

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



*Затверджую*

Голова Приймальної комісії

Ректор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

*04.05.2026*

дата

**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання  
імені Є.О. Патона**

повна назва факультету навчально-наукового інституту

**ПРОГРАМА**

**вступного іспиту із спеціальності**

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії  
«Металургія»

**за спеціальністю G10 Металургія**

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю

G10 Металургія

Протокол № 4/26 від «23» квітня 2026 р.

Голова НМКУ

Анатолій МІНЦЬКИЙ

Київ – 2026

## **ВСТУП**

Програма вступного іспиту визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного іспиту зі спеціальності на освітньо-наукову програму підготовки докторів філософії «Металургія» за спеціальністю G10 Металургія.

Метою вступних випробувань зі спеціальності G10 Металургія для здобуття ступеня доктора філософії є визначення рівня володіння теоретичними знаннями та практичними навичками, необхідними для самостійного розв'язання наукових і технологічних завдань в галузі металургійного виробництва.

## **1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД**

### **1.1. Перелік розділів та тем, які виносяться на іспит зі спеціальності**

#### **Розділ 1 Ливарне виробництво**

##### **Блок 1.1. Теоретичні основи ливарного виробництва**

Властивості рідких металів: температура та теплота плавлення, температура та теплота випромінювання, густина та питомий об'єм. Поверхневий натяг та його вплив на формування поверхні виливка. Електричні та теплові властивості. 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 та швидкість їх руху. Послідовна та об'ємна кристалізації. Дендритна та зональна ліквідації. Неметалічні вкrapлення 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. Приведена товщина стінки виливка, безрозмірні критерії твердіння. Розраховування часу твердіння та охолодження виливків у піщаній формі за методом Г.Ф

Баладіна. Розраховування часу твердіння та охолодження виливків у металевій формі за методом А. І. Вейника. 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. Розраховування об'єму усадкових дефектів. Надливи та методи поліпшення їх роботи. Методи визначення необхідних розмірів надливів.

Тимчасові та залишкові напружини у виливках. Розраховування механічних та термічних напружин. 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.

## **Блок 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 глин.

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, натири, 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 затверднення та його регулювання.

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

ХТС з метало фосфатними 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.

Реологічні властивості формувальних сумішей. Основні параметри, їх вимірювання і зв'язок з фізико-механічними і технологічними властивостями.

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

Технологічні основи використання оборотних формувальних 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 комплекту (в т.ч. і з допомогою ЕОМ).

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

Уніфікація та нормалізація виготовлення модельних заготовок.

Технологія виготовлення металічних та пластмасових модельних комплектів, способи їх кріплення на модельних плитах.

Способи підвищення точності та чистоти поверхні модельних компонентів із різних матеріалів.

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.

### **Блок 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. Основні типи кокілів та установок. Особливості підготовки форм під час лиття у кокіль. 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 та з протитиском. Лиття методом вижимання.

Відцентрове лиття. Гідродинамічні особливості відцентрового лиття. Особливості кристалізації виливків під дією відцентрових сил. Теплоізоляційні покриття виливниць, методи їх нанесення. Флюси, що застосовуються під час виробництва литва відцентровим литтям та їх призначення.

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. Інші види лиття: лиття за моделями, що витоплюються, в оболонкові форми, вакуумним всмоктуванням, тощо. Особливості кожного процесу. АСУТП спеціальних видів литва.

#### **Блок 1.4. Технологія виробництва виливків**

##### **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.

Конструкція та структуроутворення чавунів. Теорія кристалізації чавуну за стабільною і метастабільною системами.

Сучасні уявлення щодо кристалізації та формоутворення графіту.

Вплив складу, фізичних та фізико-механічних факторів на структуроутворення 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, структури, величини зерна та вмісту газів на механічні властивості.

Вплив масштабного фактора на механічні властивості чавуну.

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

Технологічні та механічні властивості сірого чавуну.

