединение. Соединение переменного состава. Поиск равновесного состава соединения. Расчет

диаграмм состояния многокомпонентных многофазных систем. Поверхности растворимости компонентов в металле (ПРКМ). Анализ ПРКМ, как основа разработки технологии сталеплавильного производства. Практические выводы из анализа ПРКМ.

Поверхностные явления в сталеплавильных процессах. Роль поверхностных явлений в сталеплавильных процессах. Поверхностное натяжение. Работа адгезии. Работа когезии. Поверхностно-активные элементы и их роль в массообменных процессах на границах раздела фаз. Смачивание и растекание. Краевой угол смачивания. Роль физического и химического взаимодействия в процессах смачивания. Краевой угол, как мера интенсивности массообменных процессов, протекающих в контактирующих парах.

Водород и азот в сталях и сплавах. Влияние водорода на механические свойства стали. Природа водородного охрупчивания и флокенов в стали. Способы предупреждения и борьбы дефектами. Использование водорода, как легирующего элемента в сплавах. Растворимость водорода в жидком и твердом железе. Влияние азота на механические свойства стали. Механизм деформационного старения кипящих марок сталей. Способы устранения деформационного старения. Азот, как легирующий элемент стали. Растворимость азота в железе. Природа температурной зависимости. Дефект рослости слитка и способы борьбы с ним. Влияние легирующих элементов на растворимость азота в жидкой стали, причины такого влияния.

Раскисление стали. Задачи раскисления и требования к элементам-раскислителям. Раскисление кипящей и полуспокойной стали. Раскисление спокойной стали. Раскислительная способность элементов. ПРКМ, как основа анализа раскисления стали. Важнейшие раскислители. Способы раскисления стали, их достоинства, недостатки и место в технологии производства стали. Неметаллические включения в стали. Влияние на свойства стали. Классификация неметаллических включений по составу, происхождению и термовременной природе. Способы управления составом и термовременной природой неметаллических включений в стали. Методы контроля неметаллических включений в стали по ГОСТ 1778-70. Оценка неметаллических включений в стали методами автоматического анализа изображения согласно ASTM E 1245-00.

Дефосфорация стали. Влияние фосфора на свойства стали. Хладноломкость и синеломкость стали. Удаление фосфора из жидкой стали и факторы, влияющие на полноту протекания этого процесса. Основные задачи дефосфорации и способы их решения. Дефосфорация в процессе раскисления, выпуска и разлива стали. Внепечные методы удаления фосфора из жидкой стали.

Десульфурация стали. Влияние серы на свойства стали. Красноломкость и хладноломкость стали, Способы борьбы с дефектами стали, вызванными присутствием серы. Распределение серы между металлом и шлаком. Сульфидная емкость шлака. Условия удаления серы из жидкой стали. Возможности удаления серы при окислительном рафинировании. Внепечные методы удаления серы из жидкой стали.

3. Теория и технология производства стали

Производство стали - переработка углеродистого сырья. Основные задачи: состав (обезуглероживание, легирование, рафинирование) и однородность (перемешивание, усреднение) металла. Теплотехнические процессы. Классификация конвертерных процессов. Общая характеристика мартеновского процесса, варианты ведения плавки. Периоды плавки стали скрап-рудным и скрап процессами, их назначение, особенности проведения. Оценка потребности сталеплавильных ванн в тепле. Интенсивность

поступления тепла в ванну. Классификация сталеплавильных агрегатов по взаимному расположению зоны теплогенерации и ванны. Тепловой КПД агрегатов. Внепечная обработка стали (ВОС) как эффективное средство повышения качества стали. Разнообразие способов ВОС, их классификация.

Теоретическая база описания процессов: кинетика, термодинамика, тепло- и массообмен, гидро- и аэродинамика. Термодинамика взаимодействия фаз и общие закономерности поведения химических элементов в сталеплавильных процессах. Механизмы окисления примесей металла кислородом дутья, газовой фазы агрегата, твердых окислителей. Механизм и скорость растворения извести в шлаке. Механизм и скорость плавления лома в металле. Взаимодействие кислородной струи с жидкой ванной. Развитие представлений о гидродинамическом состоянии конвертерной ванны, понятие о реакционной зоне, особенности протекания окислительных процессов в реакционной зоне и вне её. Формирование первичной реакционной зоны, факторы, определяющие ее размеры, методы расчета размеров зоны.

Технологические этапы передела: обезуглероживание, регулирование температуры и состава, кристаллизация. Технологические варианты передела: по способу нагрева, по способу рафинирования, по способу внепечной обработки, по способу разливки: в слитки и непрерывная разливка. Источники шлака, динамика растворения извести, изменение состава шлака по ходу продувки, пути ускорения шлакообразования. Дутьевой режим продувки конвертерной ванны. Поведение кремния и марганца при различных вариантах конвертерной плавки. Особенности десульфурации при конвертерной плавке, поведения фосфора. Способы управления конвертерным процессом, позволяющие сократить долю плавок с додувками ванны. Обработка при выпуске металла в ковш собственным и синтетическим шлаком. Формирование покровного и синтетического шлака в ковше. Способы подогрева и перемешивания при внепечной обработке стали (ВОС). Условия глубокой десульфурации и раскисления стали, способы их реализации. Назначение продувки инертными газами, факторы, определяющие ее эффективность. Поведение газов при продувке, режимы продувки. Зависимость конечного содержания газов от степени раскисленности и химического состава металла. Обзор технологических приемов инъекционной металлургии, возможная степень рафинирования стали. Примеры использования инъекционных методов рафинирования стали. Классификация способов рафинирования стали в вакууме. Вакуумирование стали в ковше, влияние раскисленности металла на степень удаления газов. Вакуумирование струи. Порционное и пульсационное вакуумирование. Циркуляционное вакуумирование, организация движения расплава, возможности подогрева и легирования металла при вакуумировании, результаты. Классификация и характеристика установок комплексной обработки стали (УКОС).

