

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ**

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні приймальної комісії
ФТІМС НАН України
протокол № 1 від 05.05.2025



Голова приймальної комісії
член-кореспондент НАН України

Анатолій НАРІВСЬКИЙ

ПРОГРАМА

вступного іспиту із спеціальності

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії

за спеціальністю G10 Металургія

ПОГОДЖЕНО

Гарант освітньо-наукової програми
зі спеціальності G10 Металургія
д.т.н., професор

Олексій СМІРНОВ

Київ 2025

ЗМІСТ

Анотація	3
Розділ 1 Ливарне виробництво	4
Розділ 2 Металургія чорних і кольорових металів і спеціальних сплавів	11
Розділ 3 Металознавство та термічна обробка металів	15

АНОТАЦІЯ

Програму складено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, Закону України «Про вищу освіту» від 06.09.2014, Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 № 261 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19.05.2023 № 502) та Порядку прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2025 році, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 10.02.2025 № 168.

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 навиків самостійної роботи для розв'язання конкретних завдань у галузі знань механічної інженерії.

Фахівець з металургії повинен бути підготовленим для організаційної, наукової, конструкторської та технологічної роботи в галузі та виконувати професійну роботу згідно Національного класифікатора України «Класифікатор професій» ДК 003:2010, затвердженого наказом Держспоживстандарту України 28.07.2010 № 327 і займати первинні посади: 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.

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 ЛВ;

основи кристалічної будови твердих металів, будови металічних розплавів, фазових перетворень металів та сплавів. Фізико-хімічні основи термічної та інших видів обробки металів. 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.

Організація вступного випробування здійснюється відповідно до Правил прийому на навчання до аспірантури Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України для здобуття ступеня доктора філософії на третьому освітньо-науковому рівні вищої освіти у 2025 році.

Розділ 1 ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

1.1 Теоретичні основи ливарного виробництва

Властивості рідких металів: температура та теплота плавлення, густина та питомий об'єм. Поверхневий натяг та його вплив на формування поверхні виливка. Випаровування металів під час плавлення.

Взаємодія розплавів з газами. Кінетика процесу, вплив тиску та температури. Взаємодія рідких металів з воднем, киснем та азотом. Вплив газів на властивості виливків. Методи визначення вмісту газів у рідких та твердих металах і способи дегазації.

Гідравлічні процеси, витікання рідкого металу з ковша та його рух каналами та порожниною ливарної форми. Рідкотекучість металів. Затримання неметалевих часточок. Охолодження металу під час заливання.

Кристалізаційні процеси. Передкристалізаційний стан металів та сплавів. Термодинамічна теорія кристалізації. Гомогенне та гетерогенне утворення зародків кристалізації. Швидкість утворення зародків. Послідовна та об'ємна кристалізації. Дендритна та зональна ліквідації. Неметалічні вкраплення у виливках. Методи регулювання кристалізаційних процесів. Модифікування сплавів. Вплив різних фізичних явищ на процеси кристалізації.

Твердіння виливків. Вплив конфігурації та технологічних факторів на твердіння виливків. Розраховування часу твердіння та охолодження виливків у піщаній формі. Регулювання теплових процесів у формі. Розраховування розмірів зовнішніх та внутрішніх холодильників. Моделювання процесу твердіння виливків на ЕОМ.

Усадкові явища. Лінійна та об'ємна усадки. Утворення усадкових дефектів у виливках. Надливи та методи поліпшення їх роботи. Методи визначення необхідних розмірів надливів.

Тимчасові та залишкові напружини у виливках. Жолоблення виливків та його запобігання. Утворення тріщин у виливках. Визначення схильності металу до утворення тріщин. Аналітичні умови відсутності тріщин, утворення та методи його запобігання.

Якість та надійність виливків. Шляхи підвищення якості та надійності виливків, покращання економічних показників ливарного виробництва та екологічної безпеки.

1.2 Теоретичні та технологічні основи виробництва литва в піщані форми

Технологічні вимоги до формувальних матеріалів. Фізико-хімічні, механічні та технологічні властивості формувальних та стрижневих сумішей. Методи регулювання та визначення властивостей сумішей.

Кварцові піски, їх характеристика, класифікація і методи випробувань.

Формувальні глини, їх мінералогічний склад. Класифікація. Фактори, що визначають зв'язувальні властивості глини.

Зв'язувальні матеріали, вимоги до їх, класифікація. Органічні і неорганічні зв'язувальні компоненти, які тверднуть при нормальних температурах. Вибір зв'язувальних матеріалів для різних технологій.

Протипригарні матеріали. Протипригарні добавки із формувальних сумішей, фарби, пасти, їх властивості, вибір, склад та технологія використання.

Вимоги до формувальних та стрижневих сумішей на різних етапах виготовлення виливків. Критерії вибору формувальних сумішей при розробленні ливарної технології.

Теоретичні основи зміцнення формувальних сумішей при формуванні по-сирому та по-сухому.

Холоднотвердкі формувальні суміші (ХТС), їх класифікація залежно від зв'язувального компонента і затверджувача; переваги та недоліки.

Теоретичні основи зміцнення ХТС з синтетичними смолами, способи їх затвердження та його регулювання.

Теоретичні основи зміцнення ХТС з рідким склом з різними затверджувачами, їх переваги та недоліки. Перспективи використання.

ХТС з металофосфатними композиціями, їх зміцнення, переваги та недоліки, галузі використання.

Способи виготовлення стрижнів, зміцнення в контакт з нагрітою оснасткою.

Фізико-хімічні процеси одержання рідких самотвердких сумішей, їх види, способи зміцнення та галузі використання.

Теоретичні та технологічні основи приготування формувальних сумішей із заданими властивостями. Способи змішування, послідовність добавки компонентів у змішувачі та контроль якості приготування сумішей.

