

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії

ректор УДНТ

проф. Сухий К.М.



2025 р.

ПРОГРАМА

фахового вступного іспиту

для прийому на навчання за освітньо-науковою програмою підготовки
доктора філософії

за спеціальністю G10 Металургія – «Металургія»

Дніпро 2025

Програма фахового вступного іспиту для прийому на навчання за освітньо-науковою програмою підготовки доктора філософії за спеціальністю

G10 Металургія

(шифр та назва спеціальності)

Розробники:

Костянтин НІЗЯЄВ, докт.техн.наук, професор

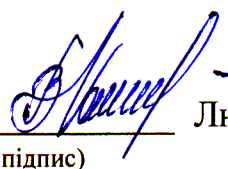
Володимир ГЛАДКИХ, докт.техн.наук, професор

Яна МЯНОВСЬКА, докт.техн.наук, професор

Ангела Надточий, канд.техн.наук, доцент

Валерій ХРИЧИКОВ, докт.техн.наук, професор

Гарант освітньо-наукової програми



(підпис)

Людмила Камкіна

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	
3. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ	
4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ	
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Мета вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності G10 «Металургія» - з'ясувати рівень теоретичних знань та практичних навичок вступників, яких вони набули під час навчання на освітньому ступені / рівні спеціаліста / магістра, з метою формування рейтингового списку та конкурентного відбору здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії зі спеціальності G10 «Металургія» в межах ліцензійного обсягу університету

Метою вступних випробувань зі спеціальності G10 Металургія на навчання для здобуття ступеня доктора філософії є з'ясування рівня систематизації та узагальнення рівня теоретичних знань та практичних навичок самостійної роботи для розв'язання конкретних завдань у галузі знань механічної інженерії. Програма складено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, Закону України від 06 вересня 2014 р. «Про вищу освіту», постанови Кабінету міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261 «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах)» та наказу Міністерства освіти і науки України від 15.03.2023 №276 «Порядок прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2023 році».

Фахівець з металургії повинен бути підготовленим для організаційної, наукової, конструкторської та технологічної роботи в галузі та виконувати професійну роботу згідно Державного переліку професій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1117 від 11 вересня 2007 року (зі змінами та доповненнями) і займати первинні посади згідно довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників з урахуванням вимог Положення про ступеневу професійно-технічну освіту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 3 червня 1999 року № 956, Державного стандарту професійно-технічної освіти, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 серпня 2002 року № 1135: молодший науковий співробітник (гірництво, металургія), науковий співробітник (гірництво, металургія), молодший науковий співробітник (галузь інженерної справи), науковий співробітник (галузь інженерної справи), науковий співробітник консультант (галузь інженерної справи), інженер-дослідник.

2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Під час підготовки до випробування необхідно звернути увагу на те, що вступник повинен:

знати:

– Основні фізичні та хімічні закони, базові розділи вищої математики, їх технічне застосування, характеристики конструкційних та функціональних матеріалів машинобудування;

– Основи металургії чорних металів, процеси спеціальної металургії, обладнання та технологія розливки сталі в зливки;

– Теоретичні основи ливарного виробництва литва в піщані форми, технологію спеціальних способів лиття, литво з чавуну, сталі, кольорових металів, устаткування ливарних цехів, автоматизація ливарного виробництва;

– Основи кристалічної будови твердих металів, будови металічних розплавів, фазових перетворень металів та сплавів;

– Сучасні методи досліджень та контролю структури та властивостей металів і сплавів;

вміти:

– Оцінювати вплив методу отримання матеріалу/виробу на його властивості, довговічність, собівартість;

– Обирати та застосовувати методи виготовлення та методи дослідження структури та фізико-хімічних, механічних експлуатаційних властивостей матеріалів/виробів.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ

Тема: Металургія чавуну

1. Загальна характеристика доменного виробництва і його значення у виробничому циклі чорної металургії. Основні етапи розвитку доменного виробництва. Схема доменного виробництва та доменного процесу. Схема роботи доменної печі. Чинники, що лімітують збільшення продуктивності печі і зниження витрати коксу. Необхідність підготовки сирих матеріалів до доменної плавки.

2. Паливо доменної плавки. Види палива, що застосовується в доменній плавці. Вимоги до доменного палива. Кокс як основний вид палива доменного процесу. Функції коксу в доменному процесі.