Чавун з кулястим графітом. Галузі використання. Класифікація виливків відповідно до вимог нормативних документів. 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.

Вибілене литво. Вплив хімічного складу на властивості вибіленого литва.

Синтетичний чавун. Технологічні особливості виробництва із нього виливків.

Леговані чавуни. Основні легувальні компоненти та їх вплив на структуроутворення чавуну.

Жаростійкий, корозійностійкий, зносостійкий та антифрикційний чавуни.

Модифікування чавуну. Теоретичні основи модифікування. Модифікувальні присадки. Теоретичні і технологічні основи суспензійного лиття.

Особливості конструювання Технологічних литих деталей з чавуну.

Шихтові матеріали для виплавлення чавунів. Металева частина шити. Технічні умови на чавуни ливарні, переробні, рафіновані та природно леговані. Феросплави та лігатура, що використовують у чавуноливарному виробництві. Зворот власного виробництва. Металевий лом та його класифікація.

Флюси. Призначення флюсів. Паливо для виплавлення чавуну. Вимоги до палива.

Технологічні особливості виплавлення у коксових, коксогазових та газових вагранках.

Технологічні особливості виплавлення в індукційних та електродугових печах.

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

Контроль якості виливків. Виправлення дефектів.

Термічне оброблення чавунних виливків.

### **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 ліквації та утворення гарячих тріщин у сталних 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. Спеціальні властивості сталей та сталевих виливків.

Формувальні та стрижневі суміші для сталевих виливків.

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

Фізико-хімічні процеси в сталеплавильній ванні

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

Суспензійне лиття. Спеціальна електрометалургія під час виробництва сталевих виливків.

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.

### **Блок 1.5. 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. Застосування зернистих та рідких флюсів. Застосування вакууму. Надливи, їх розміщення та розміри. Холодильники. 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. Способи, що запобігають горінню сплавів. Лиття у разові форми. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості ливникових систем. Застосування зернистих фільтрів і холодильників. Лиття способом послідовної кристалізації. Особливості фінішних операцій. Особливості лиття в кокіль, під тиском, під низьким тиском. Контроль якості виливків. Виправлення дефектів. Хімічне та термічне оброблення виливків. Техніко-економічні підстави, що обумовлюють вибір способу виробництва виливків.

**Мідні сплави.** Промислові марки ливарних та деформованих сплавів, їх властивості та галузі застосування. Печі та особливості технології виплавлення, рафінування та модифікування сплавів. Лиття в разові форми. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості ливникових систем. Особливості технології лиття. Застосування зернистих фільтрів та вакууму. Надливи, їх розміщення та розміри. Застосування холодильників. Особливості фінішних операцій. Особливості 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. Лиття в разові форми: особливості формувальних і

стрижневих сумішей, способи захисту виливків від пригару. Особливості заливання форм та фінішні операції.

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

**Тугоплавкі метали.** Фізико-хімічні та технологічні властивості. Особливості технології виплавлення і лиття.

**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.

## Розділ 2 Порошкова металургія

### Блок 2.1. Отримання порошків металів, сплавів та волокон і виробів з них

#### *Механічні методи отримання порошків.*

Загальні положення. Основи теорії та закономірності подрібнення. Закони подрібнення. Роль методу отримання порошків механічним подрібненням на формування їх властивостей.

Закономірності подрібнення в кульових, вібраційних, атриторних, планетарних, струйних та вихрових млинах.

#### *Фізико-хімічні методи одержання порошків.*

**Отримання порошків металів та сплавів відновлюванням оксидів та солей металів.** Основи термодинаміки відновлювальних процесів. Механізм та кінетика відновлювальних процесів порошкових систем. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків.

Закономірності отримання порошків металів відновлюванням оксидів та солей металів воднем, вуглецем та вуглецьвміщуючими газами, металотермією. Вплив технологічних факторів на параметри відновлення та властивості отримуваних порошків.

Основні промислові методи отримання порошків відновлюванням.