Энергозатраты и сбережение материалов при производстве стали различными способами. Экологические особенности передела. Энергоемкость производства стали в агрегатах различных типов. Суточная и годовая производительность сталеплавильных печей, связь между производительностью и вместимостью агрегатов. Оценка эффективности использования ВОС по характеристике служебных свойств готовых изделий, примеры. Рекомендации использования ВОС для отдельных групп марок стали. Краткая характеристика методов и средств защиты обслуживающего персонала от опасных выделений и тепловых воздействий. Системы дистанционного управления ходом процесса.

4. Электрметаллургия стали и ферросплавов

Электроплавильные печи: связь между параметрами и технико-экономическими параметрами электроплавки, электрический режим. Этапы развития конструкций дуговых электропечей. Варианты устройства современной дуговой печи, элементы механизации и автоматизации. Теория электрической дуги, характеристика процессов ионизации и рекомбинации в дуге, теплофизические и электродинамические процессы в дугах постоянного и переменного тока. Возможности управления мощностью дуги. Электрическая дуга переменного тока как источник информации об этапах плавления и рафинирования стали. Схема электропитания дуговой печи переменного и постоянного тока. Теоретические электрические характеристики дуговой печи. Рабочие характеристики печи. Тепловая работа дуговой печи в периоды плавления и рафинировки. Интенсификация тепловой работы печи, использование топливо-кислородных горелок. Оценка эффективности использования кислорода, повышенной мощности трансформатора, подогрева шихты, вспенивания шлака на тепловую работу печи. Техничко-экономические показатели работы дуговых печей.

Физико-химические особенности электросталеплавильных процессов. Влияние электродугового нагрева на поведение компонентов и структуру металлического и шлакового расплавов. Жидкие шлаки электросталеплавильного производства, их состав, свойства и назначение. Фугеровка электросталеплавильных печей. Взаимодействие материала футеровки с металлическими и шлаковыми расплавами. Характеристика газовой фазы электродуговых печей. Влияние электрической дуги на физико-химические свойства газовой фазы. Особенности окислительно-восстановительных процессов в ванне дуговой сталеплавильной печи. Окисление фосфора, поведение водорода и азота в процессе плавления и рафинирования стали в электропечи. Особенности условий десульфурации стали в дуговых печах. Диффузионное раскисление.

Технология, автоматизация, основы проектирования цехов. Варианты технологических схем выплавки стали в дуговых печах. Технологическая схема выплавки стали при наличии комплексной внепечной обработки жидкого металла с электродуговым подогревом ванны. Одношлаковый процесс на печах средней мощности. Двухшлаковый процесс. Переплавление шихты без окисления и с частичным окислением. Выплавка конструкционных сталей. Особенности выплавки электротехнических сталей. Выплавка нержавеющей сталей в дуговых печах. Производство хромоникелевых сталей дуплекс-процессами: дуговая печь - конвертер AOD, дуговая печь - установка VOD. Плавка стали в кислой дуговой печи. Выплавка стали и сплавов в открытых и вакуумных индукционных печах. Организация плавочного и сдачного контроля легированных сталей. Дефекты легированных сталей.

Процессы и оборудование специальной электрометаллургии: вакуумная, электрошлаковая, плазменная плавка, переplав металла в кристаллизаторах.

Электрошлаковый переplав (ЭШП), электрошлаковое литье, электрошлаковая разливка стали. Флюсы ЭШП. Теплофизические процессы при ЭШП. Особенности вакуумных процессов рафинирования металла. Вакуумно-дуговой переplав, электронно-лучевой переplав. Плазменные печи: дуговая и индукционная плазма, способы сжатия плазменной дуги, физические параметры сжатой дуги, характеристики плазмообразующего газа и смеси газов, использование дуговой плазмы, особенности теплообмена в плазменных печах, устройство печей - переplавных и с керамическим тиглем. Дуговые вакуумные печи: особенности горения электрической дуги в вакууме, источники питания печей, устройство переplавных и гарнисажных дуговых печей, технико-экономические показатели работы

печей. Индукционные вакуумные печи: объемный электрический разряд в вакууме и меры его предотвращения, особенности устройства корпуса печи, изоляции индуктора, устройства огнеупорной футеровки, примеры конструктивного оформления печей. Печи электрошлакового переплава. Классификация индукционных печей. Канальные печи, устройство, область применения. Тигельные индукционные печи, параметры рабочего пространства, футеровка, элементы механизации. Техничко-экономические показатели работы индукционных печей, сравнение их с показателями дуговых печей.

Электрометаллургия ферросплавов: классификация процессов и печей; производство сплавов кремния, марганца, хрома и других.

Существующие методы производства ферросплавов; электротермические, рафинирующие, металлотермические процессы. Основы технологии производства кремнистых сплавов, углеродистых и малоуглеродистых ферросплавов. Особенности устройства и работы дуговых рудотермических печей.

5. Разливка и кристаллизация стали

Гидродинамические процессы при разливке. Свойства жидкой стали и их влияние на гидродинамику разливки. Истечение стали из ковша. Показатели расхода. Переменный напор и потери напора. Свободная затопленная струя. Поток в ограниченном пространстве. Влияние профиля сталеплавильного стакана на струю.

Теплофизические процессы и усадочные явления при кристаллизации. Теплообмен в системе слиток-кристаллизатор. Металлические и водоохлаждаемые кристаллизаторы. Зазор между слитком и кристаллизатором. Изменение теплопередачи в зазоре. Температурное состояние слитка и изложницы. Схема процесса затвердевания. Продолжительность затвердевания. Усадка и усадочные пустоты в слитке. Усадочная раковина и влияние на ее расположение направлений теплоотвода.

