



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Сучасні методи позапічної обробки сплавів

Шифр та назва спеціальності

G10 – Металургія

Інститут

ННІ Механічної інженерії та транспорту

Спеціалізація

–

Кафедра

Ливарне виробництво (142)

Освітня програма

Металургійні процеси та системи

Тип дисципліни

Вибіркова

Рівень освіти

Другий (магістерський)

Форма навчання

Денна

Семестр

2

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Пензєв Павло Сергійович

pavel.penzev@khpi.edu.ua

Старший викладач кафедри ливарного виробництва НТУ «ХПІ»

Досвід роботи – 7 років. Автор понад 20 наукових та навчально-методичних праць. Курси: «Автоматизація ливарного виробництва», «Системи CAD/CAM/CAE в ливарному виробництві», «Засоби автоматизації в ливарному виробництві».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна "Сучасні методи позапічної обробки сплавів" охоплює сучасні технології та інноваційні підходи до підвищення якості металів і сплавів за рахунок їхньої позапічної обробки. Студенти вивчають хімічні, фізичні та термодинамічні процеси, що відбуваються під час обробки, а також особливості застосування різних методів позапічної обробки в промисловості. Курс орієнтований на формування знань про підвищення чистоти металів, поліпшення їхніх властивостей і зниження витрат на виробництво.

Мета та цілі дисципліни

Надати студентам теоретичні знання та практичні навички, пов'язані із сучасними підходами до позапічної обробки металів і сплавів, що дозволяють підвищувати їхню якість.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Індивідуальне розрахункове завдання. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК3. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)...

ЗК5. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

ЗК7. Прагнення до збереження навколишнього середовища

СК3. Здатність забезпечувати якість в металургії

СК4.Здатність аналізувати і вдосконалювати технологічні процеси в металургії

СК5. Здатність науково обґрунтовувати вибір матеріалів, основного та допоміжного обладнання для реалізації металургійних технологій.

СК11. Здатність проводити пошук та аналіз науково-технічної інформації за фахом, вивчення, вітчизняного й закордонного досвіду, структурувати та використовувати в дослідницькій діяльності.

Результати навчання

РН1. Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.

РН2. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її, обирати оптимальні методи та здійснювати статистичний аналіз даних..

РН4. Вільно спілкуватися державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері металургії та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проєктів.

РН7. Аналізувати енергетичну ефективність технологічних процесів та обладнання, відповідно до спеціалізації, та розробляти заходи з енергозбереження.

РН15. Розуміння фізико-хімічних основ легування, мікролегування, модифікування та рафінування, впливу хімічного складу на структуроутворення і експлуатаційні властивості чорних і кольорових металів і сплавів.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних Дисциплін: «Печі ливарних цехів», «Обладнання ливарного виробництва», «Сплави кольорових металів», «Сплави чорних металів», «Теорія металургійних процесів», «Аналіз і синтез ливарних систем», «Моделювання та оптимізація металургійних процесів та оснащення», «Ресурсозберігаючі технології та плавка сплавів зі спеціальними властивостями».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовується проєктний підхід до навчання, гейміфікація, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Вступ Вступ до дисципліни. Основи позапічної обробки металів.	2
Тема 2. Вакуумна обробка: принципи, обладнання, переваги. Етапи вакуумної позапічної обробки.	4
Тема 3. Перемішування металу в ковші. Газліфтне перемішування. Пульсаційне перемішування. Індукційне перемішування	4
Тема 4. Рафінування сталі рідкими шлаками в ковші. Теоретичні передумови. Типи рафінуючих шлаків. Виплавлення синтетичних шлаків. Технологія рафінування сталі в ковші рідким синтетичним шлаком.	4
Тема 5. Обробка сталі нейтральними та активними газами. Гази, які використовуються для обробки сталі в ковшах. Обладнання для подачі газів у метал.	4
Тема 6. Регулювання температури металу. Рафінування сталі при продувці в ковші нейтральним газом.	4
Тема 7. Обробка сталі порошковими реагентами. Забезпечення продувки та рафінування металу порошковими матеріалами.	2
Тема 8. Введення шлакових сумішей з обмеженою куско-ватістю.	2
Тема 9. Вакуумування сталі. Устаткування для утворення вакууму. Теоретичні передумови.	2
Тема 10. Способи вакуумної обробки сталі. Вакуумування сталі в вакуумному ковші. Вакуумування сталі в ковші з додатковим підігрівом.	4
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Практичні роботи в рамках дисципліни не передбачені.