**Електрохімічні методи отримання порошків металів.** Отримання порошків металів електролізом водяних розчинів та розплавів солей металів. Фізико-хімічні основи методу. Вплив різних факторів (щільності струму, концентрації електроліту, кислотності

розчину, часу електролізу, вмісту домішок) на техніко-економічні показники процесу та формування структури та властивостей порошків.

Отримання порошків металів *автоклавному методом, цементацією та міжкристалітною корозією*. Суть методів та вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків.

#### ***Газофазні методи одержання порошків.***

Отримання порошків металів дисоціацією карбонілів, випарюванням-конденсацією, відновлюванням в газовій фазі.

Закономірності проходження реакцій у газовій фазі за участю та без участі поверхні. Вплив різних факторів на формування властивостей порошків, що отримуються з газової фази.

#### ***Отримання порошків металів та сплавів розпиленням розплавів.***

Розпилення газами та рідиною. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків. Формоутворення частинок порошків при їх отриманні розпилюванням розплавів. Вплив технологічних факторів на формування властивостей порошків.

#### ***Отримання порошків без кисневих тугоплавких сполук.***

Властивості та застосування безкисневих тугоплавких сполук. Закономірності та технологія отримання порошків карбідів, боридів, нітридів, силіцидів, неметалевих тугоплавких сполук (карбід бору, карбід силіцію, нітриду кремнію). Отримання порошків литих тугоплавких сполук.

#### ***Отримання волокон та вусів.***

Класифікація методів одержання. Закономірності одержання волокон та вусів з розплавів, електролізом, осадженням з газової фази. Отримання волокон змішаними методами та методами порошкової металургії.

### **Блок 2.2. Формування виробів з порошків металів та сплавів**

#### ***Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл.***

Закономірності ущільнення пластичних та крихких порошків. Вплив властивостей порошків та їх структури на їх ущільнення. Аналітичний опис процесу формування. Поняття контактного перерізу та контактної поверхні. Рівняння формування; математичні залежності щільності виробів від тиску формування.

Вплив різних факторів на розподіл щільності у формовках. Боковий тиск, зовнішнє та внутрішнє тертя, сила виштовхування, пружна післядія. Використання мастил при формуванні; їх роль у розподілі щільності та формуванні структури формовок.

#### ***Варіанти формування. Практика формування.***

Підготовка порошків для формування. Відпал, класифікація, розсів. Змішування порошків. Грануляція шихти, визначення наважки, дозування. Варіанти формування. Одно- та двостороннє формування. Формування на механічних та гідравлічних пресах.

#### ***Ізостатичне формування.***

Різновиди ізостатичного формування. Закономірності ізостатичного формування, вплив різних факторів на процес формування структури та властивостей виробів. Математичний опис ізостатичного формування. Особливості газостатичного формування.

#### ***Формування довгомірних виробів.***

Формування скошеним пуансоном.

Формування прокаткою. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей прокату з порошків. Основні закономірності прокатки порошків.

#### ***Швидкісне (імпульсне) формування.***

Методи імпульсного формування. Механізм ущільнення при імпульсному формуванні. Вплив різних факторів на процес ущільнення при імпульсному формуванні. Структура та властивості виробів.

#### ***Бездеформаційні методи формування.***

Мундштучне формування та екструзія. Закономірності формування цими методами. Шлікерне литво, литво з термопластичних мас, інжекційне формування. Вплив різних факторів на характер розподілу щільності та формування властивостей виробів. Вібраційне формування.

#### ***Брак при формуванні.***

Причини браку та можливість його виправлення. Методи контролю якості формовок.

### **Блок 2.3. Спікання порошкових виробів**

#### ***Характеристика процесів, що лежать в основі спікання.***

Терміни спікання з технологічного та термодинамічного кута зору. Зовнішні ознаки спікання, усадка при спіканні, види усадки.

Рушійні сили спікання. Загальні відомості про стан матеріалів при кімнатних температурах та при нагріві з точки зору наявності дефектів та дифузійних процесів.

