

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор

Дніпровський державний технічний університет

д. т. н., проф. В. М. Гуляєв

## **ПРОГРАМА**

**вступного іспиту до аспірантури**

*зі спеціальності 136 «Металургія»*

Гарант програми,

керівник проектної групи

зі спеціальності 136 «Металургія»

д.т.н., проф. Є.М. Сігарьов

ПРОГРАМА  
вступного іспиту до аспірантури за спеціальністю  
136 «Металургія»

## 1 **Металургія чавуну**

1.1 *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. Перспективи розвитку доменного виробництва.

1.2 *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. Вимоги до якості коксу.

1.3 *Руди, флюси і їх замінники.* 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. Запаси залізних руд у світі і в Україні. Розміщення залізородних родовищ по районах України. Характеристика вітчизняних родовищ залізних руд. Найважливіші залізородні родовища за кордоном.

*Марганцеві руди.* Призначення марганцевих руд в доменній плавці. Рудоутворюючі з'єднання марганцю. Вимоги до якості марганцевих руд. Основні родовища марганцевих руд.

*Флюси доменної плавки.* Призначення флюсів в доменному процесі. Типифлюсів. Види флюсів, що застосовуються: вапняк, крейда, черепашник, кварцити, плавиковий шлак та ін. Визначення флюсоуючої спроможності вапняків. Вплив основних флюсів на доменний процес. Замінники руд і флюсів у доменному виробництві. Принципи металургійної оцінки сирих матеріалів. Вимоги до якості сирих матеріалів.

1.4 *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 (відсадження 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. Окускування залізородних матеріалів. Загальна характеристика, сучасний стан, значення і перспективи розвитку кожного з методів виробництва окускованої сировини. Якість окускованих залізородних матеріалів.

1.5 *Виробництво агломерату.* Схема агломераційного процесу. Виникнення та розвиток процесу агломераційного спікання в шарі. Фізико-хімічні 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.

1.6. *Виробництво окатишів.* Обставини, що викликали необхідність створення і розвитку цього способу окускування 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.

1.7 *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.

1.8 *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 вуглекислою і водяною парою. Механізм прямого відновлення заліза вуглецем 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.

1.9 *Утворення чавуну та шлаку.* Навуглецювання відновленого в доменній печі заліза. Реакція розкладання оксиду вуглецю, її роль в процесі науглецювання 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.

1.10 *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.

1.11 *Нові процеси окускування 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 окускування. Безвипалювальні методи окускування. Нові методи брикетування металургійної сировини. Окускування за принципом коксування. Суміщені процес виробництва гібридних окускованих матеріалів окисленого сортаменту. Суміщені процеси окускування та металізації залізородної сировини. Металізація залізородних матеріалів у трубчатих та шахтних печах. Позадоменне отримання заліза. Технології попереднього відновлення залізородних 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. Методические указания по лабораторным работам по дисциплине «Металлургия чугуна», Днепропетровск, 2006. – 52 с.
3. Воскобойников и др. *Общая металлургия*. М: Металлургия, 2004. – 551 с.
4. *Металлургия чугуна: Учебник для вузов* / Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев и др. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 774 с.

## 2 Металургія сталі

2.1 *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.

2.2 *Класифікація та маркування сталі*.

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

2.4 *Різновиди і варіанти конверторних процесів повітряного дуття*. Будова і схема роботи конвертерів донного повітряного дуття. Бесемерівський процес: матеріали для процесу, технологія бесемерівської плавки, особливості окислення домішок, тепловий баланс процесу, властивості і застосування бесемерівської сталі.

*Томасівський процес*: особливості процесу, технологічні періоди плавки, особливості окислення домішок, розкислення і науглецьовування сталі, тепловий баланс томасівської плавки.

2.5 *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 дуттьових 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.

2.6 *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 дуттьових пристроїв; застосовувані гази й рідини як захисні засоби; параметри дуттьових пристроїв, їхня кількість і схеми розташування в днищі конвертера. Дуттьовий режим: технологічні, термодинамічні і кінетичні особливості донної кисневої продувки, вплив на гідродинаміку ванни, процес шлакоутворення. Можливості процесу по переробці чавунів різного хімічного складу й в-плавки сталі.

