

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНА
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Голова Предметної комісії

Гарант освітньої

програми  Владислав МАЗУР

« 26 » « лютого » 2021 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчальної роботи

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

 м.п.

« ____ » « ____ » 2021 р.



**ПРОГРАМА
ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ІСПИТУ
для здобуття наукового ступеня доктор філософії
за спеціальністю 136 Металургія**

*Додаткову програму рекомендовано вченою радою
Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона*

Київ – 2021

ЗМІСТ

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	3
II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ.....	5
III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ.....	15
IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ	17

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 136 «Металургія» проводиться для вступників, які мають ступень магістра¹.

Освітня програма «Металургія» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. Особливості освітньої програми враховані шляхом обрання відповідних розділів програми вступного іспиту.

Програму складено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, Закону України від 06 вересня 2014 р. «Про вищу освіту», постанови Кабінету міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261 «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах)» та наказу Міністерства освіти і науки України від 15 жовтня 2020 року № 1274 «Умови прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2021 році» (<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/vstup-2021/Nakaz%201274.pdf>), [Додатку до Правил прийому до Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у 2021 році для здобуття ступеня доктора філософії](#) (https://aspirantura.kpi.ua/?page_id=172)

Метою вступних випробувань зі спеціальності 136 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 Державного переліку професій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1117 від 11 вересня 2007 року (зі змінами та доповненнями) і займати первинні посади згідно довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників з урахуванням вимог Положення про ступеневу професійно-технічну освіту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 3 червня 1999 року № 956, Державного стандарту професійно-технічної освіти, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 серпня 2002 року № 1135: молодший науковий співробітник (гірництво, металургія), науковий співробітник (гірництво, металургія), молодший науковий співробітник (галузь інже-

¹ Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

нерної 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 поступаючий 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 порошкової металургії, основні методи отримання порошків металів, сплавів, сполук та волокон і вусів. Формування виробів з порошків. Закономірності ущільнення порошкових тіл. Спікання порошкових виробів. Фізико-хімічні основи та технологія нанесення покриттів з порошків.

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 Додатку до Правил прийому до Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у 2021 році для здобуття ступеня доктора філософії (https://aspirantura.kpi.ua/?page_id=172).

Завдання вступного випробування складається з трьох теоретичних питань. Вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Тривалість підготовки вступника до відповіді – 2 академічні години.

У наступному розділі програми наведені лише ті теми з зазначених розділів, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

1. Загальна характеристика ливарного виробництва

Ливарне виробництво як наука про властивості ливарних сплавів та теорії формування виливків.

Історія розвитку ливарного виробництва, внесок вітчизняних учених. Переваги ливарного виробництва перед іншими способами формоутворення заготовок деталей машин.

Сучасний стан та основні тенденції розвитку ливарного виробництва.

1.1 Теоретичні основи ливарного виробництва

Властивості рідких металів: температура та теплота плавлення, температура та теплота випромінювання, густина та питомий об'єм. 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.

Кристалізаційні процеси. Передкристалізаційний стан металів та сплавів. Термодинамічна теорія кристалізації. 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. Приведена товщина стінки виливка, безрозмірні критерії твердіння. Розрахування часу твердіння та охолодження виливків у піщаній формі за методом Г.Ф Баладіна. Розрахування часу твердіння та охолодження виливків у металевій формі за методом А. І. Вейника. Регулювання теплових процесів у формі. Розрахування розмірів зовнішніх та внутрішніх холодильників. Утворення усадкових дефектів у виливках. Тимчасові та залишкові напружини у виливках. Розрахування механічних та термічних напружин. Жолблення виливків та його запобігання. Утворення тріщин у виливках. Визначення схильності металу до утворення тріщин.

1.2 Теоретичні та технологічні основи виробництва литва в піщані форми

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

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.

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.

1.3 Технологія спеціальних способів лиття

Лиття в кокіль. 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. Основні види дефектів кокільного литва і методи їх запобігання.

Лиття під тиском. 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.

1.4 Технологія виробництва виливків

Чавун. Особливості технологічного процесу виготовлення виливків з чавуну. Зв'язок механічних властивостей виливків з чавуну з його хімічним складом та швидкістю охолодження. 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. Вплив складу, структури, величини зерна та вмісту газів на механічні властивості. Технологічні властивості чавунів. Зв'язок ливарних властивостей з процесами кристалізації та графітоутворення.

Технологічні та механічні властивості сірого чавуну.

Чавун 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.

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

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. Термічне оброблення чавунних виливків.

Сталь. Службові та технологічні властивості литих сталей. 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.

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.

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.

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

Дефекти сталевих виливків, їх класифікація та попередження.

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

Алюмінієві сплави. Фізико-хімічні властивості та галузі застосування. Принципи легування. 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.

Магнієві сплави. 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.

Мідні сплави. Печі та особливості технології виплавлення, рафінування та модифікування сплавів. Лиття в разові форми. Характеристика формувальних та стрижневих сумішей. Особливості технології виготовлення виливків з мідних сплавів литтям у кокіль, під тиском, відцентровим способом, рідким штампуванням. Контроль якості виливків. Виправлення дефектів зварюванням.