3. Руди, флюси і їх замітники. Залізні руди. Рудоутворюючі мінерали. Мінералогічні типи руд і їх властивості. Найважливіші властивості руд, що визначають їх металургійну цінність: вміст заліза, збагачуваність, склад порожньої породи, наявність домішок, фізичні властивості. Розміщення залізородних родовищ по районах України. Характеристика вітчизняних родовищ залізних руд. Марганцеві руди. Призначення марганцевих руд в доменній плавці. Рудо – утворюючі з'єднання марганцю. Вимоги до якості марганцевих руд. Основні родовища марганцевих руд. Флюси доменної плавки. Призначення флюсів в доменному процесі. Типи флюсів. Види флюсів, що застосовуються: вапняк, крейда, черепашник, кварцити, плавиковий шлак та ін. Визначення флюсуючої спроможності вапняків. Вплив основних флюсів на доменний процес. Замітники руд і флюсів у доменному виробництві. Принципи металургійної оцінки сирих матеріалів. Вимоги до якості сирих матеріалів.

4. Підготовка сирих матеріалів до доменної плавки. Мета, значення та ефективність підготовки металургійної сировини до доменної плавки. Способи підготовки сирих матеріалів. Дроблення і подрібнення. Завдання, методи і показники дроблення. Будова дробарок і млинів для подрібнення, їх застосування на металургійних заводах і фабриках збагачення. Грохочення і класифікація. Мета, характеристика і показники процесів грохочення і класифікації. Будова грохотів і класифікаторів, їх застосування при підготовці сировини до доменної плавки. Випал руд і вапняків. Мета процесів випалу залізних руд і вапняків. Пристрої для випалу.

Збагачення залізних і марганцевих руд. Мета збагачення. Фізичні основи і техніко-економічні показники різних способів збагачення. Рудорозбирання, промивка. Гравітаційні методи збагачення (відсаження і збагачення у важких суспензіях). Збагачення методом флотації. Магнітне збагачення, будова магнітних сепараторів. Схеми ланцюга апаратів збагачувальних фабрик. Усереднення матеріалів. Необхідність усереднення сирих матеріалів доменної плавки. Показники процесів усереднення. Методи усереднення, їх

ефективність. Стан і перспективи розвитку усереднення доменної сировини. Окусування залізородних матеріалів. Загальна характеристика, сучасний стан, значення і перспективи розвитку кожного з методів виробництва окусованої сировини. Якість окусованих залізородних матеріалів.

5. Виробництво агломерату. Схема агломераційного процесу. Виникнення та розвиток процесу агломераційного спікання в шарі. Фізикохімічні основи процесу спікання агломерату. Хімічний та мінералогічний склад агломерату. Технологічна схема агломераційної фабрики. Прийом та складування шихтових матеріалів. Підготовка агломераційної шихти до спікання: усереднення матеріалів, підготовка компонентів шихти по гранулометричному складу, дозування, змішування і огрудкування шихти. Конструкція стрічкової агломераційної машини. Обладнання та будова агломераційної фабрики. Розвиток технології виробництва агломерату.

6. Виробництво окатишів. Обставини, що викликали необхідність створення і розвитку цього способу окусування залізородної сировини. Одержання сирих окатишів. Зміцнюючий випал окатишів. Фізико-хімічні процеси, що супроводжують зміцнюючий випал окатишів. Обладнання фабрик огрудкування, пристрої для огрудкування шихти, будова машин для випалу окатишів. Комбіновані установки для обпалу окатишів типу Решітка-Трубчаста піч-Охолоджувач.

7. Рух матеріалів і газів в доменній печі. Протитечія шихти і газу як чинник, що визначає високу економічність доменної печі. Рух шихти в доменній печі. Необхідні і достатні умови опускання шихти: зменшення об'єму матеріалів в печі і наявність рушійної сили (активної ваги). Чинники, що впливають на активну вагу стовпа шихтових матеріалів. Швидкості опускання шихти в переріз печі. Рух матеріалів в нижній частині печі. Рух газів в доменній печі. Газопроникність насипної маси в шарі, способи її контролю. Залежність втрати тиску газів, що рухаються в шарі сипких матеріалів, від фізичних властивостей матеріалів і параметрів газового потоку. Чинники, що впливають на розподіл компонентів шихти по радіусу колошника при завантаженні матеріалів в доменну піч. Керування розподілом матеріалів на колошнику доменної печі шляхом зміни послідовності завантаження, рівня засипу та величини подачі.

8. Процеси відновлення в доменній печі. Схема відновлення заліза з оксидів в доменній печі. Термодинамічні умови відновлення заліза оксидом вуглецю і воднем. Термодинаміка і кінетика реакції взаємодії вуглецю коксу з вуглекислотою і водяною парою. Механізм прямого відновлення заліза вуглицем коксу з твердої фази та із залізистого шлаку. Порівняння прямого і непрямого відновлення, вплив їх відносного розвитку на величину необхідної витрати коксу. Співвідношення між реальним і оптимальним ступенем розвитку прямого відновлення заліза. Механізм і кінетика відновлення заліза газами. Відновлення Mn, Si, P в доменній печі.