Газовыделение при затвердевании стали. Динамика газовыделения при затвердевании стали. Состав выделяющих газов в зависимости от содержания кислорода в стали. Образование газовых пузырей. Факторы, влияющие на формирование пузырей. Динамика образования пузырей при кристаллизации и ее влияние на формирование структуры слитка.

Типы стальных слитков. Слиток спокойной стали. Дендритная кристаллизация. Образование основных структурных зон. Определение основных параметров слитка. Зависимость основных параметров от технологии разливки. Слиток кипящей стали. Зоны сотовых пузырей, вторичных пузырей, центральная. Влияние степени раскисления на структуру. Химическое и механическое закупоривание. Слиток полуспокойной стали. Отсутствие зоны вторичных пузырей - характерный признак полуспокойного слитка.

Основные технологические параметры разливки. Скорость разливки и ее регулирование. Температура разливки. Изменение температуры во время выпуска и разливки. Взаимодействие жидкой стали с огнеупорами. Способы разливки стали: сверху, сифоном, непрерывная разливка. Технология разливки спокойной стали в слитки. Разливка под шлаком. Технология разливки кипящей и полуспокойной стали в слитки. Получение закупоренных слитков. Особенности получения и разливки полуспокойной стали. Технологические основы непрерывной разливки стали (НРС). Типы машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и их устройство. Основные параметры НРС. Особенности непрерывной разливки кипящей стали. Защита металла от вторичного окисления. Скорость непрерывной разливки. Выбор параметров кристаллизации. Выбор параметров зоны

вторичного охлаждения. Разливка методом «плавка на плавку». Особенности формирования непрерывного слитка. Теплопередача и затвердевание в кристаллизаторе.

Качество стальных слитков и непрерывнолитых заготовок. Химическая неоднородность и факторы, влияние на ее развитие. Неметаллические включения в стали: эндогенные и экзогенные. Газы в стали. Поверхностные дефекты. Холодные и горячие трещины. Дефекты макроструктуры. Контроль качества слитков и НЛЗ. Вакуумирование при разливке. Разливка под шлаком. Разливка в нейтральной и защитной атмосфере. Применение внешних физических воздействий.

6. Пирометаллургия тяжёлых цветных металлов

Принципиальная технологическая схема производства меди. Окислительный обжиг сульфидных материалов. Термодинамика и кинетика окисления сульфидов. Классификация процессов обжига.

Теоретические основы переработки руд и концентратов на штейн. Строение и свойства медных штейнов на основе анализа тройной системы медь-железо-сера. Характеристика промышленных штейнов. Строение и свойства шлаков на основе системы $\text{FeO-SiO}_2\text{-CaO}$ и $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Характеристика промышленных шлаков. Влияние оксидов магния, алюминия, цинка и натрия на свойства шлаков. Виды потерь цветных металлов со шлаками и их связь с составами шлаков, штейнов и газовой фазой.

Процессы отражательной плавки. Составы штейнов, шлаков и отходящих газов. Пути совершенствования технологии. Способы плавки в шахтных печах. Процессы, протекающие в печи. Электроплавка руд и концентратов. Устройство электропечи. Влияние состава шихты и шлака на режим электроплавки. Процессы в печи. Характеристика продуктов плавки. Сравнение технико-экономических показателей отражательной, шахтной и электроплавки.

Автогенные способы плавки в пирометаллургии меди. Сущность автогенных процессов. Разновидности автогенных плавков. Сравнение технико-экономических показателей способов автогенных плавков.

Конвертирование штейнов. Устройство конверторов. Физико-химические основы процесса конвертирования. Характеристика шлаков и газов. Состав черновой меди.

Термодинамика и химизм процессов огневого рафинирования. Аппаратурное оформление, технология, технико-экономические показатели. Получение бескислородной меди.

Переработка сульфидных медно-никелевых руд и концентратов. Технологическая схема. Подготовка сырья к рудно-термической плавке. Устройство печей РТП и ПВП. Строение медно-никелевых штейнов, их свойства. Техничко-экономические показатели плавков. Конвертирование медно-никелевых штейнов. Строение и свойства медно-никелевых фанштейнов. Поведение кобальта при конвертировании. Распределение металлов платиновой группы между фазовыми составляющими фанштейнов. Подготовка фанштейна к разделительной флотации. Продукты флотации, их состав и выход. Схема переработки продуктов разделительной флотации. Окислительный обжиг никелевого концентрата, восстановительный обжиг огарка, анодная плавка; теория и практика процессов.

Способы переработки свинцовых руд и концентратов. Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов; восстановительная шахтная плавка; переработка промежуточных продуктов плавки; автогенные процессы; рафинирование черного

свинца. Характеристики электротермического способа переработки свинцовых концентратов. Автогенные процессы в металлургии свинца. Схема пирометаллургического рафинирования свинца. Удаление железа и меди ликвацией. Удаление меди сульфидированием. Щелочное рафинирование свинца от сурьмы, мышьяка и олова. Удаление серебра цинком. Схема переработки серебряной пены. Дистилляция цинка из пены. Купеляция серебристого свинца. Рафинирование свинца от висмута кальцием и магнием. Второе щелочное рафинирование. Теория и технология процессов. Аппаратурное оформление. Продукты переработки висмутовой пены.

Способы переработки цинковых концентратов. Характеристики пирометаллургических способов. Окислительный обжиг цинковых концентратов. Теоретические основы обжига. Показатели обжига в печах кипящего слоя. Технологии восстановления и конденсации цинка. Восстановление цинка в горизонтальных и вертикальных ретортах. Переработка полиметаллических цинковых концентратов в шахтных и руднотермических печах. Сравнение показателей пирометаллургических способов производства цинка. Рафинирование цинка ликвацией и дистилляцией. Аппаратурное оформление.