Поверхневий натяг як рушійна сила спікання. Капілярний тиск.

Спікання однокомпонентних систем як в'язка (дифузійно-в'язка) течія, об'ємна самодифузія, пластична течія, поверхнева самодифузія, перенесення через газову фазу. Основні стадії спікання при дії цих механізмів, фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки.

Вплив структурного та геометричного факторів на процес спікання. Феноменологічний опис процесу спікання.

### ***Спікання в реальних умовах.***

Вплив різних факторів (температури, часу, властивостей вихідних порошків та формовок, умов спікання та ін.) на кінетику процесів спікання та формування структури та властивостей виробів.

### ***Методи інтенсифікації процесів спікання.***

Активоване спікання. Фізичні та фізико-хімічні методи активації спікання. Спікання за рахунок зовнішнього впливу на матеріал та за рахунок використання матеріалів з наперед заданим активним станом. Фізико-хімічні явища, які лежать в основі різних методів активованого спікання.

### ***Спікання під тиском.***

Гаряче пресування. Механізм ущільнення та закономірності формування структури і властивостей виробів при гарячому пресуванні.

Гаряче ізостатичне пресування, динамічне гаряче пресування, гаряче кування та штамповка пористих заготовок. Закономірності формування структури та властивостей виробів при використанні цих методів.

### ***Спікання багатокомпонентних систем.***

Закономірності та кінетика спікання багатокомпонентних систем у твердій фазі. Роль процесів гетеродифузії.

Особливості усадки та процесів формування структури та властивостей порошкових виробів при спіканні систем з необмеженою розчинністю компонент, обмеженою їх розчинністю та розчинних один в одному.

Спікання багатокомпонентних систем та композиційних матеріалів у присутності рідкої фази. Роль змочуваності твердої фази рідкою. Вплив різних факторів (змочуваності, розчинності компонент, щільності формовок, кількості рідкої фази та інш.) на процес спікання та формування структури та властивостей порошкових та композиційних матеріалів.

Просочування. Закономірності просочування при виготовленні порошкових та композиційних матеріалів.

### ***Властивості спечених порошкових та композиційних виробів.***

Залежність властивостей виробів від умов спікання та характеристик вихідних матеріалів та пористих заготівок. Методи контролю структури та властивостей спечених виробів.

## **Блок 2.4. Теорія та технологія нанесення покриттів**

Значення захисних покриттів для різних областей техніки. Завдання які вирішуються з використанням напилених покриттів. Класифікація покриттів. Газотермічні і вакуумно-конденсаційні покриття.

Загальна характеристика способів нанесення покриттів.

Класифікація газотермічних способів напилення. Електродугова металізація. Загальні закономірності електродугової металізації. Електрична дуга, як джерело нагріву розпилюємого матеріалу. Газополум'яне напилення. Плазмове напилення. Утворення і склад низькотемпературної плазми. Плазмовий струмінь як джерело нагріву напилюємих частинок. Знаходження вихідних характеристик плазмового струменя. Зміна вихідних характеристик плазмового струменя. Загальні закономірності детонаційно-газового напилення. Механізм детонаційно-газового перетворення. Кінетика детонаційно-газового перетворення. Прискорення частинок при детонаційно-газовому напиленні.

### ***Закономірності формування потоку частинок при газо термічному напиленні.***

Основні стадії газотермічного напилення. Нагрів і прискорення частинок матеріалів в газовому струмені. Особливості формування потоку частинок при порошковому і проволочному способах напилення. Зміна температури і швидкості газового потоку і частинок, що напилюються. Основні залежності і рівняння для розрахунку розміру розпилюємих частинок.