9. Утворення чавуну та шлаку. Навуглецювання відновленого в доменній печі заліза. Реакція розкладання оксиду вуглецю, її роль в процесі навуглецювання заліза. Плавлення чавуну в доменній печі. Навуглецювання рідкого чавуну. Перехід в чавун інших домішок: марганцю, фосфору, кремнію, сірки. Послідовність етапів шлакоутворення в доменній печі. Склад і властивості первинних шлаків, їх відносна кількість. Вплив різних чинників на температурний інтервал і висоту зони шлакоутворення. Зміна складу і кількості шлаку на шляху його руху від горизонту шлакоутворення до горна. Проміжні і кінцеві шлаки. Вплив шлаку на склад чавуну. Умови десульфурації чавуну в доменній печі і позапічна десульфурація, методи, устаткування.

10. Теплові процеси в доменній печі. Горіння вуглецю в окислювальних зонах фурмених вогнищ. Зміна складу газу та його температури в горні по осі фурми. Теоретична температура горіння. Розміри зон горіння і чинники, що визначають їх. Закономірності теплообміну між матеріалами і газами в протитечійних теплообмінниках. Теплообмін між потоками шихти і газу в доменній печі. Зміна температур шихти і газу по висоті печі. Зміна температури по радіусу доменної печі на різних її горизонтах. Склад і

кількість горнового газу. Зміна складу і кількості газів при проходженні їх через доменну піч. Чинники, що визначають склад колошникового газу. Склад колошникового газу як показник ходу процесів відновлення в доменній печі. Методи інтенсифікації доменного процесу.

11. Нові процеси окискування та виробництва заліза. Закономірності розвитку технологічних систем, напрямки розвитку виробництва агломерату, гібридних матеріалів, дослідження в області підготовки металургійної сировини. Нові технології у виробництві агломерату і окатишів. Пропозиції щодо ресурсо- та енергозбереження. Низькотемпературні технології окискування. Безвипалювальні методи окискування. Нові методи брикетування металургійної сировини. Окискування за принципом коксування. Суміщені процеси виробництва гібридних окискованих матеріалів окисленого сортаменту. Суміщені процеси окискування та металізації залізорудної сировини. Металізація залізорудних матеріалів у трубчатих та шахтних печах. Позадоменне отримання заліза. Технології попереднього відновлення залізорудних матеріалів. Пряме відновлення заліза. Підготовка сировини та палива до прямого відновлення. Виробництво криці. Сировина і агрегати для виробництва криці, виділення металевого заліза. Використання продукції безкоксової металургії. Оцінка процесів безкоксової металургії і тенденції їх розвитку.

Рекомендована література

1. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна. К.: Вища школа, 1988. - 351с.

2. Воскобойников и др. Общая металлургия. М: Металлургия, 2004. – 551 с.

Тема: Металургія сталі

1. Сучасний стан та структура сталеплавильного виробництва. Сучасні способи масового виробництва сталі і їх характеристика. План сталеплавильного цеху і основні вантажопотоки, конструкції основних технологічних агрегатів. Загальні відомості про шихтові матеріали плавки. Шлаки сталеплавильних процесів. Технологічна схема виробництва сталі. Конвертерні способи виплавки сталі, їх особливості. Технологія конвертерної плавки.

2. Класифікація та маркування сталі.

3. Загальна фізико-хімічна характеристика сталеплавильних процесів та основні реакції у сталеплавильних ваннах.

4. Різновиди і варіанти конверторних процесів повітряного дуття. Будова і схема роботи конвертерів донного повітряного дуття. Бесмерівський процес: матеріали для процесу, технологія бесмерівської плавки, особливості окислення домішок, тепловий баланс процесу, властивості і застосування бесмерівської сталі. Томасівський процес: особливості процесу, технологічні періоди плавки, особливості окислення домішок, розкислення і науглецьовування сталі, тепловий баланс томасівської плавки.

5. Конвертерний процес з продуванням киснем зверху. Сутність киснево-конвертерного процесу з верхнім дуттям, переваги і недоліки. Конструкція конвертера, пристрій окремих елементів і їхнє функціональне призначення, схема кладки вогнетривкої футеровки і її зношування, конструкції застосовуваних дуттєвих пристроїв, охолодження і очищення конвертерних газів, устаткування. Шихтові матеріали і вимоги, що ставляться до них. Порядок проведення технологічних операцій конвертерного процесу (завалка шихтових матеріалів у конвертер, продувка, повалка конвертера для відбору проби металу і виміру температури, випуск металу, розкислення та легування), їхня тривалість і особливості.

6. Технології та особливості конверторних процесів з донною кисневою продувкою. Передумови створення процесу з донною подачею кисню. Переваги донного дуття в порівнянні з верхньою продувкою киснем, його недоліки. Особливості конструкції конвертерів з донною продувкою; конструкція дуттєвих пристроїв; застосовувані гази й рідини як захисні засоби; параметри дуттєвих пристроїв, їхня кількість і схеми

розташування в днищі конвертера. Дуттєвий режим: технологічні, термодинамічні і кінетичні особливості донної кисневої продувки, вплив на гідродинаміку ванни, процес шлакоутворення. Можливості процесу по переробці чавунів різного хімічного складу й виплавки сталі.