Регенерація оборотних формувальних сумішей, її необхідність та способи. Властивості регенерату, і їх контроль.

Класифікація модельних комплектів, вибір матеріалів для їх виготовлення. Методика і послідовність розроблення технологічного креслення для виготовлення модельного комплексу (в т.ч. і з допомогою ЕОМ).

Методика розраховування елементів ливарної технології, оптимізації технології, складання технологічних карт.

Теоретичні основи ущільнення формувальних та стрижневих сумішей при різних способах.

Аналіз операцій технологічного процесу виготовлення форм з позицій їх механізації та автоматизації.

Вибір способу машинного формування залежно від серійності, конструкції литої деталі, її розмірів, вимог.

Розвиток та вдосконалення способів ущільнення форм пресуванням.

Теоретичні основи ущільнення форм імпульсним формуванням та його особливості.

Вакуумне формування, його особливості, переваги та недоліки.

Способи ущільнення форм та виконання інших операцій формування на автоматичних лініях.

Вибір способу виготовлення стрижня у залежності від його складності, вимоги та інші фактори.

Створення напрямленого газового режиму у формі та стрижні.

Піскодувний та піскострільний способи виготовлення стрижнів у нагрітій оснастці.

Виготовлення стрижнів із рідкотекучих самотвердких сумішей, їх особливості, переваги та недоліки.

Техніко-економічні критерії вибору технології виготовлення стрижнів.

Способи забезпечення точного складання та скріплення форм.

Теоретичні основи вибору часу тверднення та охолодження виливка у формі і температури вибивання.

Способи руйнування форм на вибивальних установках.

Способи вибивання стрижнів із виливків залежно від суміші, характеру виробництва.

Удосконалення способів очищення і оброблення виливків.

Основні дефекти виливків з вини форми, причини їх появи та способи попередження.

1.3 Технологія спеціальних способів лиття

Класифікація та галузі використання спеціальних способів лиття.

Лиття в кокіль. Галузі використання. Особливості формування виливків під час лиття у кокіль чорних та кольорових сплавів. Підведення металу та живлення виливків. Основні види дефектів кокільного литва і методи їх запобігання. Лиття в облицьовані кокілі.

Лиття під тиском. Галузі застосування. Особливості кристалізації і формування виливків під час лиття під тиском.

Лиття під низьким тиском. Галузі застосування. Вплив гідродинамічних параметрів процесу на кристалізацію сплавів.

Відцентрове лиття. Гідродинамічні особливості відцентрового лиття. Особливості кристалізації виливків під дією відцентрових сил.

Безперервне лиття. Теоретичні основи безперервного лиття, його переваги та недоліки. Електрошлакове лиття.

Лиття за моделями, що витоплюються. Галузі використання. Технологічний процес виробництва моделей та форм. Ливникові системи. Підготовка форм до заливання.

Лиття за моделями, що газифікуються. Галузі використання. Параметри процесу формоутворення і особливості одержання виливків.

Лиття в оболонкові форми. Галузі використання. Параметри процесу формоутворення.

1.4 Технологія виробництва виливків

1.4.1 Чавунне литво

Характеристика чавуну як конструкційного ливарного матеріалу.

Номенклатура чавунів, що використовують для виготовлення виливків. Основні ознаки експлуатаційних та ливарних властивостей чавунів.

Особливості технологічного процесу виготовлення виливків з чавуну. Зв'язок механічних властивостей виливків з чавуну з його хімічним складом та швидкістю охолодження.

Структурування чавунів. Теорія кристалізації чавуну за стабільною і метастабільною системами.

Вплив складу, фізичних та фізико-механічних факторів на структурування і графітизацію чавуну. Вплив перегрівання, витримування та швидкості охолодження. Структурні діаграми для сірого, білого, половинчастого чавунів та чавуну з кулястим графітом.

Механічні властивості чавунів з різною формою графіту. Сучасні методи оцінки механічних властивостей. Вплив складу і структури на механічні властивості.

Технологічні властивості чавунів. Характеристика, методи дослідження та оцінки параметрів технологічних властивостей чавунів: рідкотекучості, лінійної усадки, схильності до ліквіації і тріщиноутворення. Зв'язок ливарних властивостей з процесами кристалізації та графітоутворення.

Сірий чавун. Технологічні та механічні властивості сірого чавуну. Синтетичний сірий чавун.

Чавун з кулястим графітом. Галузі використання. Хімічний склад чавуну з кулястим графітом. Класифікація сфероїдизувальних модифікаторів. Методи сфероїдизувального модифікування. Ливарні властивості чавуну з кулястим графітом.

Виливки чавуну з вермикулярним графітом. Властивості чавуну та його класифікація. Технологічні особливості виробництва виливків із чавуну з вермикулярним графітом.

Ковкий чавун. Галузі використання. Хімічний склад та властивості ковкого чавуну. Технологічні особливості виробництва виливків і термічного оброблення.

Леговані чавуни. Основні легувальні компоненти та їх вплив на структурування чавуну. Жаростійкий, корозійностійкий, зносостійкий та антифрикційний чавуни.

Модифікування чавуну. Теоретичні основи модифікування. Модифікувальні присадки.

Особливості конструювання технологічних литих деталей з чавуну.

Шихтові матеріали для виплавлення чавунів. Металева частина шихти. Феросплави та лігатура, що використовують у чавуноливарному виробництві. Флюси. Призначення флюсів. Паливо для виплавлення чавуну. Вимоги до палива.

Технологічні особливості виплавлення у коксових та газових вагранках. Технологічні особливості виплавлення в індукційних та електродугових печах.

Позапічні методи оброблення чавуну. Рафінування, десульфуріяція, електрошлакове оброблення чавуну.

Контроль якості виливків. Виправлення дефектів.

Термічне оброблення чавунних виливків.

