



ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | Другий (магістерський) рівень |
| Галузь знань | 13 Механічна інженерія |
| Спеціальність | 136 Металургія |
| Освітня програма | Комп'ютеризовані процеси лиття |
| Статус навчальної дисципліни | За вибором (Сертифікатна програма) |
| Форма навчання | Очна(денна) |
| Рік підготовки, семестр | 1 курс, другий семестр |
| Обсяг навчальної дисципліни | 4 кредит ЕСКТС, 120 год. |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | залік/ МКР |
| Розклад занять | За розкладом (http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx) |
| Мова викладання | Українська |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.т.н., професор Могилатенко Володимир Геннадійович, vmogilatenko@gmail.com , +38(066)-717-23-26 Практичні: д.т.н., професор Могилатенко Володимир Геннадійович, vmogilatenko@gmail.com , +38(066)-717-23-26 |
| Розміщення курсу | https://foundry.kpi.ua/ |

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни «Технологічні особливості процесів спеціальної металургії» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки ОППДругого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 136 – Металургія галузі знань - 13 Механічна інженерія, кваліфікації «Магістр металургії».

Курс розраховано на вивчення технологічних особливостей процесів спеціальної металургії, застосування різних рафінувальних середовищ для одержання металів і сплавів вищої якості, визначення оптимальних умов одержання високоякісних металів і сплавів, методів пошуку оптимальних умов, методик обробки результатів експериментів.

Головними завданнями для студентів при вивченні навчальної дисципліни є засвоєння технологічних особливостей рафінувальних середовищ спеціальної металургії, визначення основних видів процесів спеціальної металургії і вибір найбільш оптимального способу одержання високоякісних металів і сплавів.

На базі отриманих знань студент зможе самостійно проводити аналіз металургійних процесів, набуде здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі спеціальної металургії, що передбачає переосмислення наявних і створення нових знань та/або професійної практики. Зможе плідно проводити науково-дослідну роботу у галузі металургії, що пов'язана з фізико-хімічними

процесами та явищами, що відбуваються при одержанні сплавів способами спеціальної металургії, формуванням заданої структури та властивостей металургійної продукції.

Предметом навчальної дисципліни є технологія процесів взаємодії в металургійних системах, рафінування, дегазації, кристалізації виливків і злитків.

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів поглиблених знань зі спеціальності.

Під час навчання здобувачі набувають наступних поглиблених знань: законів, кінетики та механізмів металургійних процесів, що відбуваються при використанні спеціальних способів одержання, рафінування, дегазації і формування структури і властивостей матеріалів різної природи та функціонального призначення; методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації; сучасних методів теоретичного дослідження властивостей матеріалів, що відповідають наступним загальним і фаховим компетенціям:

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів додаткових **компетентностей**:

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

Знання отриманні під час вивчення навчальної дисципліни навчальної дисципліни забезпечують підсилення додаткових **програмних результатів** 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 удосконалювати та оптимізувати технологічні процеси з метою покращення їх техніко-економічних показників.

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

Навчальна дисципліна «Технологічні особливості процесів спеціальної металургії». Рафінувальні середовища» відноситься до циклу навчальних дисциплін для здобуття додаткових і поглиблених знань зі спеціальності і базується на знаннях, уміннях та визначених навичках, одержаних студентами під час вивчення хімії, фізичної хімії, теоретичних основ ливарного виробництва, металознавства, технології ливарної форми, позапічного оброблення металів, виробництва виливків з чавуну і сталі та металів сплавів на основі кольорових металів.

Навчальна дисципліна спрямований на засвоєння слухачами особливостей отримання високоякісних сплавів методами спеціальної металургії забезпечує посилення професійної підготовки за освітньою програмою, дослідницький і технологічний напрямок підготовки, проходження переддипломної практики, дипломне проектування і продовження навчання на третьому рівні вищої освіти.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Рафінувальні середовища

Тема 1.1. Вступ. Шлаки (флюси) електрошлакових процесів

Лекція 1. Будова шлакових розплавів і їх властивості.

Лекція 2. Шлаки для рафінування чорних і кольорових металів і сплавів.

Тема 1.2. Вакуум і плазма

Лекція 3. Вакуум і його властивості.

Лекція 4. Процес вакуумування і основи вакуумної техніки.

Лекція 5. Рафінування у вакуумі та в інертному (плазмоутворювальному) газі.

