



МЕТАЛУРГІЯ РЕЦИКЛІНГУ ОКСИДНИХ ТА МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>136 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>За вибором (Сертифікатна програма)</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>І курс, другий семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор технічних наук, професор Юрій Костецький Лабораторні заняття: асистент Дмитро Іванченко</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Рециклінг - це переробка відновлюваних матеріалів по закінченню терміну експлуатації виробів або матеріалів, утворених в процесі виробництва, з метою їх повернення у виробництво як вторинної сировини. Рециклінг є важливою складовою циркуляційної економіки, яка розглядається як частина четвертої промислової революції. Основні принципи економіки замкнутого циклу ґрунтуються на відновленні ресурсів, переробці вторинної сировини, переході від викопного палива до використання відновлюваних джерел енергії. Індустріальне суспільство стало надзвичайно залежним від ресурсів. Вихідні матеріали для виробництва черпаються з природних ресурсів. Однак ресурси Землі не є нескінченними. Лінійна економіка споживання ресурсів поступово вичерпує свої можливості, зважаючи на зростаючий попит на матеріальні засоби та ресурси населення планети, що збільшується. Це зробило доступ до матеріалів питанням національної безпеки багатьох країн. Нові «стійкі» технології повинні бути забезпечені металами та матеріалами. Проблема сталого розвитку корениться в тому, як ми переробляємо ресурси для виробництва матеріалів та виробів з них.

Навчальний курс надає розуміння сучасного стану, завдань та проблем рециклінгу металів і показує, як переробка може бути використана для підвищення ефективності використання ресурсів. У матеріалі курсу розглянуті технології рециклінгу конкретних матеріалів, а також питання теорії процесів, що складають основу технологій металургійного рециклінгу металевих і оксидних матеріалів.

В результаті вивчення дисципліни студенти зможуть удосконалити вміння використовувати теоретичні знання для вибору процесу та його технологічних параметрів, щоб забезпечити задані

показники якості продукції та визначені параметри технологічно процесу під час його практичної реалізації; підсилити навички вміння поєднувати теорію і практику для вирішення конкретної фахової задачі.

Навчальна дисципліна «Металургія рециклінгу оксидних та металевих матеріалів» є дисципліною за вибором (Сертифікатна програма). Вона, у сукупності з дисциплінами «Технологічні особливості процесів спеціальної металургії» та «Теорія рафінування металів і сплавів», закликає сформувати фаховий базис зі спеціальної металургії фахівця за спеціальністю «Металургія».

Метою вивчення дисципліни є одержання знань щодо новітніх технологій і концепцій рециклінгу металів, сплавів та оксидних матеріалів, які утворюються під час виробництва, або внаслідок вилучення з використання виробів та обладнання, із залученням металургійних процесів та зв'язку між характеристиками вихідної сировини і показниками відповідних технологічних процесів.

Предмет дисципліни: металургійні процеси, технології та технологічні схеми рециклінгу металевих і оксидних відходів та основне обладнання для реалізації таких технологій.

Компетентності

Здатність обирати основні і допоміжні матеріали та здійснювати керування технологічними процесами спеціальної металургії з метою отримання продукції заданої якості

Здатність обирати необхідну технологію спеціальної металургії та її параметри з метою отримання металургійної продукції з заданими споживчими властивостями

Здатність проводити експериментальні дослідження процесів спеціальної металургії, обробляти результати досліджень та аналізувати їх

Програмні результати навчання:

Вміння здійснювати металургійні технологічні процеси, які відбуваються в агрегатах спеціальної металургії та способів керування ними;

Вміння керувати факторами, які впливають на процеси спеціальної металургії та отримання якісної продукції;

Вміння визначати хімічний склад шихтових матеріалів з метою отримання якісної металургійної продукції;

Вміння визначати дефекти і способи їх усунення;

Вміння визначати властивості новітніх конструкційних матеріалів та сучасних технологій виготовлення із них виробів;