*2.7 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

*2.8 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.

*2.9 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.

*2.10 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.

*2.11 Комплексна обробка сталі у ковші на установках доводки металу та «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

*2.12 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).

*2.13 Суть безперервної розливки сталі, типи та обладнання машин безперервного лиття заготовки (МБЛЗ), технологія розливки.* Будова МБРС, 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 безперервнолитих злитків. Утворення й розвиток дефектів у заготівці, що відливається. Одержання заготовок, близьких за формою й перетином до готового прокату. Структура, якість сталевих зливків та безперервнолитих заготовок.

#### Рекомендована література

1. Сталеплавильне виробництво [Навч. посібник] / В.І. Баптізманський, Б.М. Бойченко, О.Г. Величко та ін. - К.: ІЗМН, 1996. - 400 с.
2. Кудрин В.А. Металлургия стали / В.А. Кудрин. - М.: Металлургия, 1996. - 488с.
3. Воскобойников В.Г. Общая металлургия / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - М.: Металлургия, 1987. - 486 с.
4. Чуванов О.П. Технологія виробництва сталі у подових агрегатах. Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2006, 50 с.
5. Величко А.Г. Внепечная обработка стали / А.Г. Величко. - Днепропетровск: Системные технологии, 2005. – 199 с.
6. Баптізманський В.І. Розливання та кристалізація сталі: Навч. посібник / В.І. Баптізманський, Л.С. Рудой, Є.І. Ісаєв та ін. - К.: Вища школа, 1993. - 267 с.
7. Процессы непрерывной разливки / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, А.А. Минаев [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2009. – 536 с.
8. Чуванов О.П., Бойченко Б.М. Захист навколишнього середовища та рециркуляція матеріалів при виробництві сталі. Навч. посібник. Дніпропетровськ.: НМетАУ, 2004. – 109 с.
9. Методичні вказівки до виконання розрахунків киснево-конвертерної плавки для студентів усіх спеціальностей / Б.М. Бойченко и др. - Днепропетровск: НМетАУ, 2001. - 25с.
10. Величко А.Г. Перемешивание и дегазация металла газом при внепечной обработке стали: Учебное пособие. Дн-ск: ДметИ, 1993. – 64 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Технологія розливки сталі” для студентів напряму 6.050401 – металургія / Укл.: Б.М. Бойченко, Є.В. Синегін, В.В. Єрмак, В.Г. Герасименко, О.М. Стоянов. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 53 с.

### 3 Електрометалургія

3.1 *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.

3.2 *Теорія та практика виробництва кремністих 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.

3.3 *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.

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

3.6 *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 кислотою футеровкою.

3.7 *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.

3.8 *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.

3.9 *Теорія та технологія електроплавки сталі в індукційних печах.* Основитехнології. Конструкція індукційних печей та характеристика енерготехнологічного устаткування. Виготовлення футеровки індукційних печей.

3.10 *Переплавні процеси спеціальної електрметалургії.* Рафінуючі можливості шлакового середовища, вакууму, інертних газів. Теорія методів електрошлакового, вакуум-дугового та електронно-променевого 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 «ИнтернетИнжиниринг». 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.

## 4 Металургія кольорових металів

4.1 *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.

4.2. *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.

4.3 *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.

4.4 *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-економічні показники технології електролітичного отримання алюмінію.

4.5 *Металургія титану.* Властивості титану та його сплавів.Галузі застосування. Руди титану та загальні принципи їх переробки. Виробництво тетрахлориду титану. Магнієтермічне відновлення. Отримання компактного титану. Техніко-економічні показники виробництва.

4.6 *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. – 442 с.
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.

## **5. Теорія металургійних процесів**

### *5.1 Процеси утворення та термічної дисоціації складних хімічних сполук.*

Термодинамічний аналіз систем “газ - конденсована фаза”. Термодинаміка систем  $MeO-CO_2$ ,  $Me-O$  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.