1.4.2 Сталеве литво

Переваги та недоліки сталевих виливків перед чавунними, а також перед кованими та штампованими заготовками.

Класифікація литих деталей та сталевих виливків.

Службові та технологічні властивості литих сталей. Номенклатура ливарних властивостей. Особливості рідкотекучості, кристалізації та усадки сталей різного хімічного складу. Вплив фізико-хімічних властивостей рідкого металу та ливарних форм на вміст газів та неметалевих вкраплень у сталевих виливках. Особливості ліквідації та утворення гарячих тріщин у сталевих виливках.

Властивості сталей при низьких, підвищених та високих температурах. Вплив структури на механічні та службові характеристики сталевих виливків.

Вуглецеві сталі з низьким, середнім та високим вмістом вуглецю. Властивості та галузі їх використання.

Основи легування литих сталей. Механізм впливу легувальних та модифікувальних елементів на властивості сталі. Загальна характеристика легувальних та модифікувальних елементів.

Високолеговані сталі для виливків із спеціальними властивостями. Хромисті сталі. Хромонікелеві сталі. Галузі застосування. Властивості високолегованих сталей, особливості одержання з них виливків.

Фізико-хімічні та технологічні особливості виплавлення вуглецевих та легованих сталей у дугових та індукційних печах. Особливості основного та кислого процесу виплавлення литих сталей.

Макро-, мікролегування та модифікування сталей. Особливості введення легувальних та модифікувальних присадок у рідкий метал.

Розкиснення, десульфурація та дефосфорація сталей.

Позапічне оброблення сталі. Знесіркування, розкиснення та модифікування сталей у ковші. Оброблення сталей синтетичними шлаками, суспензійними присадками, нейтральними газами тощо.

Вакуумна металургія під час виробництва виливків зі складно-легованих сталей.

Особливості технології виготовлення сталевих виливків. Розраховування ливникових систем, Визначення місць установлення надливів, холодильників та визначення їх розмірів.

Особливості заливання форм та температурних режимів під час виробництва сталевих виливків.

Дефекти сталевих виливків, їх класифікація та попередження.

Особливості фінішних операцій під час виробництва сталевих виливків. Термічне оброблення сталевих виливків.

1.4.3 Литво із кольорових металів та сплавів

Алюмінієві сплави. Фізико-хімічні властивості та галузі застосування. Принципи легування. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів. Печі для виплавлення алюмінієвих сплавів. Рафінування та модифікування. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості ливникових систем під час лиття в разові форми. Кристалізація під тиском. Особливості фінішних операцій. Контроль виливків та виправлення дефектів. Термічне оброблення виливків.

Особливості технології виготовлення виливків литтям у кокіль, під тиском, під низьким тиском. Механізація та автоматизація процесів заливання форм та витягання виливків із них. Технічні та економічні підстави, що обумовлюють вибір способу виробництва виливків із алюмінієвих сплавів. Галузі застосування різних способів лиття.

Магнієві сплави. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх склад, фізико-механічні та ливарні властивості, галузь застосування. Печі для виплавлення. Особливості технології виплавлення магнієвих сплавів. Рафінування та модифікування. Лиття у разові форми. Особливості ливникових систем. Особливості лиття в кокіль, під тиском, під низьким тиском. Контроль якості виливків. Виправлення дефектів. Хімічне та термічне оброблення виливків.

Мідні сплави. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх властивості та галузі застосування. Печі та особливості технології виплавлення, рафінування та модифікування сплавів. Особливості технології лиття. Технології виготовлення виливків з мідних сплавів литтям у кокіль, під тиском, відцентровим способом, рідким штампуванням. Контроль якості виливків. Виправлення дефектів зварюванням.

Нікелеві сплави. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх властивості та галузі застосування. Причини легування. Печі та технологія виплавлення, рафінування та модифікування сплавів. Особливості заливання форм та одержання виливків.

Титанові сплави. Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх склад, властивості та галузі використання. Печі та технологія виплавлення. Застосування відцентрових сил при заливанні форм. Особливості технології лиття в оболонкові і графітові форми.

Цинкові сплави. Промислові марки, сплави їх склад, властивості і галузі застосування. Печі та особливості виплавлення, рафінування та модифікування. Технологія лиття в кокіль і під тиском. Особливості ливникових систем. Фінішні операції.

1.5 Устаткування ливарних цехів

Класифікація устаткування ливарних цехів. Типи ливарного устаткування. Робочі процеси ливарних машин та вимоги до них.

Пресові формувальні машини. Зв'язок між ущільненням формувальної суміші та стискуючими напруженнями. Конструктивні особливості пресових машин з нижнім та верхнім пресуванням, з плоскою, профільною, багатоплунжерною плитою, діафрагмові пресові машини.

Струшувальні формувальні машини. Характер ущільнюючої дії на формувальну суміш під час ущільнення струшуванням. Класифікація струшувальних механізмів за характером робочого процесу в струшувальному циліндрі та за ступенем амортизації ударів. Методи режимів ущільнення.

Піскодувні та піскострільні машини. Особливості процесу ущільнення піскодувним способом.

Стрижневі машини. Класифікація стрижневих машин за способом виготовлення стрижнів у гарячій та холодній оснастці. Особливості виготовлення оболонкових стрижнів. Основні способи нагрівання та регулювання температури оснастки.

Устаткування для приготування формувальних та стрижневих сумішей. Робочий процес змішувачів в яких котки обертаються навколо горизонтальної та вертикальної осі, лопатевих та шнекових змішувачів.

Плавильні печі. Класифікація печей. Конструкція основних типів плавильних печей.

Тигельні, індукційні та дугові електричні печі. Розраховування об'єму плавильної ванни. Робочий цикл плавильних печей. Технічні характеристики плавильних печей.