Лабораторні заняття

Теми лабораторних занять

Теми лабораторних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти а
Тема 1. Перемішування металу в ковші. Основні етапи, принципи та технології перемішуванні металу в ковші.	4	1
Тема 2. Рафінування сталі рідкими шлаками в ковші. Основні технології рафінування сталі рідкими шлаками. Технологія рафінування сталі в ковші рідким синтетичним шлаком.	4	1
Тема 3. Обробка сталі нейтральними та активними газами. Різні стадії та ключові технологічні процеси обробки металів активними газами.	2	1
Тема 4. Регулювання температури металу. Основні етапи регулювання температури металів.	4	1

Тема 5. Способи вакуумної обробки сталі.	2	1
Етапи вакуумування сталі в вакуумному ковші. Основні етапи вакуумування сталі в ковші з додатковим підігрівом.		
Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n a_i = 5$
Контрольні роботи		
Контрольні роботи з сучасних методів позапічної обробки сплавів		Вагові коефіцієнти b
		1
1. Які основні завдання вирішує позапічна обробка металів і сплавів? 2. У чому полягають переваги позапічної обробки порівняно з традиційною металургійною? 3. Класифікація методів позапічної обробки сплавів. 4. Які методи десульфурзації сталі використовуються у позапічних процесах? 5. Призначення та принцип роботи ковшових установок для обробки сталі. 6. Суть процесу рафінування сталі у ковші. 7. Які гази використовуються для продувки розплаву і з якою метою? 8. Роль аргону у процесах позапічної обробки сплавів. 9. Що таке вакуумна дегазація сталі та її технологічні схеми? 10. Як впливає вакуумування на вміст газів у металі? 11. Особливості застосування технології RH (Ruhrstahl-Heraeus) для позапічної обробки. 12. Суть процесу продувки розплаву інертними газами. 13. Методи легування сталі у ковші. 14. Які особливості введення феросплавів при позапічній обробці? 15. Роль синтетичних шлаків у ковшовій металургії. 16. Призначення кальцію при обробці сталі та його вплив на неметалеві включення. 17. Поняття про модифікування неметалевих включень. 18. Що таке ковш-піч (LF – ladle furnace) і які її функції? 19. Особливості використання електродугових печей у позапічній обробці. 20. Які процеси відбуваються при позапічному нагріванні металу? 21. Призначення установки «ковш-піч-ковш» (LF-VD) у виробництві сталі. 22. Методи контролю хімічного складу при позапічній обробці. 23. Як забезпечується однорідність розплаву під час обробки в ковші? 24. Основні відмінності позапічної обробки сталі та чавуну. 25. Технологічні прийоми зниження вмісту сірки в металі. 26. Що таке «металургія ковша» і чим вона відрізняється від «металургії печі»? 27. Які системи автоматизації застосовуються у позапічній обробці? 28. Вплив позапічної обробки на якість сталі та її механічні властивості. 29. Сучасні тенденції розвитку позапічних процесів у металургії. 30. Які екологічні аспекти пов'язані з позапічною обробкою сплавів?		
Тема. Основи позапічної обробки.		1
1. Які основні вимоги до ковшової футеровки при позапічній обробці? 2. Види продувних пристроїв у ковші та їх конструктивні особливості. 3. Вплив режимів продувки на якість сталі. 4. Методи зниження вмісту водню в металі. 5. Як здійснюється керування температурою сталі у ковші? 6. Які шлакоутворюючі матеріали застосовуються у ковшовій металургії? 7. Особливості застосування вапна у процесах десульфурзації. 8. Роль алюмінію у процесах рафінування та розкислення.		