7. Різновиди і варіанти подових процесів виробництва сталі. Основні особливості і різновиди мартенівського процесу. Конструкція і робота мартенівської печі. Періоди мартенівської плавки і їхнє значення. Теплова робота мартенівської печі, матеріальний і тепловий баланси процесу. Особливості технології плавки сталі. Основний мартенівський процес. Напрямки інтенсифікації мартенівського процесу

8. Суть та методи розкислення та легування сталі. Способи розкислення сталі, їхня характеристика, використовувані матеріали. Практика і особливості розкислення і легування сталі у мартенівських печах. Технологія попереднього розкислення в печі низькосортними розкислювачами і вторинними матеріалами. Розкислення киснево-конвертерної сталі з використанням різних засобів позапічної обробки. Сучасна технологія виробництва, в т.ч. розкислення і легування сталі дуплекс-процесом (сталеплавильний агрегат – АКП – VD / VOD). Технологія розкислення легованої сталі.

9. Суть, завдання та методи позаагрегатної обробки сталі. Задачі, які вирішуються при позапічній обробці сталі. Існуючі способи обробки металу у ковші, їхня класифікація. Методи відділення шлаків від металу при випуску з конвертера.

10. Особливості обробки сталі вакуумом (конструкція агрегатів, технології, результати обробки). Обробка металу під вакуумом у ковші, вакуумування окремих порцій металу (порціонне вакуумування й циркуляційне), вакуумування струменю. Обробка металу вакуумом і киснем.

11. Комплексна обробка сталі у ковші на установках доводки металу та на установці „ківш-піч”. Способи перемішування сталі в ковші. Обробка сталі інертними газами. Вдування порошкоподібних реагентів в метал. Використання порошкового дроту. Обробка металу шлаками і шлаковими сумішами. Нагрівання металу в ковші. Комплексне позапічне рафінування

12. Обладнання та технологія розливки сталі в зливки. Устаткування для розливання сталі в злитки. Кристалізація сталевих злитків, особливості будови злитка спокійної, киплячої й напівспокійної сталі. Особливості технології розливання сталі зверху й сифоном. Види браку сталі, що розливається в форми (виливниці).

13. Суть безперервної розливки сталі, типи та обладнання машин безперервного лиття заготовки (МБЛЗ), технологія розливки. Будова МБРЗ, основне обладнання і функціональне його призначення. Робота сучасних установок. Особливості технології безперервного розливання сталі. Класифікація способів зовнішніх впливів на метал, що кристалізується. Оптимізація умов формування безперервно-литих злитків. Утворення й розвиток дефектів у заготівці, що відливається. Одержання заготівок, близьких за формою й перетином до готового прокату. Структура, якість сталевих зливків та безперервнолитих заготовок.

Рекомендована література

1. Технології підвищення якості сталі /О.Г.Величко, О.М.Стоянов, Б.М. Бойченко, К.Г. Нізяєв/ – Дніпропетровськ: Середняк Т.К., 2016. – 196с.

2. Технології обробки сталі у передкристалізаційний період при безперервному розливанні / Є.В. Синегін, К.Г. Нізяєв, О.М. Стоянов, В.Г. Герасименко, С.В. Журавльова, Л.С. Молчанов – Дніпро: Середняк Т.К., 2021. – 99 с.

3. Технологія розливки сталі. /О.П.Чуванов, В.С. Мамешин, А.С. Гриценко та ін. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 186 с.

4.Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія Дніпропетровськ: Дніпро-ВАЛ, 2004. — 454 с.

5. Процессы непрерывной разливки / А.Н. Смирнов., В.Л. Пилюшенко, А.А. Минаев [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2009. – 536 с.

7. Харлашин П. С. Основы термодинамики і кінетики сучасних сталеплавильних процесів / Підручник для ВУЗів / П. С. Харлашин, В. С. Волошин, М. Я. Меджибожський. - Маріуполь, 2012 - 340 с.

Тема: Електрометалургія сталі та феросплавів

1. Класифікація феросплавних процесів. Сучасний стан електрометалургійної промисловості України Місце і роль електрометалургії у металургійному комплексі України. Характеристика виробничих потужностей, їх характеристика. Визначення феросплавів та лігатур, теоретичні передумови та їх застосування. Класифікація феросплавів по кількості ведучих елементів, поняття витягання їх у сплав, кратність шлаку, базова тонна. Класифікація феросплавних процесів за видом відновлення.

2. Теорія та практика виробництва кремнійвмісних феросплавів. Властивості кремнію та його сполучень, область застосування та сортамент. Загальна характеристика сировини і шихтових матеріалів, їх підготовка до переробки. Технологія виплавки и розливки феросиліцію.

