

**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  
додаatkового вступного випробування**

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 | 6 |
| Розділ 3 Металознавство та термічна обробка металів                   | 7 |

## 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 певні 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 додаткового 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.

Кристалізаційні процеси. Послідовна та об'ємна кристалізації. Твердіння виливків. Вплив конфігурації та технологічних факторів на твердіння виливків.

Усадкові явища. Лінійна та об'ємна усадки. Утворення усадкових дефектів у виливках. Надливи та методи поліпшення їх роботи.

Формувальні та стрижневі суміші. Критерії вибору формувальних сумішей при розробленні ливарної технології.

### 1.2 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 види дефектів кокільного литва і методи їх запобігання.

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

Лиття за моделями, що витоплюються. Галузі використання. Технологічний процес виробництва моделей та форм.

Лиття за моделями, що газифікуються. Галузі використання. Технологічний процес виробництва моделей та одержання виливків.

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

### 1.3 Технологія виробництва виливків

#### 1.3.1 Чавунне литво

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.

Вплив складу, фізичних та фізико-механічних факторів на структуроутворення і графітизацію чавуну.

Сірий чавун. Чавун з кулястим графітом. Леговані чавуни. Механічні властивості чавунів з різною формою графіту.

Технологічні особливості виплавлення чавуну в індукційних печах.

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

#### 1.3.2 Сталеве литво

Класифікація литих деталей та сталевих виливків.

Службові та технологічні властивості литих сталей. 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.

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

Високолеговані сталі для виливків із спеціальними властивостями. Спеціальні властивості сталей та сталевих виливків.

Макро-, мікролегування та модифікування сталей. Розкиснення, десульфуріяція та дефосфорування сталей.

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

Дефекти сталевих виливків, їх класифікація та попередження.

Термічне оброблення сталевих виливків.

### 1.3.3 Литво із кольорових металів та сплавів

**Алюмінієві сплави.** Фізико-хімічні властивості та галузі застосування. Принципи легування. Рафінування та модифікування. Особливості ливникових систем під час лиття в разові форми.

**Магнієві сплави.** Фізико-механічні та ливарні властивості, галузь застосування. Особливості технології виплавлення магнієвих сплавів. Рафінування та модифікування. Особливості лиття в кокіль, під тиском.

**Мідні сплави.** Промислові марки ливарних сплавів, їх властивості та галузі застосування. Особливості технології лиття. Технології виготовлення виливків з мідних сплавів литтям у кокіль, під тиском, відцентровим способом, рідким штампуванням.

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

### 1.4 Устаткування ливарних цехів

Класифікація устаткування ливарних цехів. Типи ливарного устаткування.

Пресові формувальні машини. Струшувальні формувальні машини.

Піскодувні та піскострільні машини.

Стрижневі машини. Класифікація стрижневих машин за способом виготовлення стрижнів у гарячій та холодній оснастці.

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

### 1.5 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 «ХПІ», 2011. – 288 с.
3. Виробництво виливків: підручник / О.Л. Голубенко та ін. - Луганськ: СЛУ ім. В. Даля, 2009. - 328 с.

#### *До підрозділу «Технологія спеціальних способів лиття»*

1. Специальные способы литья: Справочник / В. А. Ефимов, Г. А. Анисович 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. Виробництво виливків: підручник / О. Л. Голубенко та ін. - Луганськ: СЛУ ім. В. Даля, 2009. - 328 с.
4. Специальные виды литья Ю. А. Степанов, М. Г. Анучина и др. – М.: Машиностроение, 1970. – 224 с.

#### *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. Лютый. – К.: НТУУ «КПІ», ПАО «Випол», 2013 – 896 с.
3. Сплавы на основе железа: учебник для студентов высших учебных заведений: в 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. 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. Чугун: Справочн. Изд. / Под ред. А. Д. Шермана и А. Л. Жуков, - М.: Металлургия, 1991, - 576 с.
7. 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.

8. Цветное литье. Справочник. / Н. М. Голдин, Д. Ф. Чернега, Д. Ф. Иванчук и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.

#### *До підрозділу «Устаткування 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. Сабірзянов Т. Г. Печі ливарних цехів: [Навчальний посібник для студентів-ливарників вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації] / Т. Г. Сабірзянов. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 280 с.
4. Сумцов В. П. Устаткування ливарних цехів, - К.: ІОДО: 1993. – 552 с.

## **Розділ 2 МЕТАЛУРГІЯ ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЕЦІАЛЬНИХ СПЛАВІВ**

### **2.1 Металургія чавуну**

Загальна характеристика доменного виробництва. Схема доменного виробництва та доменного процесу.

Підготовка сирих матеріалів до плавлення. Класифікація залізрудних матеріалів. Флюси. Паливо доменної плавки.

Процеси відновлення в доменній печі. Схема відновлення заліза з оксидів в доменній печі.