9. Що таке вторинна металургія і як вона пов'язана з позапічною обробкою?
10. Вплив розкислення на структуру сталі.
11. Види неметалевих включень та методи їх зменшення.
12. Як позапічна обробка впливає на макроструктуру зливка?
13. Методи введення легуючих елементів при вакуумній обробці.
14. Переваги й недоліки різних схем вакуумування сталі.
15. Роль електромагнітного перемішування у позапічних процесах.
16. Особливості застосування порошкових дротів при модифікуванні сталі.
17. Які види покриттів застосовуються для захисту металу від окислення у ковші?
18. Технологія виробництва низьковуглецевої сталі із застосуванням позапічної обробки.
19. Методи підвищення чистоти сталі за киснем.
20. Призначення комбінованої обробки сталі в ковші (вакуум + продувка газом).
21. Як здійснюється контроль і регулювання вмісту азоту у сталі?
22. Чим відрізняється обробка сталі в установці VD від RH?
23. Методи підвищення стійкості ковшів при багатократному використанні.
24. Вплив кальцію на обробку високоміцних сталей.
25. Роль титану у процесі позапічного легування.
26. Особливості позапічної обробки при виробництві підшипникових сталей.
27. Як сучасні методи автоматизації впливають на ефективність процесів позапічної обробки?
28. Порівняльна характеристика позапічних процесів в чорній та кольоровій металургії.
29. Перспективи використання плазмових технологій у позапічній обробці.
30. Вплив позапічної обробки на зниження браку при виробництві прокату.

Загалом

$$\sum_{i=1}^n b_i = 2$$

Самостійна робота

Програмою курсу передбачено самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях. В рамках курсу студентам також рекомендуються додаткові матеріали для самостійного вивчення та аналізу.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

Кількість годин

Тема 1. Завдання та роль позапічної обробки сплавів.

2

Вивчення причин застосування сучасних технологій для підвищення якості металу.

Тема 2. Класифікація методів позапічної обробки.

4

Аналіз різновидів процесів (дегазація, десульфуріяція, легування тощо).

Тема 3. Вакуумна обробка сталі.

4

Дослідження методів дегазації та їх впливу на вміст газів у металі.

Тема 4. Обробка сталі інертними газами.

2

Вивчення механізмів продувки та перемішування розплаву.

Тема 5. Використання ковш-печей (LF).

4

Розгляд функцій та технологічних можливостей установок типу "ladle furnace".

Тема 6. Роль синтетичних шлаків.

4



Дослідження впливу шлакових сумішей на рафінування та очищення металу.	
Тема 7. Модифікування неметалевих включень. Аналіз методів зміни форми і складу включень для покращення властивостей сталі.	2
Тема 8. Введення легуючих елементів у ковші. Вивчення технології легування та її впливу на якість сплавів.	4
Тема 9. Застосування кальцію у позапічній металургії. Дослідження його ролі у модифікації неметалевих включень.	4
Тема 10. Автоматизація процесів позапічної обробки. Ознайомлення з сучасними системами керування і контролю якості.	2
Тема 11. Екологічні аспекти позапічної обробки. Вивчення впливу процесів вторинної металургії на довкілля.	2
Тема 12. Перспективні напрямки розвитку позапічної металургії. Аналіз нових технологій (плазмові, комбіновані, енергозберігаючі).	2
Загальна кількість годин	36

Тематика індивідуальних завдань

Виконання розрахункового завдання передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання з наведенням різних методів одержання металів та сплавів відповідно до мети навчальної дисципліни. Здобувач обирає конкретну тему в межах загальної тематики за погодженням з викладачем. Обсяг звіту: 8–12 сторінок основного тексту. Звіт має бути оформлений відповідно до вимог, наведених у літературному джерелі [3]. Завдання виконується протягом навчальних тижнів і подається на перевірку до заліку.

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Екологічні проблеми та шляхи мінімізації викидів при позапічній обробці – аналіз впливу на довкілля.	
Тема 2. Порівняння методів десульфурзації сталі - огляд ефективності різних технологій у зниженні вмісту сірки.	
Тема 3. Використання аргону в позапічних процесах - роль газу у рафінуванні та перемішуванні розплаву.	
Тема 4. Модифікування неметалевих включень кальцієм - вплив на якість та пластичність сталі.	
Тема 5. Роль синтетичних шлаків у позапічній обробці - дослідження їх складу та впливу на очищення металу.	
Тема 6. Автоматизація контролю складу сплавів при позапічній обробці - сучасні методи моніторингу та регулювання.	
Загальна кількість годин	36

Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни.

Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Ворон М.М. Залежність структури ливарних сплавів системи Al-Ni-La від їх хімічного складу // Металознавство та обробка металів. – 2021. – №4 (100). – С. 45- 51. 5.
2. Ворон М.М. Вплив магнію на високотемпературну структурно-фазову стабільність сплавів системи Al-Ni-La // Металознавство та обробка металів. – 2021. – №2 (98). – С. 38-46.
3. Білонік Д.І. Структура і властивості зливків, отриманих з відходів листової обрізи титану BT1-0 електрошлаковим переплавом у відкритому кристалізаторі / Д.І.Білонік, О.Є. Капустян, І.А. Овчинникова, І.М. Білонік, Г.М. Лаптева // Сучасна електromеталургія. – 2023. – №1. – С.25-32.
4. Патент 150121 Україна. МПК: B22C 7/02, B22C 9/04. Спосіб лиття металу за адитивно виготовленими моделями, що газифікуються у вакуумованих формах з сипкого піску, з окисненням продуктів газифікації / О.Й. Шинський, В.С. Дорошенко. Опубл. 05.01.2022, Бюл. № 1.
5. Дорошенко В.С. Нейтралізація газів при литті металу за моделями, що газифікуються, та передумови застосування для цього 3D-друкованих моделей. Процеси лиття. 2021. № 3, С. 32-43. <https://doi.org/10.15407/plit2021.03.032>.
6. Євтушенко С. Д. Методика вибору технології виготовлення виливків / С. Д. Євтушенко, О. І. Пономаренко, Н. С. Євтушенко // IX міжнародна науково-технічна ЛІТВО.МЕТАЛУРГІЯ. 2024 95 конференція «Перспективні технології, матеріали й обладнання в ливарному виробництві» / ред. В. А. Корсун. [Електронний ресурс]. (25-27 вересня 2023 р., м. Краматорськ)– Краматорськ : ДДМА, 2023. – С. 49-51.
7. Пономаренко О. І., Євтушенко Н. С. Системна оптимізація процесів у ливарному виробництві. /Перспективні технології, матеріали й обладнання в ливарному виробництві : матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції, 21–24 вересня 2021 р. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 96-97 с.

Додаткова література

1. Шаповалов В. О., Біктагіров Ф. К., Могилатенко В. Г. (ред. І. В. Кривцун). Позапічне оброблення сталі: способи, процеси, технології : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / за ред. акад. І. В. Кривцуна. — Київ : Хімджест, 2023. — 360 с.
2. Локтіонов-Ремізовський В. А., Шипіцин С. Я., Новицький В. Г., Кир'якова Н. В. Ефективність впливу легування міддю на зношування заевтектоїдних сталей // Металознавство та обробка металів, 2022, №4, С. 33 -38.
3. О.В. Ноговіцин. Структура і властивості литої стрічки зі сплаву Д16 в технологічному ланцюжку ""валкова розливка-гаряча прокатка-термічна обробка"/О.В. Ноговіцин, А.С. Нурадинов, А.Г. Пригунова, В.З. Куцова, Т.А. Аюпова, І.А. Нурадинов//Металознавство і обробка металів 2020 №26(94). С. 49-59.

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо відповідно до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль
(практичні роботи), k_1

Контрольні роботи
(за наявності), k_2

Індивідуальне
завдання
(за наявності), k_3

Підсумковий контроль
(для ОК з заліком), k_4

0,2

0,4

0,3

0,1

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = \Pi \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + \Pi_k \cdot k_4,$$

де: Π – середньозважена середня оцінка за поточний контроль,

I – оцінка за виконання індивідуального завдання,

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи,

Π_k – оцінка за підсумковий контроль.

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \dots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

де: a_i – ваговий коефіцієнт за практичне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1}{\sum_{i=1}^2 b_i},$$

де: b_i – ваговий коефіцієнт за контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (Π , K , I , ...))

виставляються за 100-бальною шкалою згідно з

положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої O з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності

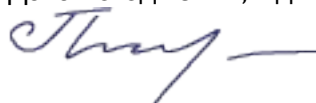
НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

30.06.2025

Дата погодження, підпис



Завідувач кафедри

Ольга Пономаренко

30.06.2025

Дата погодження, підпис

Гарант ОП

Дмитро ДЬОМІН

Handwritten signature