3. Теорія та практика виробництва сплавів марганцю. Властивості марганцю та його сполучень, область застосування та сортамент. Руди марганцю та їх підготовка до плавки. Технологія виплавки і розливки силікомарганцю та вуглецевого феромарганцю.

4. Теорія та практика виробництва хромвмісних феросплавів. Властивості хрому та його сполучень, область застосування та сортамент. Руди хрому. Технологія плавки та основні особливості процесу. Розливка хромвмісних феросплавів.

5. Загальні закономірності, теоретичні основи та технологія виплавки сталі у дугових сталеплавильних печах. Класифікація електросталі, її призначення та способи виробництва. Конструкція дугових сталеплавильних печей та характеристика енерготехнологічного устаткування. Основні технологічні операції під час виплавки сталі та їх призначення. Виплавка сталі у дугових печах з основною та кислою футеровкою.

6. Позапічна обробка електросталі. Призначення позапічної обробки сталі. Роль позапічної обробки у концепції міні-металургійних заводів. Основні агрегати ділянки позапічної обробки. Технологія позапічної обробки електросталі в агрегаті «ківш-піч» та у вакуумній установці.

7. Розливка електросталі. Фізико-хімічні взаємодії під час кристалізації металу. Ліквіація елементів. Структура та вади злитку. Розливка сталі у виливниці, устаткування, технологія. Структура безперервнолитого злитку. Конструкція та обладнання агрегатів безперервного лиття заготовок.

8. Теорія та технологія електроплавки сталі в індукційних печах. Основи технології. Конструкція індукційних печей та характеристика енерготехнологічного устаткування. Виготовлення футеровки індукційних печей.

9. Переплавні процеси спеціальної електрометалургії. Рафінуючі можливості шлакового середовища, вакууму, інертних газів. Теорія методів електрошлакового, вакуумдугового та електроннопроменевого переплавів. Формування макроструктури зливка. Конструкції плавильного устаткування. Порівняння якості металу та технологічних можливостей переплавних методів.

Рекомендована література

1. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. – М.: СП «Интернет Инжиниринг». 1999. – 764с.

2. Электрометаллургия стали и ферросплавов. / под ред. Д.Я.Поволоцкого. М.: Металлургия, 1989. – 568с.

3. Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Теория и технология металлургического производства» / Сост. В.Ф.Лысенко и др. – Днепропетровск, НМетАУ. 1999. – 64с.

Тема: Металургія кольорових металів

1. Загальні відомості про виробництво кольорових металів. Класифікація кольорових металів, їх застосування та значення в сучасній техніці. Руди кольорових металів та методи їх збагачення. Класифікація способів отримання кольорових металів та кольорової металургії України.

2. Металургія міді. Властивості міді та її сплавів, галузі застосування. Сировина для виробництва міді. Технологічна схема пірометалургійного способу отримання міді. Підготовка руд до плавки. Виплавка штейну. Конвертування штейну. Рафінування міді. Техніко-економічні показники процесу виробництва міді.

3. Металургія нікелю. Властивості нікелю та галузі його застосування. Руди нікелю. Способи отримання нікелю. Технологія отримання нікелю відновленням його оксиду. Виробництво нікелю з сульфідних мідно-нікелевих руд. Рафінування нікелю. Техніко-економічні показники виробництва.

4. Металургія алюмінію. Властивості алюмінію, його сплавів, галузі їх застосування. Мінерали та руди алюмінію. Сучасна технологія отримання глинозему з бокситів. Технологія отримання алюмінію електролізом. Конструкція електролізера. Рафінування первинного сплаву. Техніко застосування. Руди титану та загальні принципи їх переробки. Виробництво тетрахлориду титану. Магнієтермічне відновлення. Отримання компактного титану. Техніко-економічні показники виробництва.

6. Металургія вторинних кольорових металів. Сировина для виробництва вторинних кольорових металів та її первинна переробка. Виробництво вторинних міді, алюмінію та сплавів на їх основі. Напрямки розвитку металургії вторинних кольорових металів в Україні.

Рекомендована література

1. Металургія кольорових металів : Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Рабинович О.В., Садовник Ю.В., Ігнат'єв В.С., Трегубенко Г.М., Бубликов Ю.О. - НМетАУ. - Дн-ск: Видавництво, 2009. - 154 с.

2. Уткин Н.И. Производство цветных металлов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 442с.

3. Металлургия цветных металлов / Г.А.Колобов, В.Н.Бредихин, Н.А.Маняк, А.И.Шевелев. – ДонНТУ. – Д., Издательский дом «Кальмиус», 2007. – 462 с.

4. Червоний І.Ф., Маняк М.О., Рабинович О.В., Колобов Г.О. Вступ до спеціальності. Металургія кольорових металів. Навчальний посібник / Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2009. - 137 с.

