



ТЕОРІЯ РАФІНУВАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G10 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Металургія (2024)</i>
Статус дисципліни	<i>За вибором</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, перший семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів ECTS, 28 годин лекцій, 28 годин практичних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: кандидат технічних наук, доцент Биба Євген Георгійович Практичні: кандидат технічних наук, доцент Биба Євген Георгійович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Nzg4MDA3MTA0NzE1?cjc=4hverv3v</i>

Програма навчальної дисципліни

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

У металургійній практиці процеси обробки-рафінування розплавів є визначальними для досягнення заданих результатів виробництва. Заходи з рафінування металевого розплаву від небажаних домішок, розчинених газів та неметалевих включень є ключовою складовою будь-якої металургійної технології з виробництва металів і сплавів. Задовольнити вимогам і провести процеси рафінування ефективно можливо, тільки за умови розуміння особливостей поведінки компонентів за різних умов під час плавки. Ці закономірності допомагає розкрити теорія металургійних процесів, яка на основі положень фізичної хімії та термодинаміки дозволяє аналізувати найважливіші реакції та фазові переходи, що відбуваються під час плавки. Уміння визначати параметри процесів шляхом теоретичних розрахунків на підставі розуміння явищ, що складають сутність процесів рафінування, дає можливість вправно здійснювати та теоретично обґрунтовувати положення технології.

Навчальна дисципліна «Теорія рафінування металів і сплавів» відноситься до дисциплін за вибором. У сукупності з дисципліною «Технологічні особливості процесів спеціальної металургії», вона закликана сформувати фаховий базис знань зі спеціальної металургії та підсилити фахову підготовку за спеціальністю «Металургія».

Набуті в процесі вивчення курсу знання і вміння використовуються під час завдань наукової складової освітньої програми.

Метою вивчення дисципліни є поглиблення знань щодо сучасних уявлень і методів теоретичного опису процесів рафінування металів і сплавів, закономірностей та механізмів їх перебігу, закономірностей поведінки окремих компонентів під час рафінування металів і сплавів різними методами.

Предмет дисципліни: теоретичні закономірності та механізми процесів, що відбуваються під час процесів плавки та рафінування металів і сплавів.

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 використовувати відповідні методи фізично-хімії 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 теоретичних основ технологій рафінування металів і сплавів, що реалізуються під час виплавки, позапічної обробки та в переплавних процесах. Зокрема розглядаються сучасні методи теоретичного опису фізико-хімічних процесів і явищ, які мають місце під час рафінування металевих розплавів, питання термодинаміки та кінетики процесів рафінування від небажаних домішок, розчинених газів та неметалевих включень, закономірності поведінки окремих компонентів в системі метал-шлак-газ під час рафінування металів і сплавів різними методами, вплив фізико-хімічних параметрів системи на перебіг процесів рафінування, методики розрахунку основних технологічних параметрів процесів рафінування.

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ.1. Теоретичний опис поведінки металургійних систем.

Розділ 2. Термодинамічні закономірності процесів рафінування металевих систем.

Розділ 3. Теоретичні основи рафінування металевих систем.

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. Зборщик О.М. Фізико-хімічні процеси позаагрегатного рафінування металу: Навчальний посібник – Донецьк: ДонНТУ, 2001. – 154 с.

4. 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. Ghosh A. Secondary Steelmaking: Principles and Applications. – CRC Press LLC - 2001 г. - 308 с.- ISBN 0-8493-0264-1
2. Смирнов А.Н., Зборщик А.М. Внепечное рафинирование чугуна и стали: Учебное пособие. – Донецк: ГБУЗ «ДонНТУ», 2012. – 186 с.
3. Fundamentals of Metallurgy: Editor Seshadri Seetharaman. – Woodhead Publishing, 2005. – 574 p. ISBN 9781855739277
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855739277500170>)
4. Stolte G. Secondary Metallurgy (Fundamentals, Processes, Applications). – Verlag Stahleisen GmbH, Dusseldorf, 2002. – 216 p.
5. Производство стали на агрегате ковш-печь / Дюдкин Д.А., Бать С.Ю., Гринберг С.Е, Маринцев С.Н. Под науч. ред. докт. техн. наук, проф. Дюдкина Д.А. – Донецк: ОАО «Юго-Восток, Лтд», 2003. – 300 с.
6. Современное состояние и тенденции развития ковшовой металлургии / Р.Фандрих, Б.Кляйт, Х.Либиг, Т.Пипер, Ф.Трепшу, В.Урбан//Черные металлы. – 12. – 2011. – С.40-48.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опанування навчальної дисципліни здійснюється з використанням елементів змішаного навчання, що поєднує традиційні та цифрові підходи до організації освітнього процесу. Для забезпечення ефективної взаємодії між викладачем і здобувачами освіти застосовуються електронна пошта, месенджери (Viber, WhatsApp) та забезпечено відкритий доступ до навчального курсу на платформі Google Classroom, де регулярно публікуються навчальні матеріали, інструкції до виконання завдань, презентації та додаткові інформаційні ресурси.. Такий підхід сприяє підвищенню доступності навчальної інформації, оперативному зворотному зв'язку та формуванню відповідальності здобувачів за власне навчання.