Машини для лиття під тиском. Особливості і основні параметри процесу лиття під тиском. Основні конструктивні типи машин для лиття під тиском з вертикальною та горизонтальною, холодною та гарячою камерами пресування. Робочий процес механізму пресування. Компонівка машин лиття під тиском з універсальних вузлів.

Машини для лиття в кокіль. Особливості процесу лиття в кокіль та його основні параметри. Розраховування основних параметрів кокілю.

Відцентрові машини. Особливості процесу формування виливків, параметри процесу. Конструктивні типи машин для лиття гільз та труб зі стаціонарною та змінною виливницями.

Устаткування для контролю якості виливків. Термічні печі, конструкція, принцип дії, робочий процес.

1.6 Автоматизація ливарного виробництва

Автоматизовані системи управління технологічними процесами ливарного виробництва /АСУ ТП ЛВ/ та їх місце у інтегрованих системах автоматизації.

Технологічні і організаційні передумови автоматизації процесів ливарного виробництва.

Автоматичні ливарні лінії. Принципи організації автоматичних ліній. Багатопозиційні, багатопотокові та багатоінструментальні машини. Ливарні лінії з гнучким транспортним зв'язком, замкнені і розімкнені лінії.

Особливості вибору технологічного процесу для реалізації на автоматичних лініях. Особливості побудови технологічного процесу, компоновки і конструкції лінії для масового, серійного і дрібносерійного виробництв виливків. Типові автоматичні лінії виготовлення

виливків у разових піщаних опокових і безопокових формах, у оболонкових формах і за витоплюваними моделями. Технологічна підготовка виробництва для впровадження АФЛ.

Автоматизація процесу сумішеприготування. Склад операцій і типові схеми сумішеприготування. Технологічна підготовка автоматизованих сумішеприготувальних відділень. Автоматизація управління змішувачами періодичної і безперервної дії, системи автоматичного регулювання вологості і технологічними властивостями сумішей.

Автоматизація основних операцій процесу виготовлення разових піщаних форм. Технологічна підготовка виробництва для автоматизації процесів формування. Автоматичне управління процесом ущільнення форм. Особливості компоновки формувальних однопозиційних, човникових, здвоєних човникових і багатопозиційних формувальних автоматів. Автомати для виготовлення безопокових стосових форм. Автоматизація процесу складання форм. Автоматизація процесів заливання, охолодження та вибивання форм. Особливості компонування дільниць охолодження та вибивання безопокових форм в опоках без хрестовин та в опоках з хрестовинами.

Автоматизація плавильних відділень. Технологічна підготовка виробництва в плавильних відділеннях. Автоматизація дозування і завантажування шихти. Автоматизація процесів виплавлення у вагранках, дугових, індукційних електропечах та печах опору.

Автоматизація заливання форм, методи дозування сплавів, види і конструкції дозаторів. Системи ковшового та без ковшового заливання, заливання форм на АФЛ.

Автоматизація і комплексна механізація процесу обрубкування та очищення виливків. Технологічна підготовка виробництва. Типові потокові лінії очищення литва. Автоматизація завантажування і розвантажування дробометних барабанів і камер безперервної дії. Автоматизовані зачисні та обрізні установки.

1.7 Техніка безпеки. Охорона навколишнього середовища

Характеристика умов праці в ливарних цехах. Найважливіші фактори, що впливають на умови праці в ливарних цехах. Основні джерела забруднення та гранично припустимі концентрації пилу, газів та різних аерозолей у виробничих приміщеннях ливарних цехів.

Норми освітлення, температури, гранично припустимого шуму.

Техніка безпеки в плавильних відділеннях. Очищення та спалювання ваграночних газів. Конструкції та технічні характеристики вентиляційних установок для електродугових печей. Техніка безпеки під час експлуатації високочастотних індукційних електропечей. Вимоги техніки безпеки під час випускання та розливання металу у формі та під час оброблення рідкого металу різними присадками.

Техніка безпеки під час використання холодно- та гарячетвердких формувальних та стержневих сумішей. Основні вимоги техніки безпеки під час вибивання ливарних форм. Вимоги до обрубного устаткування інструменту.

1.8 Література

До підрозділу «Теоретичні основи ливарного виробництва».

1. Горкушкіна Л. П. Теоретичні основи ливарних процесів. –К.: НМК ВО, 1993. – 288 с.
2. Могилатенко В. Г., Пономаренко О. І., Дробязко В. М., Кочешков А. С., Ямшинський М. М. Теоретичні основи ливарного виробництва. – Харків.: НТУ «ХП», 2011. – 288 с.
3. Виробництво виливків: підручник / О. Л. Голубенко та ін. - Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – 328 с
4. Снови металургійного виробництва металів і сплавів / за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ, 2006. – 503 с.
5. Ливарне виробництво: навчальний посібник для ВНЗ / С. В. Беспалов та ін. Запоріжжя, 2015. – 120 с.
6. Дан Л. О., Трофімова Л. О. Ливарне виробництво: навчальний посібник. Маріуполь, 2013. – 207 с.
7. Лисенко Т. В., Пономаренко О. І. та ін. Теоретичні основи формування виливків: навч. посібн. – НТУ «ХП», 2014. – 192 с.

До підрозділу «Теоретичні та технологічні основи лиття у піщані форми».

1. Дорошенко С. П. Взаємодія піщаної форми з виливком: навч. посібник / С. П. Дорошенко. – К.: УМВ ВО, 1991. – 68 с.
2. Дорошенко С. П. Формувальні суміші: навч. Посібник / С. П. Дорошенко. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с
3. Формувальні матеріали [Текст] : підручник / Р. В. Лютий, І. М. Гурія. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 258 с.
4. Сологуб М. А., Рожнецький І. О., Некоз О. І. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. К. Техніка, 2002. – 374 с.
5. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга І. Львів. 2000. – 264 с.
6. Технология литейной формы [Текст]: учеб. пособие / А. Н. Голофаев [и др]. - Луганск: ВНУ, 2001. - 264 с.