Розділ 2. Схеми процесів спецметалургії

Тема 2.1. Електрошлаковий переплав

Лекція 6. Основні процеси електрошлакової технології.

Лекція 7. Теплові процеси при ЕШП і формування злитків.

Тема 2.2. Вакуумні та плазмові переплави

Лекція 8. Індукційна вакуумна, вакуумно-дугова і електронно-променева плавка.

Лекція 9. Плазмово-дуговий та плазмово-індукційний переплави.

Розділ 3. Особливості проведення рафінування металів і сплавів

Тема 3.1. Особливості проведення рафінування металу при ЕШП

Лекція 10. Десульфурація та видалення кисню і оксидів.

Лекція 11. Водень і азот при ЕШП.

Тема 3.2. Особливості проведення рафінування металу у ВШ і ВДП

Лекція 12. Видалення азоту, водню, сірки, кисню і випаровування домішок і компонентів сплавів у ВШ.

Лекція 13. Випаровування компонентів сплавів, видалення оксидів, кисню і азоту при ВДП.

Тема 3.3. Особливості проведення рафінування металу у ЕПП і ПДП

Лекція 14. Видалення домішок і компонентів сплавів при ЕПП і ПДП, легування металу азотом.

Практичні роботи:

Практична робота № 1. Видалення водню під час зневуглицювання металу.

Практична робота № 2. Визначення розчинності азоту у розплавах за допомогою параметрів взаємодії.

Практична робота № 3. Обчислення розчинності азоту в нержавіючій сталі за допомогою рівняння Чіпмана – Корригана.

Практична робота № 4. Рафінування сталі від неметалевих включень при краплинному перенесенні металу через шар розплавленого шлаку.

Практична робота № 5. Відновлення неметалевих включень вуглецем у вакуумі.

Практична робота № 6. Взаємодія металу із матеріалом тигля вакуумної індукційної печі.

Практична робота № 7. Мінімальна концентрація газів сталі при вакуумній плавці.

Практична робота № 8. Рафінування металу від розчинених газів при ВДП.

Практична робота № 9. Ступінь чистоти аргону при плазмовій плавці.

Практична робота № 10. Вихідний вміст летючого компонента в металі при переплаві у вакуумі.

Практична робота № 11. Видалення неметалевих включень під час переплаву у вакуумі.

Практична робота № 12. Зв'язок між глибиною рідкої ванни та швидкістю плавки при переплавних процесах.

Практична робота № 13. Зв'язок між розташуванням структурних зон у злитку, що наплавляється, і режимом переплаву.

Практична робота № 14. Допустима глибина рідкої фази в заготовці та максимально допустима швидкість розливання при безперервному розливанні металу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. М.П.Волкотруб, Д.Ф. Чернега, В.Г.Могилатенко, В.О. Шаповалов. Процеси спеціальної електрометалургії. К.: Хімджест, 2014. 282 с.
2. Готвянський Ю.Я. Фізико - хімічні та металургійні основи виробництва металів. Навчальний посібник . - К.: ІЗМН, 1996. - 392 с.

Допоміжна література:

3. Шурхал В.Я. Фізико-хімія металургійних систем і процесів / В.Я. Шурхал, В.К.Ларін, Д.Ф.Чернега // К.: Вища школа, 2000. – 407 с.
4. Шаповалов В.О. Позапічне оброблення сталі: способи, процеси, технології [Текст] : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / В. О. Шаповалов, Ф. К. Біктагіров, В. Г. Могилатенко; за ред. академіка І. В. Кривцуна. – К.: Хімджест, 2023. – 360 с.

5. Журнали:

- Процеси лиття;
- Сучасна спецелектрометалургія.
- Металознавство і обробка металів

Інформаційні ресурси

Пошук за тематикою проводити на сайті

Література є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та Методичному кабінеті кафедри ЛВ.

Додатково можна опрацьовувати літературу з інтернет джерел: <https://foundry.kpi.ua>, <https://www.twirpx.com>; <http://techlib.org/lite>; <https://www.researchgate.net>

Студенти можуть самостійно шукати матеріали за окремими питаннями курсу, що забезпечує розвиток здатності до пошукової та дослідницької діяльності, критичного аналізу інформації.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Структуру курсу наведено за посиланням: <https://foundry.kpi.ua/courses/> *** , а розподіл годин між аудиторною і самостійною роботою наведено в табл. 1

Освоєння навчальної дисципліни «Технологічні особливості процесів спеціальної металургії» будується на різнобічному підході: теоретичному (лекції і самостійна робота з літературою), і практичному (практичні роботи).