### ***Утворення та структура газотермічних покриттів.***

Взаємодія частинок з напилюваною поверхнею. Процеси які проходять в зоні контакту. Визначення енергії активації для утворення міцних зв'язків. Схема деформації частинок при зустрічі з основою. Напорний і імпульсний тиски. Механізм фізико-хімічних процесів, які забезпечують утворення міцних зв'язків. Виникнення фізичного і хімічного контактів в зоні взаємодії. Умови формування покриття в різних точках пятна напилення. Фігура напилення. Особливості формування структури покриття та її характеристика. Причина утворення і характеристика дефектів структури.

### ***Вакуумно конденсаційне напилення.***

Класифікація способів вакуумно конденсаційного напилення. Фізико-хімічні основи процесу випаровування чистих металів, сплавів і сполук. Рівняння Ленгмюра. Правило Рауля. Катодне розпилення. Формування потоку напиляємих частинок. Атомарний, молекулярний, іонізований та змішані потоки. Наявність в паровому потоці агрегатів атомів, молекул і капельної фази. Енергія напилених частинок. Способи її збільшення. Адсорбція частинок на поверхні напилення. Фізична адсорбція і хемосорбція. Термічна акомодация атомів напилюємого матеріалу. Процеси зародження і росту напилюємих покриттів. Розмір критичного зародку нової фази і його залежність від матеріалів покриття. Формування структури покриття. Тризонна модель. Характеристика розміру кристалів та вплив на форму температури поверхні і дифузійної активності атомів.

### ***Газофазне напилення покриттів.***

Термодинаміка процесу утворення покриттів. Основні реакції, які проходять в реакційному просторі. Термічний розклад. Принципова схема установок для отримання покриттів із газової фази. Формування структури і властивості газофазних покриттів.

### ***Композиційні електрохімічні покриття.***

Загальна характеристика композиційних електрохімічних покриттів. Стадії утворення. Умови росту металевої матриці та вплив на процес параметрів роботи (струм, концентрація, температура та ін.). Формування структури покриття та його властивості.

## **1.2. Порядок проведення іспиту**

Вступний іспит проводиться у вигляді тестування 50 питань на платформі <https://www.classtime.com>.

Термін виконання тесту становить 2 академічні години (120 хвилин) без перерви.

Методика проведення іспиту наступна. Члени комісії інформують вступників про порядок проведення та оформлення робіт з вступного іспиту зі спеціальності видають вступникам посилання на тест.

На організаційну частину іспиту (пояснення по проведенню, оформленню і критеріям оцінювання іспиту) відводиться 20 хвилин від усього часу іспиту, на відповіді вступнику надається 90 хвилин і на заключну частину – 10 хвилин.

Після закінчення етапу написання іспиту, проводиться перевірка відповідей та їх оцінювання всіма членами комісії. Члени предметної комісії приймають спільне рішення щодо виставлення загальної оцінки за тест.

Підведення підсумку іспиту зі спеціальності здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість. Ознайомлення студента з результатами іспиту проводиться згідно з правилами прийому до університету.

### **1.3. Допоміжні матеріали для складання іспиту**

Під час складання іспиту заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.

### **1.4. Рейтингова система оцінювання (PCO)**

На іспиті вступники виконують письмову тестову роботу. Тест має 50 теоретичних питань. Усі питання рівнозначні.

В залежності від повноти і правильності відповіді на питання вступник отримує:

|   |          |            |                      |
|---|----------|------------|----------------------|
| 2 | балів за | 50...100 % | правильної відповіді |
| 1 | балів за | до 50 %    | правильної відповіді |
| 0 | балів за | 0 %        | правильної відповіді |

Загальна оцінка за іспит обчислюється як арифметична сума балів за всі відповіді на запитання екзаменаційного тесту. Таким чином, згідно з рейтинговою системою оцінювання, за результатами іспиту вступник може набрати від 0 до 100 балів.