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

Пресові формувальні машини. Зв'язок між ущільненням формувальної суміші та стискувачими напружинами. Конструктивні особливості пресових машин з нижнім та верхнім пресуванням, з плоскою, профільною, багато плунжерною плитою, діафрагмові пресові машини, важільні 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.

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.

1.6 Автоматизація ливарного виробництва

Автоматичні ливарні лінії. Особливості вибору технологічного процесу для реалізації на автоматичних лініях. Типові автоматичні лінії виготовлення виливків у разових піщаних опокових і безопокових формах, у оболонкових формах і за витоплюваними моделями.

Автоматизація управління змішувачами періодичної і безперервної дії, системи автоматичного регулювання вологості (попередньої калькуляції і кінцевого стану) і технологічними властивостями сумішей. Системи кондиціонування оборотних сумішей за розхідними бункерами.

Автоматизація основних операцій процесу виготовлення разових піщаних 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, дозування і завантажування шихти. Автоматизація процесів виплавлення у дугових, індукційних електропечах та печах опору. Системи автоматизованого заливання форм, методи дозування сплавів, види і конструкції дозаторів.

2 Порошкова металургія

2.1 Загальна інформація

Загальна характеристика порошкової металургії, як метода одержання порошкових та композиційних матеріалів і виробів.

Порошкова металургія як наука про процеси одержання, структуру та властивості порошків металів, сплавів, композиційних матеріалів, які виготовляються з використанням методів формування та спікання. Роль порошкової металургії композиційних матеріалів у сучасній техніці і її значення для розвитку промисловості. Технічні та економічні переваги та обмеження використання порошкової металургії.

Роль фізико-хімічних явищ у процесах одержання порошків та волокон та виробів з них.

Властивості порошків. Хімічні, фізичні та технологічні властивості порошків. Методи визначення та контролю властивостей порошків. Взаємозв'язок між властивостями порошків.

2.2 Отримання порошків металів, сплавів та волокон і виробів з них

Механічні методи отримання порошків. 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.

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, цементациєю 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 розпиленням 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.

2.3 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 контактної поверхні 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.

2.4 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.

Спінання багатокomпонентних систем. Закономірності та кінетика спікання багатокomпонентних 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.

Спінання багатокomпонентних 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 заготовок. Методи контролю структури та властивостей спечених виробів.

2.5 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 розпиляемого матеріалу. Газополум'яне напилення. Плазмове напилення. Утворення і склад низькотемпературної плазми. Плазмовий струмінь як джерело нагріву напиляємих 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 га-

зовому 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.

III. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Література до 1-го розділу

1. Горкушкіна Л.П. Теоретичні основи ливарних процесів. –К.:НМК ВО, 1993.-288 с.
2. Пикунов М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание оливок. М.: МИМИМ, 1997. -376 с.
3. Дробязко В. М., Ямшинський М. М., Кочешков А. С., Могилатенко В. Г., Пономаренко О. І. Теоретичні основи ливарного виробництва. Харьков, 2011 р., – 288 с.
4. Формовочные материалы и технология литейной формы./С. С. Жуковский, Г.А.Анисович, Д.Н. Давыдов и др. Под общ. Ред. С.С. Жуковского. –М.: Машиностроение, 1993. –432 с.
5. Серебро В.С. Основы теории газовых процессов в литейной форме. – М.:Машиностроение, 1991. –208 с.
6. Тимофеев Г.И. Специальные виды литейного производства. –М.: Машиностроение, 1983. –287 с.
7. 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.
8. Ващенко К.И., Шумихин В.С. Плавка и внепесная обработка чугуна для отливок: Учебн.пособие. –К.:Вища шк., 1992. –240 с.
9. Цветное литье. Справочник. /Н.М.Голдин, Д.Ф. Чернега, Д.Ф. Иванчук и др. –М.: Машиностроение, 1989. –528 с.
10. Курдюмов А.В. и др. Литейное производство цветных и редких металлов. –М.: Металлургия, 1982. –352 с.
11. Шульте Ю.А. Производство отливок из стали. –Киев-Донецк, Вища школа, 1983. –184 с.
12. Зайгеров И.Б. Оборудование литейных цехов. –Минск:Вишэйшая школа, 1980. –368 с.
13. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. –М.: Машиностроение, 1985. –320 с.
14. Немировский Р.Г. Автоматические линии литейного производства. –К., Донецк: Вища шк. 1981. –238 с.
15. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. –М.: Машиностроение, 1981. –272 с.