Плавлення чавуну в доменній печі. Навуглецювання рідкого чавуну. Перехід в чавун інших домішок: марганцю, фосфору, кремнію, сірки.

Горіння вуглецю в окислювальних зонах фурменних вогнищ. Зміна температур шихти і газу по висоті печі.

### **2.2 Металургія сталі**

Технологічна схема виробництва сталі. Технологія конвертерної плавки.

Різновиди і варіанти конверторних процесів повітряного дуття. Будова і схема роботи конвертерів.

Основні особливості і різновиди мартенівського процесу. Конструкція і робота мартенівської печі.

Суть та методи розкислення та легування сталі. Способи розкислення сталі, їхня характеристика, використовувані матеріали.

Обладнання та технологія розливки сталі в зливки. Устаткування для розливання сталі в злитки. Кристалізація сталевих злитків, особливості будови злитка спокійної, киплячої й напівспокійної сталі.

Суть безперервної розливки сталі, типи та обладнання машин безперервного лиття заготовки (МБЛЗ), технологія розливки.

### **2.3 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. Металургія нікелю.

Металургія алюмінію. Мінерали та руди алюмінію. Технологія отримання алюмінію електролізом.

Металургія титану. Властивості титану та його сплавів. Галузі застосування.

Металургія вторинних кольорових металів. Сировина для виробництва вторинних кольорових металів та її первинна переробка. Виробництво вторинних міді, алюмінію та сплавів на їх основі.

## 2.4 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. Воскобойников и др. Общая металлургия. М: Металлургия, 2004. – 551 с.
4. 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.

### *Література до підрозділу «Металургія кольорових металів»*

1. Верховлюк А. М., Нарівський А. В., Могилащенко 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.

## Розділ 3 МЕТАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ

### 3.1 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. Поліморфізм металів.

Анізотропія властивостей металів. Точкові дефекти кристалічної будови. Поверхневі й об'ємні дефекти кристалічної будови.

### 3.2 Кристалізація металів. Фази в металевих сплавах

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

Критичний розмір зародка. Роль переохолодження. Модифікування та його роль у формуванні структури металів.

Ріст кристалів. Форма кристалів. Дендритна кристалізація.

Будова металевих зливків і виливок. Вплив умов кристалізації. Усадочні явища. Ліквіація в металах.

Фазові та структурні складові сплавів. Хімічні сполуки в металевих сплавах.

Тверді розчини, їх типи та загальні властивості. Розчини заміщення, проникнення та вилучення.

Евтектоїдне перетворення. Будова перліту. Термокінетичні діаграми в сталях, титані і інших сплавах

### 3.3 Основи термічної обробки. Хіміко-термічна обробка

Зміна структури і властивостей при гартуванні. Критична швидкість охолодження.

Гартування на мартенсит. Мікроструктура мартенситу. Зміцнення та зміна пластичності при гартування на мартенсит.

Відпуск. Зміна мікроструктури та фазового складу при відпуску сталей.

Старіння. Структурні зміни при старінні. Вплив температури та тривалості старіння на механічні і фізичні властивості сплавів.

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

Гомогенізаційне відпалювання. Відпалювання для зменшення напружень.

Елементарні процеси при хіміко-термічній обробці, утворення активних атомів дифундуючого елементу, адсорбція, дифузія. Насичуючі середовища. Структура дифузійних шарів.

Азотування, цементация, нітроцементация, хромування, борування.

Принципи вибору термічної обробки після хіміко-термічної обробки.

### 3.4 Структура та властивості металів та сплавів

Макроструктура. Виготовлення та аналіз темплетів.

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

Механічні властивості та випробування матеріалів.

Пластична деформація. Діаграми розтягування. Границя пружності і плинності. Залежність механічних властивостей від складу та структури металів і сплавів. Вплив розміру зерна на механічні властивості.

Крихке та в'язке руйнування. Зародження тріщин. Критерії тріщиностійкості. Крихке руйнування при низьких температурах. Холодноламкість металів з ОЦК граткою.

Витривалість (втомна міцність) металів при циклічних механічних впливах. 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 вдавллюванням і іншими методами. Випробування металів на зношування.

### 3.5 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. Афтандіянц Є. Г. Матеріалознавство / Є. Г. Афтандіянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. – Херсон : Олді-плюс, 2012. – 612 с.
4. Бялік О. М., Кондратюк С. Є., Кіндрачук М. В., Черненко В. С. Структурний аналіз металів. Металографія, фрактографія. – К.: Політехніка, 2006. – 328 с.
5. Кондратюк С. Є., Кіндрачук М. В., Степаненко В. О., Москаленко Ю. Н. Металознавство та термічна обробка металів. – К.: «Вікторія», 2000. – 372 с.
6. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н. Металознавство. – К.: Політехніка, 2001. – 375 с.