Література до підрозділу «Технологія спеціальних видів лиття»

1. Специальные способы литья: Справочник /В. А. Ефимов, Г. А. Анисович, В. Н. Бабич и др.: Под общ. ред. В. А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.
2. Реп'ях С. І. Технологічні основи лиття за витоплюваними моделями. Дніпропетровськ: Ліра, 2006. – 1056 с.
3. Голофаєв А. М., Гутько Ю. І., Тараненко Н. О. Технологічна оснастка ливарного виробництва: Навчальний посібник – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. - 304 с.
4. Специальные виды литья Ю. А. Степанов, М. Г. Анучина и др. – М.: Машиностроение, 1970. – 224 с.

Література до підрозділу «Технологія виробництва виливків»

1. Макаревич О. П., Федоров Г. Є., Платонов Є. О. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.
2. Стальное литье: Монография / Г. Е. Федоров, М. М. Ямшинский, Е. А. Платонов, Р. В. Лютий. – К.: НТУУ «КПІ», ПАО «Випол», 2013 – 896 с.
3. Сплавы на основе железа :підручник для студентів вищих навчальних закладів : у 2 томах /В. І. Мазур, І. З. Куцова, О. А. Носко, М. А. Ковзель; за загальною редакцією В. І. Мазура; науковий редактор С. О. Фірстов. - Київ: Політехніка, 2015. – 272 с.
3. Позапічне рафінування чавуну і сталі: навчальний посібник / О. М. Смірнов, О. М. Зборщик. - Донецьк: Вид-во «Ноулідж», Донецьке відділення, 2012. - 179 с.: іл.
4. Леговані сталі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /О. В. Більченко, О. І. Дудка, В. Г. Хижняк, С. М. Чернега. - Київ: Кондор, 2009. - 96 с.
5. Ващенко К. И., Шумихин В. С. Плавка и выпесная обработка чугуна для отливок: Учебн.пособие. – К.: Вища шк., 1992. – 240 с.
6. Чугун: Справочн. Изд./Под ред. А. Д.Шермана и А. Л.Жуков, - М.: Металургия, 1991, - 576 с.
7. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. / Захарченко Э. В. и др. – К.: Наук. Думка, 1986.-243с.
8. Шульте Ю. А. Производство отливок из стали. – Киев-Донецк, Вища школа, 1983. – 184 с.
9. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва» / За ред. академіка НАН України В. Л. Найдека – К.: Видавничий дім «Вініченко», 2016. 224 с.
10. Цветное литье. Справочник. /Н. М.Голдин, Д. Ф. Чернега, Д. Ф. Иванчук и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.

Література до підрозділу «Обладнання ливарних цехів»

1. Проектування ливарних цехів. Ч.1: [підручник] / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 588 с.
2. Федоров Г. Є. Проектування ливарних цехів: підруч.: у 2 ч. / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – 380 с.

3. Сабірязов Т. Г. Печі ливарних цехів: [Навчальний посібник для студентів-ливарників вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації] / Т. Г. Сабірязов. - Кіровоград: КНТУ, 2007. — 280 с.
4. Федоров Г. Є., Фесенко А. М., Ямшинський М. М., Фесенко М. А. Контроль якості продукції в машинобудуванні: навчальний посібник. - Краматорськ. – ДДМА, 2008. – 332 с.
5. Сумцов В. П. Устаткування ливарних цехів, - К.:ІОДО: 1993. –552 с.
6. Зайгеров И. Б. Оборудование литейных цехов. Учебное пособие для вузов. Минск: Вишэйшая школа, 1980. – 440 с.
7. Конструкторське проектування обладнання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів які навчаються за освітньо-науковою програмою магістерської підготовки, спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / уклад.: В. Ю. Щербина, А. О. Чемерис. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 238

Література до підрозділу «Автоматизація ливарного виробництва»

1. Автоматизація виробничих процесів : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» / [Ю. Л. Гунько, Ю. В. Федорусь]; Міністерство освіти і науки України. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. - 163 с.
2. Пуховський Є. С. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування [Електронний ресурс]: навчальний посібник / Є. С. Пуховський, Ю. М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – Ч. I. – 286 с.
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. - 377 с.
4. Автоматизація виробничих процесів: навчальний посібник / Б. М. Гончаренко [та ін.]. - Кіровоград: В. О. Лисенко, 2016. - 351 с.
5. Автоматизація виробничих процесів та мікропроцесорна техніка [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050403 «Інженерне матеріалознавство» (код дисципліни НП-09) / НТУУ «КПІ»; уклад. В. С. Богушевський. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012.
6. Дембовский В. В. Автоматизация литейных процессов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1989. – 264 с.
7. Немировский Р. Г. Автоматические линии литейного производства. – К., Донецк: Вища шк. 1981. – 238 с.
8. Орлов Г. М. Автоматизация и механизация процесса изготовления литейных форм. – М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.

Розділ 2 МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЕЦІАЛЬНИХ СПЛАВІВ

2.1 Металургія чавуну

Загальна характеристика доменного виробництва і його значення у виробничому циклі чорної металургії. Схема доменного виробництва та доменного процесу. Схема роботи доменної печі. Перспективи розвитку доменного виробництва.

Підготовка сирих матеріалів до плавлення. Класифікація залізородних матеріалів. Флюси. Замінники руд та флюсів. Паливо доменної плавки. Коксування вугілля та якість коксу. Схеми підготовки руд до плавлення. Дроблення, грохочення та збагачення руд. Усереднення складу сирих матеріалів. Виробництво агломерату. Технологія виробництва окатишів.