Викладання навчальної дисципліни побудовано таким чином, що наступний матеріал може бути засвоєний тільки після пророблення попереднього, у цих умовах успіх вивчення навчальної дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи студента з матеріалом лекцій і рекомендованою літературою.

Систематичному поглибленню та накопиченню нових знань та умінь сприяє і самостійна підготовка до практичних занять, що містить:

- вивчення теорії питання;
- освоєння розрахункового апарата.

Для більш ефективної комунікації викладача та студентів використовується електронна пошта, месенджер Viber, Telegram, папка зі спільним доступом на **Google-диск**, в якій розміщуються необхідні матеріали.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота 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 та освоєння необхідного розрахункового апарату.

Таблиця 1. – Розподіл годин між аудиторною і самостійною роботою

| Назви змістовних модулів | Кількість годин | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-------------|-----|
| | Всього | У тому числі | | | |
| | | Лекції | Практичні | Лабораторні | СРС |
| Розділ 1. Рафінувальні середовища | | | | | |
| Тема 1.1. Вступ. Шлаки (флюси) електрошлакових процесів | 15 | 4 | 4 | - | 7 |
| Тема 1.2. Вакуум і плазма | 16 | 5 | 4 | | 7 |

| | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Розділ 2. Технологічні схеми процесів спецметалургії | 15 | 4 | 3 | | 7 |
| Тема 2.1. Електрошлаковий переплав | | | | | |
| Календарний контроль 1 | 5 | | 1 | - | 4 |
| Тема 2.2. Вакуумні та плазмові переплави | 14 | 4 | 4 | | 7 |
| Розділ 3. Особливості проведення рафінування металів і сплавів | 15 | 4 | 4 | | 7 |
| Тема 3.1. Особливості проведення рафінування металу при ЕШП | | | | | |
| Тема 3.2. Особливості проведення рафінування металу у ВП і ВДП | 15 | 4 | 4 | | 7 |
| Календарний контроль 2 | 5 | | 1 | - | 4 |
| Тема 3.3. Особливості проведення рафінування металу у ЕПП і ПДП | 11 | 2 | 2 | | 7 |
| Залік | | | | | 9 |
| ВСЬОГО | 120 | 27 | 27 | - | 66 |

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни(освітнього компонента)

- Відвідування лекційних занять є вільним, відвідування всіх видів занять фіксується, але не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, який необхідний для поглиблення їх знань та виконання практичних робіт.
- За відвідування практичних занять студенти не отримують бали: рейтинг студента формує активна участь на практичних заняттях й підготовленість до них, а також виконання завдань протягом заняття.
- Пропуск практичного заняття не дає можливості отримати студенту бали у семестровий рейтинг, проте кожен студент має право відпрацювати пропущені лише з поважної причини (лікарняний, офіційний дозвіл деканату) заняття за рахунок самостійної роботи під час консультацій, передбачених навчальним навантаженням викладача.
- Допуск до практичних робіт здійснюється коротким опитуванням за матеріалом роботи.
- Захист практичних робіт проводиться на наступному занятті (заповненні таблиці, наведені необхідні розрахунки, побудовані графічні залежності, сформульовані висновки за результатами).
- Політика дедлайнів та перескладань: захист практичних робіт – в процесі виконання наступної роботи, або на консультаціях; залік, як форма підсумкового контролю, відбувається відповідно до розкладу залікової сесії, перескладання відповідно до графіку перескладань у додаткову сесію;
- 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 практичних робіт; дотримання правил внутрішнього розпорядку.

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

Структура навчальної дисципліни

| Семестр | Навчальний час | | Розподіл навчальних годин | | | | Контрольні заходи | |
|---------|----------------|-------------------|---------------------------|-----------|-------------|-----|-------------------|----------------------|
| | кредити | академічних годин | Лекції | Практичні | Лабораторні | СРС | МКР | Семестрова атестація |
| 1 | 4 | 120 | 27 | 27 | - | 66 | - | залік |

Поточний контроль здобувачів відбувається на 6 та 12 тижні навчання.

На перший поточний контроль за виконання всіх вимог – не менше 25 балів

На другий поточний контроль за виконання всіх вимог – не менше 52 балів

Семестровий рейтинг успішності студента, R_D , формується як сума балів, нарахована студенту за роботу протягом семестру: за виконання 14-х практичних робіт і виконання двох контрольних робіт календарного контролю.