7. Гидрометаллургия тяжелых цветных металлов

Подготовительные операции, операции выщелачивания, очистка растворов от примесей, выделение металлов и их соединений из растворов, разделение твердой и жидкой фаз. Методы концентрирования металлов. Принципы компоновки технологических схем. Принципы подбора реагентов.

Способы серноокислотного выщелачивания окисленных медных руд: подземное выщелачивание, кучное выщелачивание, перколяция, выщелачивание в реакторах.

Переработка растворов после выщелачивания. Цементация меди на железной стружке. Выделение меди методом электроэкстракции. Жидкостная экстракция меди с последующей электроэкстракцией меди из чистых растворов.

Гидрометаллургические технологии переработки сульфидных медных концентратов. Аммиачное выщелачивание меди из концентратов. Хлоридное выщелачивание меди. Серноокислотное выщелачивание в автоклавах.

Переработка окисленных никелевых руд:

- автоклавное серноокислотное выщелачивание. Методы выделения никеля и кобальта из серноокислых растворов. Схема с осаждением сульфидов. Схема с методом жидкостной экстракции. Схема с осаждением гидроксидов;

- аммиачно-карбонатное выщелачивание. Восстановительный обжиг окисленной руды. Выделение кобальта из аммиачно-карбонатных растворов в виде сульфидов. Дистилляция раствора с получением основного карбоната никеля. Жидкостная экстракция никеля из аммиачно-карбонатных растворов. Сравнительный анализ аммиачного и сульфатного методов переработки окисленных руд.

Выщелачивание цинковых огарков. Очистка растворов от примесей. Электроэкстракция цинка из растворов. Автоклавное выщелачивание цинковых концентратов. Основные реакции выщелачивания. Оборудование для выщелачивания, режимы проведения выщелачивания. Поведение серы при выщелачивании.

8. Электролиз в гидрометаллургии

Диаграмма электрохимической устойчивости воды и равновесные потенциалы тяжелых цветных металлов. Основные положения электрохимической кинетики

применительно к реакциям разряда-ионизации тяжелых цветных металлов. Основные положения теории электрокристаллизации, связь макроструктуры катодных осадков с параметрами электролиза. Условия получения электролитических порошков металлов и сплавов.

Роль совместного разряда ионов водорода и ионов металлов в электрометаллургии. Совместный разряд ионов водорода и целевого металла. Зависимость выхода по току реакции выделения металла от плотности тока, состава электролита, температуры процесса.

Совместный разряд ионов нескольких металлов на катоде. Особенности совместного разряда ионов целевого металла и примесей. Механизмы загрязнения катодных осадков неметаллическими примесями. Связь между морфологией катодных осадков и содержанием неметаллических примесей в нем. Способы снижения содержания неметаллических примесей в металле.

Особенности анодных процессов рафинирования. Поведение компонентов сплавов при растворении анодов. Шламы анодного растворения. Анодные процессы при электроэкстракции. Нерастворимые аноды для процессов электроэкстракции.

Схема химических превращений веществ, участвующих в процессе. Материальный баланс нестационарного режима. Материальный баланс стационарного режима. Особенности материального баланса электролизера с диафрагмой.

Баланс напряжения на электролизере. Статьи баланса и их связь с параметрами электролиза. Удельный расход электроэнергии, зависимость удельного расхода электроэнергии от режимов электролиза. Тепловой баланс электролизера. Способы поддержания постоянной температуры процесса.

Теория процесса электролитического рафинирования меди: электрохимические свойства меди, электролиты рафинирования, поведение примесей. Режимы электролитического рафинирования. Выбор оптимальных условий рафинирования. Практика рафинирования.

Назначение и параметры отдельных операций. Техничко-экономические показатели процесса, задачи по совершенствованию технологии и ее аппаратурного оформления.

Теория процесса рафинирования никеля: электрохимические свойства никеля, особенности строения осадков никеля, влияние параметров электролиза на строение осадков. Роль диафрагмы при рафинировании никеля. Параметры передела электролиза и их связь с технико-экономическими показателями. Аппаратурное оформление электролиза. Основное технологическое оборудование электролизного передела. Принципы расположения ванн в цехе. Очистка электролита от примесей. Технология переделов очистки и доработки продуктов очистных операций. Аппаратурное оформление переделов очистки электролита. Способы восполнения дефицита никеля. Техничко-экономические показатели рафинирования. Основные направления усовершенствования процесса.

Электроэкстракция цинка. Теория процесса. Влияние параметров электролиза на выход по току цинка. Влияние примесей и добавок ПАВ. Технология электролиза. Режимы процесса, принципы оптимизации технологических режимов. Материальный и тепловой балансы электролизеров. Аппаратурное оформление электролиза. Особенности устройства электролизеров, принципы компоновки ванн в цехе. Техничко-экономические показатели электроэкстракции.

9. Металлургия легких металлов и производство глинозема

Способ Байера. Физико-химические основы производства глинозема по способу Байера. Система $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$. Современная теория строения алюминатных растворов. Цикл Байера в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$. Физико-химические основы производства глинозема и сопутствующих продуктов по способу спекания. Технология подготовки сырья, выщелачивания, промывки шламов, разбавления (обескремнивания растворов). Технология выделения гидроксида алюминия, выпарки маточных растворов, каустификации соды, кальцинации гидроксида.

Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья по способу спекания. Параллельная и последовательная схемы получения глинозема из бокситов. Техничко-экономические показатели. Современная аппаратурно-технологическая схема производства глинозема по способу спекания. Себестоимость глинозема и пути ее снижения. Сравнительный анализ технико-экономических показателей производства глинозема различными способами.

Взаимодействие расплавленных солей с металлами и газами: величины растворимости, температурные зависимости, природа растворов. Катодный выход по току при электролизе расплавленных солей: связь с потерями металла, механизм потерь металла.