Рух матеріалів і газів в доменній печі.

Процеси відновлення в доменній печі. Схема відновлення заліза з оксидів в доменній печі. Термодинамічні умови відновлення заліза оксидом вуглецю і воднем. Механізм прямого відновлення заліза вуглецем коксу з твердої фази та із залізистого шлаку. Механізм і кінетика відновлення заліза газами. Відновлення Mn, Si, P в доменній печі.

Утворення чавуну та шлаку. Навуглецювання відновленого в доменній печі 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. Проміжні і кінцеві шлаки. Вплив шлаку на склад чавуну. Умови десульфурації чавуну в доменній печі і позапічна десульфурація, методи, устаткування.

Теплові процеси в доменній печі. Горіння вуглецю в окислювальних зонах фурменних вогнищ. Теплообмін між потоками шихти і газу в доменній печі. Зміна температур шихти і газу по висоті печі. Зміна складу і кількості газів при проходженні їх через доменну піч. Чинники, що визначають склад колошникового газу. Методи інтенсифікації доменного процесу.

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. 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 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 губчатого заліза для виробництва сталі.

2.2 Металургія сталі

Сучасний стан та структура сталеплавильного виробництва. Сучасні способи масового виробництва сталі і їх характеристика. Загальні відомості про шихтові матеріали плавки.

Технологічна схема виробництва сталі. Конвертерні способи виплавки сталі, їх особливості. Технологія конвертерної плавки. Загальна фізико-хімічна характеристика сталеплавильних процесів та основні реакції у сталеплавильних ваннах.

Різновиди і варіанти конверторних процесів повітряного дуття. Будова і схема роботи конвертерів донного повітряного дуття. Бесмерівський процес. Томасівський процес. Конвертерний процес з продуванням киснем зверху. Сутність кисневоконвертерного процесу з верхнім дуттям, переваги і недоліки. Технології та особливості конверторних процесів з донною кисневою продувкою.

Основні особливості і різновиди мартенівського процесу. Конструкція і робота мартенівської печі. Періоди мартенівської плавки і їхнє значення. Особливості технології плавки сталі. Основний мартенівський процес.

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.

Суть, завдання та методи позаагрегатної обробки сталі. Існуючі способи обробки металу у ковші, їхня класифікація. Особливості обробки сталі вакуумом (конструкція агрегатів, технології, результати обробки).

Комплексна обробка сталі у ковші на установках доводки металу та «ківш-піч». Способи перемішування сталі в ковші. Обробка сталі інертними газами. Десульфурація при обробці металу в ковші. Комплексне позапічне рафінування.

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).

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.

Дефекти виливка і заготовки МБЛЗ та їх класифікація. Способи боротьби. Усадочні процеси, усадка. Передусадочне розширення. Тріщини, завороти, п'ятниста ліквіація, плівки, пузири, флокени та інше. Специфічні дефекти при безперервній розливці сталі.

Класифікація способів зовнішніх впливів на метал, що кристалізується. Оптимізація умов формування безперервнолитих злитків. Утворення й розвиток дефектів у заготівці, що відливається. Одержання заготівок, близьких за формою й перетином до готового прокату. Структура якості сталевих зливків та безперервнолитих заготовок.

2.3 Електрометалургія сталі та феросплавів

Визначення феросплавів та лігатур, теоретичні передумови та їх застосування. Класифікація феросплавів по кількості основних елементів. Класифікація феросплавних процесів за видом відновлення.

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 феросиліцію.

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.

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

Загальні закономірності, теоретичні основи та технологія виплавки сталі у дугових сталеплавильних печах. Класифікація електросталі, її призначення та способи виробництва. Основні технологічні операції під час виплавки сталі та їх призначення. Виплавка сталі у дугових печах з основною та кислотою футеровкою.

Вплив фосфору на якість сталі. Дефосфорація сталі. Вплив сірки на властивості сталі. Десульфурація сталі. Неметалеві включення у сталі. Очищення сталі від неметалевих включень.

Позапічна обробка електросталі. Розливка електросталі.

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

Переplавні процеси спеціальної електрометалургії. Рафінуючі можливості шлакового середовища, вакууму, інертних газів. Вакуумно-дуговий переplав. Вакуумна індукційна плавка. Електрошлаковий переplав. Електронно-променевий переplав. Плазмово-дуговий переplав. Порівняльна характеристика якості металу переplавних процесів.

2.4 Металургія кольорових металів

Класифікація кольорових металів, їх застосування в сучасній техніці. Руди кольорових металів та методи їх збагачення. Класифікація способів отримання кольорових металів.

Металургія міді. Сировина для виробництва міді. Технологічна схема пірометалургійного способу отримання міді. Підготовка руд до плавки. Виплавка штейну. Конвертування штейну.

Металургія нікелю. Руди нікелю. Способи отримання нікелю. Технологія отримання нікелювідновленням його оксиду. Виробництво нікелю з сульфідних міднонікелевих руд.

Металургія алюмінію. Мінерали та руди алюмінію. Сучасна технологія отримання глинозему з бокситів. Технологія отримання алюмінію електролізом. Рафінування алюмінію.

Металургія титану. Властивості титану та його сплавів. Галузі застосування. Руди титану та загальні принципи їх переробки. Виробництво тетрахлориду титану. Магністермічне відновлення. Отримання компактного титану.

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.

2.5 Література

Література до підрозділу «Металургія чавуну»

1. Смірнов О. М., Скоробагатько Ю. П., Семенко А. Ю., Горюк М. С. Основи металургії: виробництво чавуну. Підручник. – Одеса : Олді+, 2023. – 192 с.
2. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручн. / Д. Ф. Чернега та ін.; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. К.: Вища шк., 2006. – 503 с.
3. Ефименко Г. Г., Гиммельфарб А. А., Левченко В. Е. Металлургия чугуна. К.: Вища школа, 1988. - 351с.
4. Воскобойников и др. Общая металлургия. М: Металлургия, 2004. – 551 с.
5. Охотський В. Б. Теорія металургійних процесів / В. Б. Охотський, О. Л. Костьолов, В. К. Симонов та інш. – К.: ІЗМН, 1997. – 512 с.