Література до 2-го розділу

16. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов /В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К.Дружинин и др. - М., Металлургия, 1987. - 792с.
17. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. - М.; Металлургия, 1980. – 495 с.
18. Степанчук А.М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук: Підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2006, - 353 с.
19. Анциферов В.Н., Перельман В.Е. Механика процессов прессования порошковых и композиционных материалов. – М. Изд.дом «Граль». 2001. – 628 с.
20. Высокоскоростные способы прессования деталей из порошковых материалов / К.Н. Богоявленский, П.А. Кузнецов, К.К. Мартенс и др. -Л.: Машиностроение, 1984. - 168с.
21. Скороход В.В., Штерн М.Б. Технология процессов формования и спекания порошковых материалов.- Киев: Знание, 1985. - 19с.
22. Кислый П.С., Кузенкова М.А. Спекание тугоплавких соединений. – Киев. Наук.думка. 1980. - 167 с.
23. Палеха К.К. Физико-химические основы нанесения покрытий
24. Білик І.І. Технологія та обладнання напиленних покриттів: Навч.посіб. – К.: ІВЦ”Видавництво”Політехніка”, 2004. – 92 с.
25. Дубовий О.М., Степанчук А.М. Технологія напилення покриттів: Підручник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.
26. Ничипоренко О.С., Помосов А.В., Набойченко С.С. Порошки меди и ее сплавов.-М.: Металлургия, 1988. – 205 с.
27. Ничипоренко О.С., Найда Ю.И., Медведовский А.Б. Распыленные металлические порошки. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 238 с.
28. Жданович Г.М. Теория прессования порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1969. – 264 с.
29. Феномонологические теории прессования / М.Б. Штерн, Г.Г. Сердюк, Л.А. Максименко и др. – Киев: Наукова думка, 1982. – 140 с.
30. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давления. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 240 с.
31. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – К.: Наукова думка, 1980. – 404 с.
32. Шибряев Б.Ф. Высокопористые проницаемые материалы. – М.: Металлургия, 1982, – 486 с.

IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Критерії оцінювання відповіді здобувача враховують повноту та правильність відповіді, а також здатність здобувача узагальнювати отримані знання, застосовувати класичні, сучасні та специфічні методи дослідження, принципи та закони на конкретних прикладах, аналізувати, інтерпретувати та оцінювати отримані результати.

Відповідь вступника до аспірантури за спеціальністю оцінюється за 100-бальною шкалою, яка складається з балів, які він отримує за відповіді на питання білету (максимально 30 балів за кожне питання білету; кожен білет вступного іспиту складається з 3-х питань) та надання відповідей на 2 додаткові питання (максимально 5 балів за кожне питання). Тобто, $30 \text{ б.} \times 3 + 5 \text{ б.} \times 2 = 100 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання відповідей на питання білету вступного іспиту:

20-30 балів – повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації). Наведені без помилок всі необхідні визначення, формули, розмірності, закони, закономірності, залежності, діаграми, графіки, схеми, тощо. Відповідь має логічну та структурну завершеність, раціональний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), коректно вживані терміни, розкрито основні поняття, наведено всі розмірності фізичних величин, приведено правильний узагальнюючий висновок.

27-22 бали – достатньо повна відповідь (не менше 80 % потрібної інформації). Відповідь може містити 1-2 неточності. Наведено всі необхідні визначення, формули, розмірності, закони, закономірності, залежності, діаграми, графіки, схеми, тощо. Відповідь має логічну структуру, обрано правильний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), коректно вживані терміни, розкрито основні поняття, наведено всі розмірності фізичних величин, приведено правильний узагальнюючий висновок.

21-18 балів – не повна відповідь (але не менш 60 % потрібної інформації) з незначними неточностями та помилками у формулюванні. Відповідь не має логічної завершеності, обрано нераціональний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), відсутні приклади, коректно вживані терміни, але не всі поняття розкрито, наведено всі розмірності фізичних величин, не приведено правильний узагальнюючий висновок.

Менше 18 балів – незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації). Основні визначення, формули, розмірності, закони, закономірності, залежності, діаграми, графіки, схеми не наведені, або наведені, або наведені з помилками. Відповідь не має логічної завершеності, обрано нераціональний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), відсутні приклади, некоректно вживані терміни, не всі поняття розкрито, не

наведено всі розмірності фізичних величин, не приведено правильний узагальнюючий висновок.

Критерії оцінювання відповідей на додаткові питання:

- 5 – 4 бали – повна відповідь.
- 4 – 3 бали – достатньо повна відповідь.
- 3 – 2 бали – неповна відповідь.
- Менше 2 балів – незадовільна відповідь.

Загальна кількість балів за відповідь вступника визначається шляхом підсумовування балів за відповіді на питання білету вступного іспиту та балів за відповіді на додаткові питання, після чого здійснюється перерахування отриманих балів у оцінку згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Зараховано
94...85	
84...75	
74...65	
64...60	
Менше 60	Незадовільно

4. Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

РОЗРОБНИКИ:

Мазур Владислав Іустинович, д.т.н., професор, професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

Лобода Петро Іванович, д.т.н., професор, професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

Юркова Олександра Іванівна, д.т.н., професор, професор кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

Яшинський Михайло Михайлович, д.т.н., доцент, доцент кафедри ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Гурія Ірина Міранівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Лютій Ростислав Володимирович, к.т.н., доцент, доцент кафедри ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Програму рекомендовано:

Вченою радою
Інституту матеріалознавства та зварювання
ім. Є.О. Патона

Голова вченої ради



Юрій СИДОРЕНКО
протокол № 3/21
від « 26 » « 02 » 2021 р.