5. Металургія кольорових металів, ч. 1. Сировинні ресурси і виробництво. Підручник / Під ред. Червоного І.Ф. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2008. – 334 с.

Тема: Теорія металургійних процесів.

1. Процеси утворення та термічної дисоціації складних хімічних сполук. Термодинамічний аналіз систем — газ - конденсована фаза. Термодинаміка систем $\text{MeO}-\text{CO}_2$, $\text{Me}-\text{O}$ та ін. Утворення та дисоціація карбонатів і оксидів. Критерії хімічної міцності сполук. Принцип послідовності перетворень. Система залізо-кисень: діаграма стану цієї системи. Ряд металів по нормальній хімічній спорідненості до кисню та його застосування при аналізі металургійних процесів. Механізм та кінетика гетерогенних процесів утворення та дисоціації складних хімічних сполук. Основи механізму та кінетики гетерогенних процесів утворення та дисоціації хімічних сполук. Загальні кінетичні закономірності топохімічних реакцій. Особливості твердофазного окислення металів. Механізм окислення заліза, структура окалини.

2. Основи теорії горіння у однофазній та двофазній системах $\text{C}-\text{H}-\text{O}$. Термодинамічний аналіз реакцій горіння. Термодинаміка реакцій системи CO , $\text{H}-\text{O}$. Термодинамічний аналіз реакцій в системі $\text{C}-\text{H}-\text{O}$; одно - та двофазні системи. Кінцевий

склад і окислювально-відновлювальні властивості продуктів горіння в залежності від співвідношення вихідних реагентів. Механізм та кінетика гетерогенного та гомогенного горіння. Особливості механізму та кінетики газоподібного та твердого палива. Поняття температури початку горіння різних видів палива. Цепний механізм горіння. Структура графіту. Кінетичні закономірності горіння твердого палива. Режими протікання та вплив різноманітних факторів на характер процесу.

3. Механізм та кінетика процесів відновлення. Механізм та кінетика процесів відновлення. Дифузійно-хімічна теорія газового відновлення твердих оксидів. Ступінчатий та зональний типи процесу. Особливості механізму відновлювання заліза газами CO , H_2 та вуглецем. Кінетичні закономірності процесу. Металургійні розплави та її властивості. Термодинаміка окислювального рафінування металевих розплавів. Механізм та кінетика окислення елементів.

4. Загальна характеристика металургійних розплавів. Структура та властивості розплавів на основі заліза. Активності, коефіцієнти активності компонентів розплаву, параметри взаємодії. Шлакові розплави, їх структура та властивості. Молекулярна та іонна теорія шлаків. Теорія досконалих та регулярних іонних розчинів.

5. Основи процесів окислювальної плавки. Термодинаміка окислювального рафінування металевих розплавів. Процеси видалення домішок з рідкого металу. Сірка та фосфор в металургійних процесах. Розкислення сталі. Утворення і видалення неметалевих включень. Водень та азот в сталі.

6. Термодинаміка простого розчинення і процесів вилуговування, що супроводжуються хімічною реакцією. Основи екстракційних процесів. Вилуговування речовин з руд. Розчинність солей. Особливості вилуговування з хімічною реакцією. Вплив константи рівноваги на витрати реагентів. Діаграми Пурбе. Ланки. Хімічна реакція. Приклади механізмів вилуговування. Типи екстракційних процесів. Катіонообмінна, аніонообмінна та екстракція нейтральними екстрагентами.

Рекомендована література

1. Охотський В.Б. Теорія металургійних процесів / В.Б.Охотський, О.Л.Костюлов, В.К.Симонов та інш. – К. : ІЗМН, 1997. – 512 с.

2. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов / Е.А. Казачков – М. : Металлургия, 1988. – 288 с.

3. Симонов В.К., Гришин А.М., Иващенко В.П. Расчеты по теории процессов восстановления: Учеб. пособие. – Днепропетровск: НМетАУ, 2006. - 48 с.

Тема: Ливарне виробництво

1. Нові матеріали та прогресивні технології виготовлення литва. Загальнотеоретичні відомості; способи лиття у спеціальні форми – у кокіль, керамічні, оболонкові та вуглецеві форми; лиття з застосуванням зовнішніх дій на рідкий та твердуючий метал – під всебічним газовим тиском, що регулюється, з застосуванням ультразвукового оброблення та електромагнітної дії; способи лиття, що засновані на безперервних процесах формування виливків – заморожуванням, електрошлакові та з застосуванням електромагнітних кристалізаторів; способи одержання виливків зі спеціальними властивостями – суспензійне, композитне та армоване литво.

2. Твердіння металів та металевих композицій. Основні методи формування виливка, в т.ч. вивчення складу сплавів, основних типів виливків та їх інтерпретація, засобів оптимізації сплавів, формування структури відливок. Вивчення будови та властивостей відливок, роль формування відливки, вивчення впливу мікроструктури виливків із різних сплавів, неметалічних включень, газів у виливках та їх впливу на формування виливки, фізичної основи процесу формування відливки.