Література до підрозділу «Металургія сталі»

1. Технологія розливки сталі. / О. П. Чуванов, В. С. Мамешин, А. С. Гриценко та ін. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 186 с.
2. Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Харлашин П. С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: Підручник. - Дніпропетровськ: Дніпро-ВАЛ, 2004. - 454 с.
3. Металлургия стали. Учебник / под ред. В. И. Явойского и Ю. М. Кряковского. М.: Металлургия. 1983г. - 583 с.
4. Ефимов В. А. Разливка и кристаллизация стали. М.: Металлургия, 1976. - 551 с.
5. Процессы непрерывной разливки / А. Н. Смирнов., В. Л. Пилюшенко, А. А. Минаев [и др.]. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с.

Література до підрозділу «Електрометалургія сталі та феросплавів»

1. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва» / За ред. В. Л. Найдека – К.: Видавничий дім «Вініченко», 2016. 224 с.
2. Гасик М. И., Лякишев Н. П., Емлин Б. И. Теория и технология производства электроферросплавов. - М.; Металлургия, 1988. -784 с.
3. Мовчан В. П., Бережной М. М. Основи металургії: Монографія.-Дніпропетровськ: Пороги, 2001.- 335 с.
4. Электрометаллургия стали и ферросплавов /под ред. Д. Я. Поволоцкого. М.: Металлургия, 1989. – 568 с.
5. Чуйко Н. М., Чуйко А. Н. Теория и технология электроплавки стали. - Киев; Донецк: Вища школа, 1983. - 248 с.

Література до підрозділу «Металургія кольорових металів»

1. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилатенко В. Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва» / За ред. В. Л. Найдека – К.: Видавничий дім «Вініченко», 2016. 224 с.
2. Металургія кольорових металів: навч. посібник / О. П. Рабінович та ін.; Національна металургійна академія України. Дніпропетровськ: Журфонд, 2009. 154 с.
3. 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.
4. Металургія кольорових металів, ч. 1. Сировинні ресурси і виробництво. Підручник / Під ред. Червоного І. Ф. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2008. –334 с.
5. Уткин Н. И. Металлургия цветных металлов: Учебник для вузов /Н. И. Уткин. – М.: Металлургия, 1985. – 440 с.

Розділ 3 МЕТАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ

3.1 Основи металознавства. Атомно-кристалічна будова металів

Характерні фізичні та хімічні властивості металів. Металевий тип зв'язку. Метали в періодичній системі елементів.

Кристалічна будова металів. Основні типи кристалічних решіток металів, їх характеристики. Гране- та об'ємноцентрована кубічні решітки. Гексагональна компактна решітка, інші типи кристалічних решіток металів. Поліморфізм металів.

Анізотропія властивостей металів. Квазіізотропія полікристалічних тіл. Мало- та висококутові межі в металах.

Точкові дефекти кристалічної будови. Домішкові атоми у металах, їх роль. Лінійні, гвинтові та змішані дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Атмосфери Коттрелла. Поверхневі й об'ємні дефекти кристалічної будови.

3.2 Кристалізація металів

Будова рідких металів. Схожість рідкого та твердого станів речовини. Близький та далекий порядок. Сиботаксиси (кластери).

Вільна енергія металу, її зміна при кристалізації. Макроскопічна картина процесу кристалізації. Криві охолодження. Правило фаз Гіббса. Утворення центрів кристалізації та ріст кристалів.

Довільне утворення центрів кристалізації. Критичний розмір зародка. Роль переохолодження.

Недовільне утворення зародків. Принцип структурної та розмірної відповідності. Модифікування та його роль у формуванні структури металів.

Ріст кристалів. Двовимірні зародки, їх критичні розміри. Форма кристалів. Принцип Кюри-Вульфа. Дендритна кристалізація.

Будова металевих зливків і виливок. Вплив умов кристалізації. Усадочні явища. Газові пухири у зливках. Ліквіація в металах.

3.3 Фази в металевих сплавах

Загальна характеристика будови сплавів. Фазові та структурні складові сплавів. Хімічні сполуки в металевих сплавах.

Тверді розчини, їх типи та загальні властивості. Фактори, які керують утворенням твердих розчинів. Розчини заміщення, проникнення та вилучення. Упорядковані тверді розчини.

Проміжні фази в сплавах. Електронні фази. Фази нікель-арсенідного типу. Сигма-фази. Фази проникнення, типові та нетипові. Фази Лавеса.

3.4 Діаграми стану подвійних систем

Металеві системи й їх стани. Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови та зображення подвійних діаграм стану. Правило відрізків. Правило Мазінга.

Діаграма стану системи, яка утворює безперервний ряд рідких і твердих розчинів. Правило Коновалова. Діаграми з екстремумами на кривих ліквідуса та солідуса.

Діаграма стану при відсутності розчинності компонентів у твердому стані.

Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані й евтектичним перетворенням. Лінії сольвуса. Розпад пересичених твердих розчинів і його використання для зміцнення сплавів. Трикутник Таммана. Діаграми з ретроградним солідусом і сольвусом.

Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані та перитектичним перетворенням. Механізми перитектичного перетворення.

Діаграми стану з хімічними сполуками та проміжними фазами. Основні варіанти їх утворення в подвійних системах. Діаграми стану зі стійкими хімічними сполуками.

Системи з нестійкими хімічними сполуками. Перитектоїдне перетворення.

Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Монотектичне та синтектичне перетворення.