Зміст лекційних занять

- Заняття 1. Загальна характеристика процесів рафінування металів і сплавів [1,2,3,4] .
- Заняття 2-3. Методи теоретичного опису поведінки металургійних систем [1,2,3,4] .
- Заняття 4. Опис розподілу домішок між фазами в системі «метал-шлак-газ» [1,2,3,4] Тематична контрольна робота.
- Заняття 5-6. Термодинамічні закономірності окисно-відновного рафінування [1,2,3,4] .
- Заняття 7-8. Кінетичні закономірності процесів рафінування металевих розплавів [1,2,3,4] .
- Заняття 9-10. Особливості рафінування високолегованих сталей і сплавів [1,2,3,4] .
- Заняття 11. Теоретичні основи рафінування металів від розчинених газів. Рафінування в вакуумі. [1,2,3,4] .
- Заняття 12. Рафінування металевих розплавів від неметалевих включень [1,2,3,4] .
- Заняття 13. Особливості рафінування металів при переплавних процесах [1,2,3,4] . Тематична контрольна робота.
- Заняття 14. Основи ліквідаційних і кристалізаційних методів рафінування [1,2,3,4] .

Практичні заняття присвячені теоретичним розрахункам поведінки металургійних процесів і систем під час рафінування. Під час практичних занять на конкретних прикладах розглядаються методики розв'язання практичних задач та обговорюються особливості практичного застосування розглянутих на лекціях теоретичних положень. Для розв'язання задач і візуалізації даних розрахунку передбачається використання комп'ютера, зокрема програми MS Excel.

Тематика практичних занять

- Практична робота №1 Вступне заняття. Правила техніки безпеки при роботі з лабораторним обладнанням (2 години).
- Практична робота №2 Розрахунки процесу десульфурації сталі шлаком (2 години).
- Практична робота №3 Вплив окиснення системи на ступінь рафінування сталі шлаком (2 години).

Практична робота №4 Кінетичні закономірності процесу рафінування рідкого металу шлаком (2 години).

Практична робота №5 Окиснювальна дефосфорація під час виплавки сталі (4 години).

Практична робота №6 Розрахунки розподілу хрому і мангану між металом і шлаком в різних умовах плавки (2 години).

Практична робота №6 Розрахунок розподілу домішки між металом і шлаком з використанням теорії, яка розглядає шлак як фазу з колективізованими електронами (4 години).

Практична робота №7 Розрахунки процесів видалення розчинених газів з металевого розплаву (2 години).

Практична робота №8 Розрахунки утворення та дисоціації неметалевих включень під час плавки (4 години).

Практична робота №9 Видалення неметалевих включень з рідкого металу (4 години).

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів здійснюється протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки.

Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.

Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт.

Таблиця 1. – Розподіл годин між аудиторною і самостійною роботою

Назви змістовних модулів	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції	Практичні	СРС
Розділ.1. Теоретичний опис поведінки металургійних систем.		10	10	30
Календарний контроль 1	2	1	-	1
Розділ 2. Термодинамічні закономірності процесів рафінування металевих систем.		8	10	40
Календарний контроль 2	2	1	-	1
Розділ 3. Теоретичні основи рафінування металевих систем.		8	8	24
Іспит	30	-	-	30
ВСЬОГО	180	28	28	124

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.

Безпосередньо за відвідування практичних занять студенти не отримують бали. Рейтинг студента формує активна участь у роботі на практичних заняттях й підготовленість до них, а також виконання завдань протягом заняття.

Пропуск практичного заняття не дає можливості студенту отримати бали у семестровий рейтинг. Проте кожен студент має право відпрацювати пропущені з поважної причини (лікарняний, офіційний дозвіл деканату) заняття за рахунок самостійної роботи та під час консультацій, передбачених навчальним навантаженням викладача.

Політика дедлайнів та перескладань: захист практичних робіт – під час наступних занять, або на консультаціях; МКР переписують на консультаціях; залік, як форма підсумкового контролю відбувається на останньому практичному занятті; перескладання заліку здійснюється в 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 плагиату (https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologen_pro_plagiat.pdf); інші вимоги: 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)

Поточний контроль:

експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 14 балів.

захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 45 балів – максимум 5 балів з кожної роботи

МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді тестів на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожний тест 20 і 21 балів відповідно, всього складає 41 бали за семестр.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №2, №3, №4 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №5, №6 та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: іспит.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

Експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях не менше 5

Тематичні контрольні роботи не менше 20

Захист звітів з лабораторних не менше 35 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, студент має право здавати залікову контрольну роботу, що складається з двох завдань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічної години. У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» PCO (студент отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

«відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);

«добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);

«задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);

«незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Практичні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦКНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі ІМЗ ім. Є. О. Патона, яке

застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру дисперсних порошкових та композиційних матеріалів, а також з частковим проведенням в профільних наукових установах.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом каф. Ливарного виробництва, к.т.н., Бибою Євгеном Георгійовичем

Ухвалено кафедрою Ливарного виробництва (протокол № 12 від 11 червня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (протокол № 11/25 від 26.06.2025 р.)