3. Проектування і виготовлення оснастки. Роль технологічного оснащення у виробництві виливків; оснащення для виготовлення неметалевих форм; проектування

об'єктів метало-модельного оснащення; основи конструювання кокілів; основи конструювання прес-форм для лиття під тиском; основи конструювання прес-форм для моделей, що витоплюються.

4. Конструювання литих деталей. Проектування виливків; проектування та засвоєння ливарної технології; виробництво виливків способом лиття у піщані форми; особливості технології виготовлення виливків у спеціальних разових і багаторазових формах.

5. Спеціальні та особливі види лиття. Особливості спецвидів лиття; піщано-глинисті форми; оболонкові форми; кокільне литво; лиття по витоплюваним, випалюваним, газифікованим, розчиненим моделям; лиття під тиском; охорона праці та навколишнього середовища.

6. Спеціальні способи виплавки сплавів для литва. Класифікація печей ливарних цехів; плавильні печі ливарних цехів: вагранки; паливні печі: мартенівські та печі для плавлення кольорових сплавів; електричні печі опору; дугові електропечі; плазмові печі; індукційні тигельні печі; індукційні каналні печі; стислі відомості про розрахунки плавильних печей; сушарки ливарного виробництва: паливні печі для сушіння форм та стрижнів; електричні сушильні печі; печі для сушіння вихідних матеріалів; спеціальні сушильні та низькотемпературні нагрівальні установки та стенди; стислі відомості про розрахунок сушильних печей; нагрівальні печі ливарних цехів: печі періодичної дії, безперервної дії, стислі відомості про розрахунок нагрівальних печей.

7. Фінішні операції при виготовленні литва. Проектування виливків; проектування та засвоєння ливарної технології; виробництво виливків способом лиття у піщані форми; особливості фінішних операцій у технології виготовлення виливків у спеціальних разових і багаторазових формах.

8. Кристалізація та властивості чавуну у виливках. Високоміцний чавун як перспективний конструкційний матеріал. Вплив форми графіту на властивості чавуну; кристалізація та структуроутворення високоміцного чавуну; основи сфероїдизуючого модифікування чавуну; обробка чавуну магнієм; вплив елементів на структуру і форму графіту; розрахунок кількості магнію та інших модифікаторів, необхідної для обробки чавуну; основні елементи чавуну та їх взаємодія з компонентами модифікаторів; фізико-механічні, ливарні та експлуатаційні властивості високоміцного чавуну; особливості технологічного процесу виготовлення виливків з високоміцного чавуну.

9. Сталеве литво. Роль елементів, що є у сталі, у формуванні властивостей і структури сталевих виливків; виливки з легованих сталей зі спеціальними властивостями; високолеговані сталі для виливків; легування ливарних сталей; високолеговані ливарні сталі із спеціальними властивостями.

10. Кольорове литво. Сплави на основі титану; сплави системи титан-алюміній; технологія плавлення, заливання та термооброблення титан-алюмінієвих сплавів; ливникові системи; сплави на основі ніобію, хрому; особливості плавлення сплавів; сплави на основі ванадію; технологія плавлення сплавів і одержання виливків; сплави на основі інтерметалідів; особливості технології форми та розробка технології виробництва виливків; сплави зі спеціальними властивостями; вплив легуючих елементів на властивості сплавів на основі нікелю, міді та титану

Рекомендована література

1. Тверднення металів і металевих композицій: підручник для вищих навчальних закладів / В.О. Лейбензон, В.Л. Пілюшенко, В.М. Кондратенко, В.Є. Хричиков [та ін.]. – 2-е вид., доопр. – Київ: Науково-виробниче підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України, 2009. – 447 с.

2. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття: підручник для вищих учбових закладів / В.О. Богуслаєв, С.І. Репях, В.Г. Могилатенко [та ін.]; під ред. С.І. Репяха та В.Г. Могилатенка; 2-е вид. доп. та доопр. – Запоріжжя: АТ «МОТОР СІЧ», 2016. – 474.

3. Котешов Н.П. Хрычиков В.Е. Инженерные методы расчета, построения и экспериментального исследования температурных полей и напряжений в отливках. Учебное пособие для бакалавров и магистров по специальности 7.090405 Днепропетровск, ГМетАУ, 1996, 56 с.

4. Теоретические основы литейной технологии: Пособие для ВУЗов /Руков. автор. кол. А. Ветишка: пер. с чешск. – К: Вища школа, 1981. - 320с.