З метою обчислення конкурсного балу вступника результат іспиту зі спеціальності перераховується з шкали від 0 до 100 балів до шкали, визначеної Порядком прийому на навчання для здобуття вищої освіти (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця переведення балів стобальної шкали до шкали 100 - 200

| Бал за шкалою<br>0 - 100 | Бал за шкалою<br>100 - 200 | Бал за шкалою<br>0 - 100 | Бал за шкалою<br>100 - 200 |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 60                       | 100                        | 81                       | 162                        |
| 61                       | 105                        | 82                       | 164                        |
| 62                       | 110                        | 83                       | 166                        |
| 63                       | 115                        | 84                       | 168                        |
| 64                       | 120                        | 85                       | 170                        |
| 65                       | 125                        | 86                       | 172                        |
| 66                       | 128                        | 87                       | 174                        |
| 67                       | 131                        | 88                       | 176                        |
| 68                       | 134                        | 89                       | 178                        |
| 69                       | 137                        | 90                       | 180                        |
| 70                       | 140                        | 91                       | 182                        |
| 71                       | 142                        | 92                       | 184                        |
| 72                       | 144                        | 93                       | 186                        |
| 73                       | 146                        | 94                       | 188                        |
| 74                       | 148                        | 95                       | 190                        |
| 75                       | 150                        | 96                       | 192                        |
| 76                       | 152                        | 97                       | 194                        |
| 77                       | 154                        | 98                       | 196                        |
| 78                       | 156                        | 99                       | 198                        |
| 79                       | 158                        | 100                      | 200                        |
| 80                       | 160                        |                          |                            |

Вступники, результати іспиту яких за стобальною шкалою складають від 0 до 59 балів, отримують оцінку «незадовільно» і не допускаються до участі в наступних вступних випробуваннях (за наявності) і в конкурсному відборі.

## 2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Особи, які без поважних причин не з'явилися на вступні іспити у визначений розкладом час, особи, знання яких було оцінено балами нижче встановленого рівня, до участі в наступних вступних іспитах і в конкурсному відборі не допускаються.

2. Перескладання вступних випробувань не допускається.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### До розділу 1

1. Горкушкіна Л.П. Теоретичні основи ливарних процесів. –К.:НМК ВО, 1993.- 288 с.
2. Лютий, Р. В. Теоретичні основи ливарних процесів [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 136 «Металургія» / Р. В. Лютий, М. М. Ямшинський, А. С. Кочешков ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 335 с.
3. Дробязко В.М., Фесенко А.М., Лютий Р.В., Фесенко М.А. Ливарна гідравліка. – Краматорськ: ДДМА, 2010. – 108 с.
4. Основи 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. Дорошенко С. П. Формувальні суміші : навч. посібник / С.П. Дорошенко. – К. : ІЗМН, 1997. – 140 с
8. Формувальні матеріали [Текст] : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р.В. Лютий, І. М. Гурія ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 258 с.
9. Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. К. Техніка, 2002. – 374с.
10. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга І. Львів. 2000. – 264 с.
11. Попович В., Голубець В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга ІІ. Суми. Університетська книга, 2002. – 259 с.
12. Реп'ях С.І. Технологічні основи лиття витоплюваними моделями. Дніпропетровськ: Ліра, 2006. – 1056 с.
13. 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.
14. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посіб. /С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – 146 с.

15. Science and Technology of Casting Processes / edited by Malur Srinivasan. – Rijeka : InTech, 2012. – 350 p.
16. Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.
17. Сплави на основі заліза : 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; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - Київ: Політехніка, 2015. – 272 с.
18. Позапічне рафінування чавуну і сталі: навчальний посібник /О.М. Смірнов, О.М. Зборщик. - Донецьк : Вид-во "Ноулідж", Донецьке відділення, 2012. – 179 с.
19. Леговані сталі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /О.В. Більченко, О.І. Дудка, В.Г. Хижняк, С.М. Чернега; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ: Кондор, 2009. - 96 с.
20. М.П. Волкотруб, Чернега Д.Ф., Могилатенко В.Г., Шаповалов В.О. Процеси спеціальної електрометалургії. – Київ.:Хімджест, 2014. – 284 с.
21. Могилатенко В.Г. та ін. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття. Підручник для вищих навчальних закладів, протокол метод. ради НМетАУ, №9 від 26.09.2016. - В.О. Богуслаєв, С.І. Репях, Могилатенко В.Г., З.А. Івченко, М.О. Матвєєва, З.В. Леховіцер, Ю.С. Пройдак, В.Є. Хричиков. Під ред. С.І. Репяха та В.Г. Могилатенка. - 2е вид., доп. та доопр. - Запоріжжя:АТ "МОТОР СІЧ", 2016. - 474 с.
22. Математичне моделювання і комп'ютерний аналіз процесів структуроутворення легованих сталей в ході фазових перетворень /В.В. Каверинський; Національна академія наук України, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича – Київ: КІМ, 2019. – 210 с.