### *5.2 Основи теорії горіння у однофазній та двофазній системах С-Н-О.*

Термодинамічний аналіз реакцій горіння. Термодинаміка реакцій системи С-О, Н-О. Термодинамічний аналіз реакцій в системі С-Н-О; 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.

*5.3 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.

*5.4 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.

5.5 *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.

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. Катіоно-обмінна, аніонообмінна та екстракція нейтральними екстрагентами.

#### Рекомендована література

1. Охотський В.Б. Теорія металургійних процесів / В.Б. Охотський, О.Л. Костьолов, В.К. Симонов та інші. – К. : ІЗМН, 1997. – 512 с.
2. Рыжонков Д.И. Теория металлургических процессов / Д.И. Рыжонков, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев и др. – М. : Металлургия, 1989. – 392 с.
3. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов / С.И. Попель, А.И. Сотников, В.Н. Бороненков – М. : Металлургия, 1986. – 463 с.
4. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов / Е.А. Казачков – М. : Металлургия, 1988. – 288 с.
5. Методические указания к выполнению лабораторных работ и практических занятий по дисциплине «Теория металлургических процессов». - Днепропетровск : ДметИ, 1990. - 51 с.

## 6 Матеріалознавство

6.1 *Металевий стан та кристалічна будова металів.* Основні типи хімічного зв'язку в твердих тілах, особливості металічного стану. Електронна будова і фізичні властивості металів. Кристалічна будова, типові кристалічні ґратки металів, поліморфізм, анізотропія властивостей кристалів.

6.2 *Фази і фазові рівноваги в металічних сплавах.* Типи фаз в сплавах: рідкі розчини, тверді розчини, хімічні сполуки постійного та змінного складу, кристали компонентів при відсутності розчинності у твердому стані. Діаграми стану одно та двохкомпонентних систем. Правило фаз. Типи трифазних рівноваг.

6.3 *Дефекти кристалічної будови.* Класифікація дефектів. Точкові, лінійні дефекти, поверхні дефекти, об'ємні дефекти, – типи, механізми утворення, поведінка.

6.4 *Будова металевих розплавів.* Кристалізація металів та сплавів. Основні механізми утворення та росту зародків. Термодинаміка кристалізації – роль переохолодження. Форми росту кристалів. Кристалізація твердих розчинів. Механізми та закономірності структуроутворення евтектичної і перитектичної кристалізації.

6.5 *Структурні та фазові перетворення в твердому стані.* Структурні зміни, що не пов'язані з фазовими перетвореннями гомогенізація, (грануляція, збиральна рекристалізація, полігонізація зникнення об'ємних дефектів). Механізми та закономірності формування структури і властивостей при поліморфних перетвореннях в металах та сплавах. Розчинення та виділення надлишкових фаз. Розпад пересичених твердих розчинів. Стадії та кінетика процесів старіння. Вплив структурних змін при старінні на властивості сплавів. Зміна властивостей при упорядкуванні твердих розчинів.

6.6 *Формування структури і властивостей в залізовуглецевих сплавах.* Діаграма залізо-вуглець (стабільний та метастабільний стан). Характеристика фаз, значення основних точок та ліній. Формування структури сталей при кристалізації та у твердому стані при повільному охолодженні. Формування структури та властивостей в білих, сірих та половинчастих чавунах.

6.7 *Теорія термічної обробки.* Класифікація видів термічної обробки: відпалювання I і II роду. «Післяливарний» відпал та рекристалізаційний відпал. Гартування, відпуск-низький, середній, високий; нормалізація, покращення. Закономірності розпаду переохолодженого аустеніту. Вплив легування на стабільність аустеніту. Термодинаміка, механізм і кінетика мартенситного перетворення. Гартування на мартенсит. Термокінетичні діаграми сталей. (ТКД). Утворення перліту, сорбіту трооститу. Бейнітне перетворення. Ізотермічне гартування. Гартування без поліморфного перетворення для подальшого старіння.