5. Хричиков, В.Є. Ливарне виробництво чорних та кольорових металів: Навч. посібник з грифом МОНУ/ В.Є. Хричиков, О.В. Меняйло. – 2-е вид., доопр.– Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 88 с.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

Фахові випробування проводяться для вступників на навчання за освітньо-науковими програмами підготовки докторів філософії. Оцінювання знань вступників на фахових вступних випробуваннях здійснюється за 200-бальною шкалою від 0 до 200 балів

Програми фахових випробувань відповідають навчальним програмам освітньо-кваліфікаційного рівня магістра відповідного напрямку підготовки. Для особи, яка претендує на зарахування для здобуття ступеня доктора філософії (за 200 бальною шкалою): Високий рівень (171-200 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: в повній мірі засвоїв увесь програмний матеріал, показує знання не лише основної, але й додаткової літератури, наводить власні міркування, робить узагальнюючі висновки, використовує знання з суміжних галузевих дисциплін, вдало наводить приклади. Достатній рівень (136-170 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: має також високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь досить повна, логічна, з елементами самостійності, але містить деякі неточності або пропуски в неосновних питаннях. Можливе слабе знання додаткової літератури, недостатня чіткість у визначенні понять. Задовільний рівень (100-135 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна, неглибока, містить неточності, робить помилки при формулюванні понять, відчуває труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.

Рівень, шкала ECTS, бали	Теоретична підготовка	Практичні уміння і навички
Високий, А, відмінно, 171-200	Вступник має глибокі, міцні та систематичні знання всіх положень теорії. Може не тільки вільно сформулювати, але й самостійно довести закони, теореми, принципи, використовує здобуті знання і вміння в нестандартних ситуаціях, здатний вирішувати проблемні питання. Відповідь вступника відрізняється точністю формулювань, логікою, достатній рівень узагальненості знань.	Вступник самостійно розв'язує типові задачі різними способами, стандартні, комбіновані, та нестандартні проблемні задачі, здатний проаналізувати та узагальнити отриманий результат. Виконуючи практичні роботи, вступник дотримується всіх вимог, передбачених програмою курсу. Крім того, його дії відрізняються раціональністю, вмінням оцінювати помилки і аналізувати результати.
Вище середнього, В, С, Середній,	Вступник знає і може самостійно сформулювати основні закони, теореми, принципи і пов'язати їх з реальними явищами, може привести	Вступник самостійно розв'язує типові (або за визначеним алгоритмом) вправи й задачі, володіє базовими навичками з

дуже добре, 136-170	як словесне, так і математичне формулювання основних положень теорії. навести приклади їх застосування в практичній діяльності, але не завжди може самостійно довести їх. Вступник може самостійно застосовувати знання в стандартних ситуаціях, його відповідь логічна, але розуміння не є узагальненим.	виконання необхідних математичних операцій та перетворень, може самостійно сформулювати типову задачу за її словесним описом, скласти розрахункову схему та обрати раціональний метод розв'язання, але не завжди здатний провести аналіз і узагальнення результату. Виконуючи практичні роботи, вступник може самостійно підготувати робоче місце, виконати роботу в повному обсязі й зробити правильні висновки.
Достатній, D, E, задовільно, достатньо, 100-135	Вступник відтворює основні поняття і визначення курсу, але досить поверхово, не виділяючи взаємозв'язок між ними, може сформулювати з допомогою викладача основні положення теорії (аксіоми, закони, принципи), знає умовні позначення основних величин та їх розмірність, може записати окремі математичні вирази теоретичного положення за словесним формулюванням і навпаки; допускає помилки, які повною мірою самостійно виправити не може.	Вступник може розв'язати найпростіші типові задачі за зразком, виявляє здатність виконувати основні елементарні операції та перетворення, але не спроможний самостійно сформулювати задачу за словесним описом і визначити метод її розв'язання. Практичні або лабораторні роботи вступник виконує за зразком (інструкцією), але з помилками, робить висновки, але не розуміє достатньою мірою мету роботи.
Початковий, F, FX, незадовільно, 0-99	Відповідь вступника під час відтворення навчального матеріалу елементарна, фрагментарна, зумовлена нечіткими уявленнями про закони і явища. У відповіді цілком відсутня самостійність. Вступник знайомий лише з деякими основними поняттями та визначеннями курсу, за допомогою викладача може сформулювати лише деякі основні положення теорії (аксіоми, теореми, принципи, закони).	Вступник знає умовні позначення та вміє розрізняти основні величини, вміє розв'язувати задачі лише на відтворення основних формул, здійснювати найпростіші математичні дії. Виконуючи практичні (лабораторні) роботи, вступник вміє користуватися окремими приладами, але не може самостійно виконати роботу і зробити висновки.

При оцінюванні враховуються виправлення. Підсумкова оцінка визначається як середньоарифметичне від загальної суми балів, отриманих за кожне завдання та дослідницьку пропозицію. Випробування вважається складеним на позитивну оцінку, якщо робота отримала не менше 100 балів.