Теория электролиза криолитоглиноземных расплавов. Свойства и строение электролитов и термодинамика основных реакций. Поведение примесей и добавок в процессе электролиза.

Кинетика катодного процесса - взаимодействие алюминия с электролитом, роль и поведение натрия, катодный выход по току. Кинетика анодного процесса - теория горения углерода, механизм анодного разряда. Анодный эффект - сущность явления и механизм возникновения. Расход углерода: состав первичного газа, расход углерода теоретический и практический. Влияние различных факторов на расход углерода.

Техника электролитического получения алюминия. Описание конструкций электролизеров и сравнение их технических данных. Пуск электролизеров, обслуживание: методы обработки и питание глиноземом - системы АПГ. Автоматическое регулирование и управление процессом электролиза. Нарушение нормальной работы, меры по устранению и предупреждению.

Энергетические балансы электролизеров, связь между плотностью тока и удельными потерями тепла. Удельный расход электроэнергии и производительность электролизеров. Тепло- и массообмен в электролизерах, особенности теплопередачи через стенку с гарнисажом. Поле скоростей электролита. Электромагнитные силы в электролизерах, влияние их на работу ванн.

Способы рафинирования алюминия. Электролитическое рафинирование алюминия: свойства и применение АВЧ, теория и технология трехслойного рафинирования, технико-экономические показатели. Зонная плавка.

Получение магния электролизом. Состав и физико-химические свойства электролитов для получения магния. Термодинамика и кинетика электродных процессов. Газогидродинамика электролита в различных типах электролизеров. Влияние примесей и добавок. Образование шлама. Техника электролитического получения магния: конструкции электролизеров, технология электролиза, основные технико-экономические показатели. Цеха электролиза: схемы отсоса и очистки анодного газа, удаление и обезвреживание газов катодного отсоса. Мероприятия по защите окружающей среды.

10. Металлургия редких и благородных металлов

Физические и химические свойства металлического вольфрама и молибдена и их соединений. Минералы, руды и рудные концентраты вольфрама и молибдена. Методы вскрытия вольфрамитовых и шеелитовых концентратов. Спекание с содой. Автоклавное выщелачивание шеелитовых концентратов содовыми растворами. Переработка содовых растворов, получение искусственного шеелита и паравольфрамата аммония. Вскрытие соляной кислотой. Методы вскрытия молибденитовых концентратов. Обжиг в многоподовых печах и печах КС. Методы переработки огарков после обжига (получение ферромolibдена, выщелачивание аммиачными растворами, возгонка трехокси молибдена). Переработка аммиачных растворов, получение искусственного шеелита и паравольфрамата аммония. Вскрытие азотной кислотой молибденитовых концентратов.

Получение металлических вольфрама и молибдена. Режимы водородного восстановления оксидов. Методы порошковой металлургии для получения компактных вольфрама и молибдена. Электродуговая и электроннолучевая переплавка вольфрама и молибдена.

Физические и химические свойства металлических ниобия и тантала и их соединений. Минералы, руды и рудные концентраты ниобия и тантала. Методы вскрытия танталит-колумбитовых концентратов. Получение металлических тантала и ниобия. Натриетермическое восстановление из комплексных фторидов. Восстановление углеродом из оксидов. Алюмотермическое получение ниобия.

Получение титановых концентратов и их переработка. Способы получения металлического титана. Технологическая схема магниетермического способа восстановления. Теория и практика процессов электроплавки и хлорирования. Получение высокочистого тетрахлорида титана. Теоретические основы способа Кролля. Устройство реактора и показатели процесса. Очистка титановой губки. Методы вакуумной сепарации, электролитического рафинирования и иодидного рафинирования.

Минералы, руды и рудные концентраты циркония и гафния. Производство двуокиси циркония. Производство фторцирконата калия. Разделение циркония и гафния фракционной кристаллизацией фтористых комплексных солей. Производство губчатого циркония магниетермическим восстановлением хлорида циркония. Производство компактного циркония и гафния.

Извлечение рения из различных отходов переработки молибденитовых концентратов. Извлечение рения из пыли электрофильтров. Сорбция рения из бедных растворов. Получение металлического рения. Получение порошкообразного рения электролизом. Термическая диссоциация галогенидов.

Физические и химические свойства редкоземельных металлов (РЗМ) и их соединений. Применение РЗМ. Минералы, руды и рудные концентраты РЗМ. Технология переработки монацитовых концентратов. Методы разделения РЗМ. Технология получения РЗМ. Физические и химические свойства радиоактивных металлов. Технология получения радиоактивных металлов.

Сырьевые источники германия. Извлечение германия из исходного сырья и получение германиевых концентратов. Переработка концентратов и получение металлического германия. Получение тетрахлорида германия и его очистка. Технологическая схема и оборудование. Экстракция и ректификация. Гидролиз тетрахлорида германия с получением диоксида.

Восстановление диоксида германия и получение металла. Аппаратура и показатели процесса. Очистка металлического германия методами направленной кристаллизации и зонной плавки.

Добыча золота и серебра из рудного сырья. Физические и химические свойства золота и серебра и их соединений. Минералы, руды и рудные концентраты. Общие принципы извлечения золота и серебра из рудного сырья. Гравитационные методы извлечения золота из руд. Амальгамация золотых руд и концентратов. Поведение платиновых металлов в обогатительных операциях. Получение платиновых металлов из россыпей. Извлечение платиновых металлов при обогащении сульфидных платиносодержащих руд.

Цианирование руд и концентратов. Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп. Физико-химические основы и практика цианистого процесса. Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп.

Схемы и практика работы золотоизвлекательных фабрик. Попутное извлечение золота и серебра из медеелектролитных шламов. Химический и вещественный состав шламов. Характеристика методов переработки шламов. Плавка на золотосеребряный сплав. Производство вторичных золота и серебра.