6.8 *Термо-деформаційна обробка.* Структурні зміни при холодній та гарячій деформації. Процеси зміцнення при деформуванні та знеміцнення при нагріві деформованого металу (зворот та рекристалізація, діаграми рекристалізації). Низькотемпературна (НТМО) та високотемпературна (ВТМО) термомеханічна обробка - мета та вплив на властивості.

6.9 *Хіміко-термічна обробка.* Класифікація. Дифузійне насичення. Структурата властивості шарів, що утворюються. Насичуючі середовища та види хіміко-термічної обробки сталі: дифузійне насичення неметалами (вуглецем, азотом, бором та ін.); дифузійне насичення металами (дифузійна металізація — алюмінієм, хромом, цинком, титаном тощо); дифузійне видалення домішок (вуглецю, кисню, водню).

6.10 *Термічна обробка концентрованими джерелами енергії.* Поверхнєве зміцнення металів. Застосування концентрованих потоків енергії (КПЕ) у процесах обробки матеріалів. Плазмові методи обробки матеріалів. Електроіскрові та лазерні методи обробки. Методи обробки матеріалів електронним променем. Застосування індукційного нагріву деталей.

6.11 *Сучасні методи дослідження і контролю структури та властивостей металів і сплавів.* Структурні рівні. Мікроструктурний аналіз, методи електронної мікроскопії. Мета та можливості застосування рентгеноструктурного та, мікрорентгеноспектрального аналізу. Методи визначення фізичних та механічних властивостей.

6.12 *Основи легування сталей та чавунів.* Класифікація легованих сталей. Класифікація легуючих елементів. Вплив легуючих елементів на температуру поліморфного перетворення заліза, вплив легуючих елементів на критичні точки сталі, фази в сталях. Структурні типи сталей. Вплив легуючих елементів на мартенситне перетворення в сталях, на сталість переохолодженого аустеніт у. Вплив легуючих елементів на корозійну стійкість, жароміцність, фізичні властивості.

6.13 *Структура, властивості та галузі застосування кольорових сплавів.* Сплави на основі алюмінію. Сплави на основі міді. Антифрикційні матеріали. Титанові сплави та галузі їх використання.

6.14 *Сплави нового покоління: нанокристалічні, пінометали, природні композити.* Визначення, структура та властивості нанокристалічних матеріалів: консолідовані, полімерні і біологічні матеріали, вуглецеві наноматеріали. Основи технології наноматеріалів. Методи отримання пінометалів, будова та властивості.

6.15 *Сталі та сплави з особливими фізичними властивостями.* Корозійностійкі, жаростійкі, жароміцні сталі та сплави. Сплави високої електричної провідності, сплави з високим електричним опором. Сплави з особливими магнітними властивостями: з високою та низькою магнітною проникністю.

## **7 Ливарне виробництво**

7.1 *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.

7.2 *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.

*7.3 Проектування і виготовлення оснастки.* Роль технологічного оснащення у виробництві виливків; оснащення для виготовлення неметалевих форм; проектування об'єктів металомодельного оснащення; основи конструювання кокілів; основи конструювання прес-форм для лиття під тиском; основи конструювання прес-форм для моделей, що витоплюються.

*7.4 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.

*7.5 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.

*7.6 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.

*7.7 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.

*7.8 Кристалізація та властивості чавуну у виливках.* Високоміцний чавун як перспективний конструкційний матеріал. Вплив форми графіту на властивості чавуну; кристалізація та структуроутворення високоміцного чавуну; основи сферодизувального 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.

*7.9 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.