Вміння удосконалювати та оптимізувати технологічні процеси з метою покращення їх техніко-економічних показників;

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни базується на знанні основних законів хімії, фізичної хімії, фізики, основних положень технології виробництва металів і сплавів, умінні використання відповідних методів математичної фізики та обчислювальної техніки для розв'язання теоретичних завдань з опису поведінки металургійних систем і процесів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни охоплює комплекс питань з технологій рециклінгу металів і оксидних матеріалів, що реалізуються на базі металургійних процесів. Зокрема розглядаються сучасні методи теоретичного опису фізико-хімічних процесів і явищ, які мають місце під час відновного процесу, переплаву та рафінування металевих розплавів, питання термодинаміки та

кінетики процесів рафінування від небажаних домішок, закономірності поведінки окремих компонентів під час рафінування металевих розплавів різними методами. Розглядаються концепції і технології рециклінгу відходів основних типів металів і сплавів, різних типів вторинної сировини на базі металургійних технологій з отриманням металів і сплавів. Зокрема, сталевого брухту, відходів металургійного виробництва, вторинних матеріалів, що містять мідь, титан, нікель, ванадій, хром.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Гришин О.М. Фізико-хімія рафінування металів: Навчальний посібник / Дніпро: НМетАУ, 2016. – 129 с.
2. Фізикохімія металургійних систем і процесів: Підручник/ В.Я.Шурхал, В.К.Ларін, Д.Ф.Чернега та ін. – К.: Вища школа, 2000. – 407с.: іл.
3. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.; За ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – К.: Вища шк., 2006.-503с.

Допоміжна література

1. Handbook of Recycling: State-of-the-art for Practitioners, Analysts, and Scientists / Edited by Ch. Meskers, E. Worrell, M. A. Reuter. – 2nd Edition, Elsevier, 2014. – 756 p.
2. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве / Под ред. С.В. Ладохина. – К.: Изд-во «Сталь», 2007. – 626 с.
3. Электронно-лучевая плавка титана / Б. Е. Патон, Н.П. Тригуб, С.В. Ахонин, Г.В. Жук. – Киев: Наук. думка, 2006. – 248 с.
4. Fundamentals of Metallurgy: Editor Seshadri Seetharaman. – Woodhead Publishing, 2005. – 574 p. ISBN 9781855739277 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855739277500170>)
5. Stolte G. Secondary Metallurgy (Fundamentals, Processes, Applications). – Verlag Stahleisen GmbH, Dusseldorf, 2002. – 216 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Теоретичний матеріал курсу викладається на лекціях. Файли, що містять навчальні матеріали до теми лекції та рекомендації до його вивчення, надаються слухачам після кожного заняття через сервіс Classroom.

Тематика лекційних занять

1. Рециклінг як шлях раціонального використання ресурсів. Основні положення (2 години)
2. Методи теоретичного опису поведінки металургійних систем (2 години)
3. Опис розподілу домішок між фазами в системі «метал-шлак-газ» (2 години)
4. Термодинамічні основи процесів окиснення-відновлення сполук (2 години)
5. Огляд концепції та технологій рециклінгу металів (2 години)
6. Рециклінг відходів сталі (4 години)
7. Електрошлаковий переплав як метод рециклінгу металів і сплавів (2 години)
8. Рециклінг міді та мідних сплавів (2 години)
9. Рециклінг алюмінію з брухту та вторинних матеріалів (4 години)

10. Рециклінг титану та титанових сплавів (4 години)
11. Рециклінг спеціальних металів і сплавів (2 години)
12. Отримання феросплавів з вторинних матеріалів (4 години)
13. Відновлення металів з вторинної сировини (4 години)

Лабораторні заняття присвячені експериментальному дослідженню особливостей процесів, що складають основу технологій рециклінгу. Під час лабораторних робіт проводять розрахунки і практичні роботи із залученням відповідного лабораторного обладнання. Для візуалізації результатів передбачається використання комп'ютера, зокрема програми MS Excel.