## До розділу 2

1. Степанчук А.М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук: Підручник /А.М. Степанчук. – Київ : НТУУ «КПІ», 2006, – 353 с.
2. Дрозденко О.С. Порошкова металургія: лекції / Олександр Дрозденко, Олександр Левенко. - Дніпро: Домінанта Прінт, 2020.

3. Штерн М.Б. Механічні та комп'ютерні моделі консолідації гранульованих середовищ на основі порошків металів і кераміки при деформуванні та спіканні : монографія / М.Б.Штерн, В.Б.Рудь; за редакцією В.В. Скорохода. Луцьк: 2010. - 230 с.
4. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів. Навч. посібник /А.М. Степанчук. – К.: Центр учбової літератури. – 2016. – 336 с.
5. Куцова В. З. Наноматеріали та нанотехнології. [Текст]: навч. посібник. У двох частинах / В. З. Куцова, Т. В. Котова, Т. А. Аюпова – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103 с.
6. Писаренко В.Г. Сучасні технології в машинобудуванні. Інжекційне лиття порошку [Текст]: навч. посібник / В. Г. Писаренко, В. В. Савуляк, Є. Ф. Боковий [та інш.] – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 242 с.
7. Савчук П.П. Композитні матеріали [Текст]: навч. посібник / П. П. Савчук, В. П. Кашицький, М. Д. Мельничук [та інш.] – Луцьк: Видавець ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с.
8. Майборода В.С. Інструментальні матеріали для виготовлення різального інструменту: навч. посібник / В. С. Майборода, Д.Ю. Джулій, Слободянюк І.В., Гаврушкевич Н.В. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2022. – 112 с.
9. Лавріненко В.І. Надтверді матеріали: посібник для допитливих / В.І. Лавріненко. – Київ: Академперіодика, 2018. – 336 с.
10. Дубовий О.М. Технологія напилення покриттів: Підручник. /О.М, Дубовий, А.М. Степанчук. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.
11. Степанчук А.М. Матеріали для напилювання покриттів : Навчальний посібник. /А.М. Степанчук, І.І. Білик. – Київ : Видавництво «Центр учбової літератури», 2016. – 236 с.
12. Білик І.І. Технологія та обладнання напилених покриттів: Навч.посіб. – Київ: ІВЦ Видавництво ”Політехніка”, 2004. – 92 с.
13. Степанчук А.М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук: Підручник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2006, – 353 с.

#### **Програму розробили:**

|                                 |       |                  |
|---------------------------------|-------|------------------|
| д.т.н. доц. каф. ЛВ, НН ІМЗ     | _____ | Могилатенко В.Г. |
| д.т.н. проф. каф. ЛВ, НН ІМЗ    | _____ | Ямшинський М.М.  |
| к.т.н. проф. каф. ВТМПМ, НН ІМЗ | _____ | Степанчук А.М.   |
| д.т.н. проф. каф. ВТМПМ, НН ІМЗ | _____ | Богомол Ю.І.     |
| д.т.н. доц. каф. ЛВ, НН ІМЗ     | _____ | Лютий Р.В.       |
| д.т.н. проф. каф. ВТМПМ, НН ІМЗ | _____ | Мініцький А.В.   |