Аффинаж золота, серебра и ПМ. Сырье и подготовка его к аффинажу. Электролитическое рафинирование золота и серебра. Переработка шлиховой платины. Переработка концентратов платиновых металлов, получаемых из анодных шламов медно-никелевого производства. Безвозвратные потери благородных металлов при аффинаже. Оборудование аффинажных цехов. Контроль технологического процесса и баланс драгоценных металлов.

Извлечение платиновых металлов из сульфидных руд и концентратов. Поведение платиновых металлов при металлургической переработке сульфидных платиносодержащих руд и концентратов. Физико-химические основы поведения платиновых металлов при переработке сульфидного сырья. Переработка платиносодержащих шламов.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Функции и особенности горения в доменной печи. Характеристика дутья. Комбинированное дутье. Горение углерода кокса. Горение вдуваемого топлива. Газообразные продукты горения. Зона циркуляции кокса. Зона горения.
2. Дефосфорация в процессе раскисления, выпуска и разливки стали. Возможности удаления фосфора в восстановительных условиях плавки. Внепечные методы удаления фосфора из жидкой стали.
3. Химическая неоднородность и факторы, влияние на ее развитие. Поверхностные дефекты стальных слитков. Дефекты макроструктуры.
4. Противоточное движение материалов и газов в доменной печи. Факторы, обеспечивающие опускание материалов. Структура слоя материалов в доменной печи.
5. Дутьевой режим продувки конвертерной ванны. Тепловые процессы при продувке конвертерной ванны. Особенности десульфурации при конвертерной плавке, поведения фосфора. Обработка при выпуске металла в ковш собственным и синтетическим шлаком.
6. Технологические основы непрерывной разливки стали (НРС). Типы машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и их устройство.

7. Доменная плавка при повышенных давлениях газов – аэродинамика, влияние давления на химический состав и температуру чугуна, повышенное давление и расход кокса.
8. Раскисление кипящей, полуспокойной и спокойной стали. Способы раскисления стали, их достоинства, недостатки и место в технологии производства стали. Классификация неметаллических включений по составу, происхождению и термовременной природе.
9. Скорость разливки и ее регулирование. Температура разливки. Изменение температуры во время выпуска и разливки. Технология разливки кипящей, полуспокойной и спокойной стали в слитки.
10. Современные теории о моделях структуры металлических расплавов, их достоинства и недостатки. Понятия ближнего и дальнего порядка. Роль температуры в управлении структуры жидкости.
11. Десульфурация стали. Распределение серы между металлом и шлаком. Сульфидная емкость шлака. Возможности удаления серы при окислительном рафинировании. Внепечные методы удаления серы из жидкой стали.
12. Структура слитков спокойной, полуспокойной и кипящей стали. Дендритная кристаллизация. Образование основных структурных зон.
13. Равновесие одиночного химического соединения в стальном расплаве. Особенности расчетов при выборе различных стандартных состояний: чистый реагент, бесконечно разбавленный раствор, однопроцентный раствор.
14. Способы подогрева и перемешивания при внепечной обработке стали. Назначение продувки инертными газами, факторы, определяющие ее эффективность. Характеристика применяемых порошкообразных реагентов и их смесей, выбор газа носителя.
15. Теплообмен в системе слиток-кристаллизатор. Схема процесса затвердевания. Продолжительность затвердевания. Усадка и усадочные пустоты в слитке. Усадочная раковина и влияние на ее расположение направлений теплоотвода.
16. Анализ сложных систем с помощью правила фаз Гиббса. Двухфазное равновесие и изокислородные сечения. Трехфазное равновесие и линии равновесия сосуществующих в расплаве двух фаз. Четырехфазное равновесие и точки неинвариантных равновесий сосуществующих трех фаз в стальном расплаве.
17. Вакуумирование стали в ковше, вакуумирование струи, порционное, пульсационное и циркуляционное вакуумирование стали. Влияние раскисленности металла на степень удаления газов.
18. Дуговые вакуумные печи, особенности горения электрической дуги в вакууме. Индукционные вакуумные печи: объемный электрический разряд в вакууме и меры его предотвращения.
19. Природа водородного охрупчивания и флокенов в стали. Использование водорода, как легирующего элемента в сплавах.
20. Влияние электродугового нагрева на поведение компонентов и структуру металлического и шлакового расплавов. Жидкие шлаки электросталеплавильного производства, их состав, свойства и назначение. Футеровка электросталеплавильных печей. Характеристика газовой фазы электродуговых печей.
21. Электрошлаковый переплав (ЭШП), электрошлаковое литье, электрошлаковая разливка стали. Флюсы ЭШП. Теплофизические процессы при ЭШП.
22. Механизм деформационного старения кипящих марок сталей. Азот, как легирующий элемент стали.