7.10 *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. Цветное литье: Справочник / под. общ. ред. Н.М. Галадина. - М: Машиностроение, 1989. – 528 с.
2. Благородные металлы: справ. /под. общ. ред. Е.М. Савицкого. - М: металлургия,1984. – 592 с.
3. Чуприн В.М., Бидуля П.Н. Технология цветного лиття - М: Металлургия,1967. - 252 с.
4. Кривошеев А.В. Литые валки М: Металлургиздат 1957. - 360с.
5. Гербер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов. - М: Машиностроение,1972. – 112 с.
6. Легированный чугун – конструкционный материал / Герек А., Байка Л. -М: Металлургия, 1987. - 204 с.
7. Василевский П.Ф. Технология стального лиття. - М: Машиностроение, 1974. – 408 с.
8. Кремер М.А. Фасонное литье из легированных сталей. - М: Машиностроение, 1964. – 227 с.
9. Чугун: Справ. изд. / Под ред. А.Д. Шермана и А.А. Наумова. - М: Металлургия,1991. - 576 с.
10. Адамов И.В. Производство отливок из легированных сталей. Учеб. пособие. - Д: ДМети, 1984. - 184 с.
11. Шульте Ю.А. Производство отливок из стали. - К-Донецк: Вища школа,1983. – 184 с.
12. Бобро Ю.Г. Легированные чугуны. - М: Металлургия, 1976. – 287 с.
13. Худокормов Д.Н. Производство отливок из чугуна: Учеб. пособие для вузов М.: Высш. шк.,1987. – 198 с.
14. Гуляев Б.Б. и др. Формовочные процессы. - Л: Машиностроение,1987.-264 с.
15. Литейное производство / под ред. А.М. Михайлова. - М: Машиностроение, 1987. - 256 с.

## 8. Термічна обробка

8.1 *Класифікація видів термічної обробки*. Параметри термічної

обробки. Загальні положення термічної обробки металів. Теоретичні основи фазових та структурних перетворень у металах і сплавах. Практична класифікація видів термічної та комбінованих структурних обробок металовиробів.

8.2 *Теоретичні основи фазових та структурних перетворень у металах і сплавах.* Перетворення аустеніту при нагріванні. Механізм та кінетика перетворень аустеніту. Перетворення у сталях при нагріванні до аустенітного стану і вплив розміру зерен на властивості сталей. Перетворення аустеніту при охолодженні. Діаграми перетворення. Перетворення аустеніту при охолодженні. Діаграми перетворення. Дифузійне перетворення аустеніту при охолодженні сталей. Діаграми перетворення переохолодженого аустеніту.

8.3 *Відпали I роду.* Призначення, відмінні признаки відпалів I роду. Стан виробів, які підлягають відпалам I роду. Параметри режимів відпалів, структура та властивості, які формуються у металі, вплив різних факторів на хід та результати процесів термообробки.

8.4 *Відпали II роду.* Призначення, відмінні ознаки відпалів II роду. Стан виробів, які підлягають відпалам II роду. Водень у сталях. Флокени та протифлокена обробка сталей і сплавів. Параметри режимів відпалів, структура та властивості, які формуються у металі, вплив різних факторів на хід та результати процесів термообробки.

8.5 *Мартенситні перетворення у сталях та сплавах.* Мартенситне перетворення. Гартування сплавів. Гартування на мартенсит (з поліморфним перетворенням) та на пересичений твердий розчин (без поліморфного перетворення). Загартованість та прогартовуваність. Нагрів та охолодження металовиробів при термічній обробці. Охолоджуючі середовища і способи охолодження металовиробів. Призначення режимів гартування різних типів.

8.6 *Хіміко-термічна обробка сталей і сплавів.*

#### Рекомендована література

1. *Металловедение и термическая обработка стали.* Справочное изд., перераб. и доп. В 3-х томах. Под ред. Бернштейна М.Л. - М.: Металлургия, 1983.
2. Новиков И.И. *Теория термической обработки металлов.* 4-е изд. - М.: Металлургия, 1986. – 480 с.
3. Гуляев А.П. *Металловедение.* 6 изд. - М.: Металлургия, 1986. – 647 с.
4. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. *Металловедение, термообработка и рентгенография.* Учебник для вузов. - М.: МИСИ, 1994.- 480 с.
5. Мухин Г.Г., Беляков А.И., Александров Н.Н. и др. *Машиностроение. Энциклопедия. Том II-2. Стали. Чугуны.* - М.: Машиностроение, 2001.
6. Петраш А.В. *Закалочные среды.* -М.: Машгиз, 1954. - 112 с.