Діаграми стану з поліморфними компонентами і проміжними фазами. Евтектоїдне, монотектоїдне та метатектичне перетворення.

3.5 Фазові перетворення в твердому стані. Основи термічної обробки

Фазові переходи I і II роду. Поліморфні перетворення. Фазове перетворення при нагріванні. Збільшення зерен. Структурна спадковість. Роль швидкості нагрівання.

Евтектоїдне перетворення. Механізм і кінетика евтектоїдного перетворення. Будова перліту. Діаграми ізотермічних перетворень. Термокінетичні діаграми в сталях, титані і інших сплавах.

Гартування без поліморфного перетворення. Зміна структури і властивостей при гартуванні. Критична швидкість охолодження.

Гартування на мартенсит. Мікроструктура мартенситу. Зміцнення та зміна пластичності при гартуванні на мартенсит. Критична швидкість охолодження при гартуванні, прогартуваність.

Бейнітне перетворення. Механізм і кінетика бейнітного перетворення. Будова бейніту. Ізотермічне гартування.

Старіння. Розпад пересиченого твердого розчину. Структурні зміни при старінні. Форми виділень. Природа зміцнення при старінні (роль когерентних та некогерентних виділень). Вплив температури та тривалості старіння на механічні і фізичні властивості сплавів. Вплив температури нагрівання під гартування та швидкості охолодження при гартуванні на старіння.

Відпуск. Зміна мікроструктури, субструктури та фазового складу при відпуску сталей.

Класифікація видів термічної обробки: відпалювання I роду, відпалювання II роду, полігонізація, рекристалізація, відновлення, гартування, відпуск, старіння, термомеханічна та хіміко-термічна обробка.

Гомогенізаційне відпалювання. Зміна структури і властивостей сплавів при гомогенізаційному відпалюванні.

Відпалювання для зменшення залишкових напружень. Механізм зменшення залишкових напружень при нагріванні.

3.6 Хіміко-термічна обробка

Елементарні процеси при хіміко-термічній обробці, утворення активних атомів дифундуючого елементу, адсорбція, дифузія. Насичуючі середовища. Залежність концентрації дифундуючого елементу та глибини шару від активності газової фази, температури та тривалості процесу. Структура дифузійних шарів. Зв'язок старіння дифузійних шарів з діаграмою фазової рівноваги.

Азотування, цементация, нітроцементация, алітування, хромування, борування, сульфидування, сіліціювання. Принципи вибору термічної обробки після хіміко-термічної обробки. Насичення у тліючому розряді.

3.7 Структура та властивості металів та сплавів

Макроструктура. Виготовлення та аналіз темплетів.

Мікроструктура. Методи виготовлення та декорування шліфів. Оптичні методи якісної і кількісної металографії. Електронна мікроскопія.

Аналізи та методи вимірювання властивостей: термічний аналіз, магнітний аналіз, калориметрія, дилатометрія, вимірювання густини.

Механічні властивості та випробування матеріалів.

Пластична деформація. Діаграми розтягування. Границя пружності і плинності, деформаційне зміцнення. Вплив на нього температури і швидкості деформації. Фізична та технічна суть механічних характеристик матеріалу. Залежність механічних властивостей від складу та структури металів і сплавів. Зміцнення при утворенні твердих розчинів та виділенні надлишкових фаз. Вплив розміру зерна на механічні властивості. Надпластичність.

Крихке та в'язке руйнування. Зародження тріщин. Схеми зародження тріщин. Розповсюдження тріщин при крихкому та в'язкому руйнуванні. Будова зламів. Основи

фрактографії. Тріщиностійкість. Критерії тріщиностійкості. Крихке руйнування при низьких температурах. Холодноламкість металів з ОЦК граткою. Воднева крихкість.

Витривалість (втомна міцність) металів при циклічних механічних впливах. Діаграми і механізм втомленості. Малоциклова втомленість. Фактори, що впливають на втомну міцність. Зношування. Механічні властивості металів при високих температурах. Жароміцність. Вплив складу та структури на жароміцність, жаровиностійкість.

Методи механічних випробувань металів. Статичні та динамічні випробування. Визначення границь текучості і міцності при одноосному розтягуванні, а також стискуванні, згині, крутінні. Вимірювання твердості вдавленням і іншими методами. Випробування металів на зношування.

3.8 Література

1. Металознавство: підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2002. – 84 с.
2. Кузін О. А. Металознавство та термічна обробка металів : підручник / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – Київ : Основа, 2005. – 324 с.
3. Афтанділянц Є. Г. Матеріалознавство / Є. Г. Афтанділянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. – Херсон : Олді-плюс, 2012. – 612 с.
4. Більченко О. В. Матеріалознавство: навч. посібник / О. В. Більченко, О. І. Дудка, П. І. Лобода. – Київ: Кондор, 2009. – 154 с.
5. Бялік О. М., Кондратюк С. Є., Кіндрачук М. В., Черненко В. С. Структурний аналіз металів. Металографія, фрактографія. – К.: Політехніка, 2006. – 328 с.
6. Кондратюк С. Є., Кіндрачук М. В., Степаненко В. О., Москаленко Ю. Н. Металознавство та термічна обробка металів. – К.: «Вікторія», 2000. – 372 с.
7. Дяченко С. С. Фізичні основи міцності та пластичності металів. Харків: ХНАДУ, 2003. – 226 с.
8. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н. Металознавство. – К.: Політехніка, 2001. – 375 с.
9. Кондратюк С. Є. Структуроутворення, спадковість і властивості литої сталі. – К.: Наукова думка, 2010. – 176 с.
10. Гапонова О. П., Будник О. П. Сталі та сплави з особливими властивостями: навч. посібник – Суми: Сумський державний університет, 2014. – 240 с.

Голова предметної комісії

Павло КАЛЮЖНИЙ