23. Технологическая схема выплавки стали при наличии комплексной внепечной обработки жидкого металла с электродуговым подогревом ванны. Одношлаковый процесс на печах средней мощности. Двухшлаковый процесс. Переплав шихты без окисления и с частичным окислением. Выплавка конструкционных сталей. Выплавка нержавеющей сталей в дуговых печах.
24. Производство хромоникелевых сталей дуплекс-процессами: дуговая печь – конвертер AOD, дуговая печь – установка VOD. Плавка стали в кислой дуговой печи.
25. Окислительный обжиг сульфидных материалов. Цель обжига. Термодинамика и кинетика окисления сульфидов. Классификация процессов обжига. Устройство обжиговых печей. Техничко-экономические показатели обжига.
26. Теория электролиза криолитоглиноземных расплавов. Свойства и строение электролитов и термодинамика основных реакций. Поведение примесей и добавок в процессе электролиза.
27. Получение металлических тантала и ниобия. Натриетермическое восстановление из комплексных фторидов.
28. Теоретические основы переработки руд и концентратов на штейн. Строение и свойства медных штейнов на основе анализа тройной системы медь-железо-сера. Характеристика промышленных штейнов.
29. Добыча золота и серебра из рудного сырья. Физико-химические основы и практика цианистого процесса. Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп.
30. Техника электролитического получения алюминия. Описание конструкций электролизеров и сравнение их технико-экономических показателей. Пуск и обслуживание электролизеров.
31. Теоретические основы переработки руд и концентратов на штейн. Строение и свойства медных штейнов на основе анализа тройной системы медь-железо-сера. Характеристика промышленных штейнов.
32. Добыча золота и серебра из рудного сырья. Физико-химические основы и практика цианистого процесса. Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп.
33. Техника электролитического получения алюминия. Описание конструкций электролизеров и сравнение их технико-экономических показателей. Пуск и обслуживание электролизеров.
34. Электроплавка руд и концентратов. Устройство электропечи. Влияние состава шихты и шлака на режим электроплавки. Процессы в печи. Характеристика продуктов плавки.
35. Переработка сульфидного никель-кобальтового сырья: сравнительный анализ преимуществ и недостатков различных вариантов гидрометаллургических схем переработки сульфидного сырья.
36. Физико-химические основы производства глинозема по способу Байера. Цикл Байера в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$. Комплексное использование бокситового сырья. Утилизация красных шламов.
37. Автогенные способы плавки в пирометаллургии меди. Сущность автогенных процессов. Разновидности автогенных плавков. Сравнение технико-экономических показателей способов автогенных плавков.

38. Переработка сульфидного никель-кобальтового сырья: технология автоклавно-окислительной переработки никель-пирротиновых концентратов.
39. Механизмы загрязнения катодных осадков неметаллическими примесями. Связь между морфологией катодных осадков и содержанием неметаллических примесей в нем. Способы снижения содержания неметаллических примесей в металле.
40. Конвертирование штейнов. Устройство конверторов. Физико-химические основы процесса конвертирования. Характеристика шлаков и газов. Состав черновой меди.
41. Переработка сульфидного никель-кобальтового сырья: хлоридная технология переработки фанштейнов. Особенности поведения серы при хлоридной переработке сырья. Роль ионов меди и железа в хлоридных технологиях.
42. Особенности совместного разряда ионов целевого металла и примесей. Зависимость содержания примесей в катодном осадке от плотности тока и содержания примесных ионов в растворе для различных видов кинетики восстановления примеси.
43. Огневое рафинирование меди. Термодинамика и химизм процессов огневого рафинирования. Аппаратурное оформление, технология, технико-экономические показатели. Получение бескислородной меди.
44. Характеристика цинкового сырья. Полная технологическая схема гидроэлектрметаллургического способа получения цинка. Технологические схемы выщелачивания цинковых огарков. Аппаратурное оформление выщелачивания.
45. Основные положения теории электрокристаллизации, связь макроструктуры катодных осадков с параметрами электролиза. Условия получения электролитических порошков металлов и сплавов.
46. Конвертирование никелевых штейнов. Обогащение конверторных шлаков и получение обогащённой по кобальту массы. Схема переработки кобальтовой массы до металлического кобальта. Технические показатели конвертирования.
47. Гидрометаллургические технологии переработки сульфидных медных концентратов. Аммиачное выщелачивание меди из концентратов. Хлоридное выщелачивание меди. Сернокислотное выщелачивание.
48. Электроэкстракция цинка. Теория процесса. Влияние параметров электролиза на выход по току цинка. Влияние примесей и добавок ПАВ.

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6.Список рекомендуемой литературы

1. Гудим, Юрий Александрович. Производство стали в дуговых печах : конструкции, технология, материалы : [моногра-фия] / Ю. А. Гудим, И. Ю. Зинуров, А. Д. Киселев .— Новосибирск : НГТУ, 2010 .— 546 с.: ил. ; 22 см .— (Современные электротехнологии ; Т. 9) .— Библиогр.: с. 524-542. — ISBN 978-5-7782-1375-3.
2. Дюдкин, Дмитрий Александрович. Производство стали : [в 4 т.] / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисиленко .— М.: Теплотехник, 2008-2010. Т. 3: Внепечная металлургия стали .— 2010 .— 543 с.: ил. ; 25 см .— Библиогр.: с. 525-543. — ISBN 5-98457-067-1.
3. Дюдкин, Дмитрий Александрович. Производство стали : [в 4 т.] / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисиленко .— М.: Теплотехник, 2008-2010. Т. 4: Непрерывная разливка металла / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисиленко, А. Н. Смирнов .— 2009 .— 523 с.: ил., табл. ; 25 см .— Библиогр.: с. 494-523. — ISBN 5-98457-087-4.
4. И. О. Попов, Р. В. Старых Пирометаллургия тяжелых цветных металлов. Практические занятия : учебное пособие /; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет .— Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2013 .— 104 с.
5. Казаков, Александр Анатольевич, Физико-химические основы сталеплавильных процес-сов. Раскисление жидкого железа марганцем, кремнием и алюминием [Электронный ре-сурс] : метод. указ. к лаб. работе / А. А. Казаков, С. В. Рябошук .— Электрон. текстовые дан. (1 файл : 198 Кб) .— СПб., 2011 .— Загл. с титул. экрана .— Доступ из локальной се-ти ФБ СПбГПУ (чтение, печать) .— Текстовый файл .— Adobe Acrobat Reader 6.0 .— <URL:http://dl.unilib.neva.ru/dl/2038.pdf>.
6. Казаков, Александр Анатольевич. Физико-химические основы сталеплавильных процес-сов. Растворимость азота в жидкой стали [Электронный ресурс] : метод. указ. к лаб. раб. / А. А. Казаков, С. В. Рябошук .— Электрон. текстовые дан. (1 файл : 216 Кб) .— СПб., 2011 .— Загл. с титул. экрана .— Доступ из локальной сети ФБ СПбГПУ (чтение, печать) .— Текстовый файл .— Adobe Acrobat Reader 6.0 .— <URL:http://dl.unilib.neva.ru/dl/2037.pdf>.
7. Карасев, Валентин Петрович (1930-). Теория и технология производства стали. Расчет тепло- и массообменных процессов при переработке углеродистого сырья в сталь [Электронный ресурс] : методические указания к курсовой работе / В. П. Карасев, С. В. Рябошук ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Кафедра гидромашиностроения .— Электрон. текстовые дан. (1 файл : 904 Кб) .— СПб., 2009 .— Загл. с титул. экрана .— Электронная версия пе-чатной публикации .— Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирова-ние) .— Текстовый документ. — Adobe Acrobat Reader 6.0 .— <URL:http://dl.unilib.neva.ru/dl/2502.pdf>.
8. Коминов, Сергей Викторович. Теория и технология металлургии стали. Производство стали : практикум / С. В. Коми-нов, М. П. Клюев ; Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", Кафедра металлургии стали и ферросплавов .— Москва : МИСиС, 2010 .— 45 с.: ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 45. — ISBN 9785876233622.
9. Использование шлаков черной металлургии в народном хозяйстве : Тр. Урал. НИИ чер. металлов / Союзметаллургпром ; Под ред. В. И. Довгопола, М. И. Панфилова .— Сверд-ловск : Уралниичермет, 1984 .— 141 с.: ил. ; 22 см .— 1 р. 14 к.