Тематика лабораторних занять

1. Дослідження вуглетермічного відновлення оксидів металів (4 години)
2. Алюмотермічне отримання феросплавів (4 години)
3. Електротермічне отримання феросплаву з оксидної сировини (4 години)
4. Рециклінг відходів сталі електрошлаковим переплавом (4 години)
5. Електрошлаковий переплав відходів кольорових металів (2 години)

6. Самостійна робота

Самостійна робота студента (загальна тривалість 80 година) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з положеннями теорії і технології процесів рециклінгу – у розрахунку 1,5 години на 1 годину лекційного заняття = 54 години;
- підготовці до виконання лабораторних робіт, – у розрахунку 0,5 години на 1 годину самостійна робота з підготовки до лабораторних занять = 9 годин;
- підготовці до МКР та підсумкової атестації – заліку (3 години).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекційних занять є вільним. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається навчальний матеріал, необхідний для поглиблення знань та виконання завдань під час практичних занять.

За відвідування лабораторних занять студенти не отримують бали. Рейтинг студента формує активна участь у виконанні лабораторних робіт, підготовленість до них, а також виконання завдань протягом заняття.

Пропуск лабораторного заняття не дає можливості студенту отримати бали у семестровий рейтинг. Проте студент має право відпрацювати пропущені з поважної причини (лікарняний, офіційний дозвіл деканату) заняття за рахунок самостійної роботи.

Допуск до виконання лабораторних робіт здійснюється коротким опитуванням за матеріалом роботи.

Захист лабораторних робіт здійснюється на наступному занятті.

Політика дедлайнів та перескладань: захист лабораторних робіт – в процесі виконання наступної роботи, або на консультаціях; МКР переписують на консультаціях; залік, як форма підсумкового контролю відбувається на останньому практичному занятті; перескладання заліку здійснюється у додаткову сесію відповідно до графіку перескладань.

Політика щодо академічної доброчесності згідно:

- Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>);
- Положення про систему запобігання академічному плагіату (https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologen_pro_plagiat.pdf).

інші вимоги: Правила внутрішнього розпорядку в студентських гуртожитках НТУУ "КПІ" (<https://kpi.ua/admin-rule-hostel>) та нормативні документи Університету (<https://kpi.ua/web-document>): виконання вимог техніки безпеки під час виконання лабораторних робіт; дотримання правил внутрішнього розпорядку.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи	
	кредити	академічних годин	Лекції	Лабораторні заняття	СРС	МКР	Семестрова атестація
1	5	150	36	18	96	1	екзамен

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу у формі контрольних робіт.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів та виконані обидві контрольні роботи з оцінкою не менше 14 балів кожна.

Рейтинг з дисципліни складається з балів, які студент отримує за:

- виконання завдань на лабораторних заняттях;
- виконання двох контрольних робіт на базі 1 модульної контрольної роботи;

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Лабораторні заняття

Ваговий бал – 6. Максимальна кількість балів за всі заняття складає $6 \cdot 9 = 54$ бали.

Критерії оцінювання:

6 балів нараховується за повне і правильне виконання роботи.

3 бали за неправильно оформлену роботу, або виконання розрахунків з несуттєвими помилками.

0 балів за невиконання або загалом неправильне виконання розрахунків.

Модульний контроль

Ваговий бал – 23. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює $2 \cdot 23 = 46$. Контрольна робота складається з 3 питань, що максимально оцінюються по 7 балів для 2-х теоретичних питань і 9 балів для розрахункового.

Загалом за кожну контрольну роботу студент отримує:

«відмінно» – 23...21 балів;

«добре» – 20...17 балів;

«задовільно» – 16...14 балів;

«незадовільно» – 14 та менше балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 6 \cdot 9 + 2 \cdot 23 = 54 + 46 = 100 \text{ балів}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, доктор технічних наук, доцент, Костецький Юрій Віталійович

Ухвалено: кафедрою ливарного виробництва (протокол № 7 від 24 січня 2024 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 6/24 від 07.02.2024 р.)