10. Металлургия черных металлов : учебник для металлург. спец. вузов / В. И. Коротич, С. Г. Братчиков .— Москва : Metallurgia, 1987 .— 240 с.: ил .— Библиогр.: с. 237.
11. Кудрин, Виктор Александрович. Металлургия стали : учебник для вузов по специальности "Металлургия черных металлов" / В. А. Кудрин .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Metallurgia, 1989 .— 559, [1] с.: ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 555. — ISBN 5-229-00234-4.
12. Металлургия чугуна : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металлургия черных металлов" / [Е. Ф. Вегман [и др.]] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Metallurgia, 1989 .— 512 с.: ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 497. — ISBN 5-229-00227-1.
13. Апасов, Александр Михайлович. Специальная электрометаллургия : учебное пособие по направлению подготовки 651300 - Metallurgia, по специальности, 110100 - Metallurgia черных металлов / А. М. Апасов ; Томский политехнический университет .— Томск : Изд-во ТПУ, 2003 .— 181 с., [1] л. портр.: ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 175-179. — ISBN 5982980137.
14. Якушев, Алексей Михайлович. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металлургия черных металлов" / А. М. Якушев .— М.: Metallurgia, 1984 .— 214, [1] с.: ил .— Библиогр.: с. 213.
15. Глинков, Герман Маркович. Контроль и автоматизация металлургических процессов : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металлургия черных металлов" / Г. М. Глинков, А. И. Косырев, Е. К. Шевцов ; под ред. Г. М. Глинкова .— М.: Metallurgia, 1989 .— 351, [1] с.: ил .— Библиогр.: с. 349-350. — ISBN 5-229-00229-8.
16. Кудрин, Виктор Александрович. Теория и технология производства стали : Учеб. для вузов по спец. "Металлургия черных металлов" по направл. "Металлургия" / В.А. Кудрин .— Москва : Мир : АСТ, 2003 .— 527 с.: ил .— (Учебник для высших учебных заведений) .— С автогр. авт. В дар от Моск. гос. вечернего металлург. ин-та. SPSTU : №7583953 .— Библиогр.: с.507. — ISBN 5030035338 .— ISBN 5170134118.
17. Теоретические основы сталеплавильных процессов : учебное пособие для вузов по направлению 651300 - "Металлургия" по специальности 110100 - "Металлургия черных металлов" / Р. С. Айзатулов [и др.] ; под общ. ред. П. С. Харлашина .— Москва : МИСИС, 2002 .— 318, [1] с.: ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 316-319. — ISBN 5876231118.
18. Емельянов, Вячеслав Андреевич. Тепловая работа машин непрерывного литья заготовок : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металлургия черных металлов" / В. А. Емельянов .— Москва : Metallurgia, 1988 .— 142 с.: ил .— Библиогр.: с. 142. — ISBN 5-229-00046-5.
19. Стариков, Венгин Степанович. Огнеупоры и футеровки в ковшевой металлургии : учебное пособие для вузов по направлению 550500 "Металлургия" и спец. 110100 "Металлургия черных металлов", 110300 "Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей" / В. С. Стариков, М. В. Темлянец, В. В. Стариков .— Москва : МИСИС, 2003 .— 327 с.: ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 285-288. — ISBN 5876231150.
20. Электролиз в гидрометаллургии. Теория процессов : учебное пособие / Л. В. Волков ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.— Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2014 .— 95 с.

Приложение

Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ

(Ф.И.О. кандидата для поступления в аспирантуру)			
(научная специальность)			
№ п/п	Индивидуальное достижение	Количество баллов за каждое достижение	Рейтинговая оценка показателя, общий балл
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): в журналах перечня ВАК;	10	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;	25	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.	15	
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся: руководителем,	10	
	исполнителем.	5	
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности: – патент на изобретение;	10	
	– патент на полезную модель;	7	
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.	5	
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и (или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных);	5	
	за прочие конференции.	3	
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру	3	
Суммарный рейтинговый балл			

Кандидат в аспирантуру

(подпись)

(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

(подпись)

(Ф.И.О).

Руководитель образовательных программ
по аспирантуре института

(подпись)

(Ф.И.О).