Отже семестровий рейтинг з навчальної дисципліни R_D , розраховують за формулою:

$$R_D = \sum_{i=1}^{14} ПР + 2 \cdot КР - 1,2 \cdot k,$$

ПР – сума балів за виконання практичних робіт;

k – кількість практичних робіт, які захищені несвоєчасно; ваговий коефіцієнт дорівнює 1,2,

КР – контрольна робота календарного контролю.

Практичні роботи. Студент самостійно (в рамках СРС) готується до виконання практичних робіт. Оцінка складається з оцінювання підготовки здобувача до роботи в рамках аудиторних годин і її виконання:

- бездоганно написаний зміст роботи із усіма необхідними рисунками, таблицями, формулами для розрахунків та задовільна підготовка до її виконання, наведено розрахунки і їх проаналізовано – 4-5 балів;

- незначні невідповідності (відсутній рисунок, таблиця тощо) або неточності у відповідях або розрахунках – 3- 4 бали;

- загальна схема виконання викладена, але без будь-яких пояснень – 2-3 бали;

- протокол відсутній або задовільний протокол але студент не готовий до виконання роботи, не володіє лекційним матеріалом і не володіє розрахунковим апаратом – 0 балів.

- за несвоєчасне виконання та захист практичної роботи без поважних причин віднімається 0,5 бала за кожний тиждень.

Отже максимальний бал за практичну роботу складає 5 балів, а за виконання всіх практичних робіт 70 балів.

Контрольні роботи. Контрольна робота оцінюється 15 балами. Оцінка проводиться наступним чином:

- бездоганна відповідь на питання – 14-15 балів;

- незначні невідповідності або неточності у відповіді – 11- 14 балів;

- загальна схема відповіді викладена, але без будь-яких пояснень – 9-11 балів;

- відповідь відсутня і студент не володіє лекційним матеріалом – 0 балів.

Отже максимальний бал за контрольну роботу складає 15 балів, а за виконання двох контрольних робіт 30 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу: Сума вагових балів контрольних заходів для здобувача, який зразково виконав їх і який не має пропусків занять без поважних причин максимально складає:

$$R_D = 5 \cdot 14 + 2 \cdot 15 = 100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала, R_D , з навчальної дисципліни складає 100 балів.

Необхідною умовою одержання залікової оцінки є виконання та зарахування модульної контрольної роботи, оформлених розрахунків з лабораторних робіт і рейтинг здобувача має бути не менше 60 балів від максимального рейтингу R_D .

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку у наступному семестрі та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з навчальної дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Залікова робота складається із 1-го завдання теоретичного характеру. Максимальна кількість балів – 100.

Критерії оцінювання:

- бездоганна відповідь з поясненнями 95-100 балів;
- незначні неточності у відповіді – 85-94 балів;
- відсутність повних пояснень – 75-84 балів;
- викладена загальна схема відповіді, але з поясненнями – 65-74 бал;
- загальна схема відповіді викладена, але без будь-яких пояснень – 60-64 бал;
- відповідь відсутня або помилкова – менше 60 балів.

Після виконання контрольної роботи, якщо оцінка за контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Залежно від фактично набраного рейтингу успішність здобувача встановлюють (ECTS та традиційну) відповідно до таблиці.

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 |

9. Додаткова інформація з навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на **контрольні роботи і залік**

1. Що таке основність і окислювальна здатність шлаків?
2. Будова шлакових розплавів.
3. Зв'язок в'язкості шлаків з їх будовою.
4. Поверхневі властивості шлаків.
5. Вимоги до шлаків ЕШП. Системи шлаків.
6. Шлаки для електрошлакового виплавляння і рафінування чорних металів і сплавів.
7. Шлаки для електрошлакового виплавляння кольорових металів і сплавів.

8. Характеристика вакууму, пари і газу.
9. Наведіть основні рівняння стану газів.
10. Що таке середня довжина вільного пробігу молекул.
11. Назвіть можливі режими течії газів при різних ступенях вакууму.
12. Основні рівняння вакуумної техніки.
13. Назвіть типи вакуумних pomp.
14. Форвакуумні помпи і їх характеристики.
15. Дифузійні помпи та їх характеристики.
16. Склад вакуумних систем.
17. Що таке плазма?
18. Характеристика основних процесів в низькотемпературній плазмі?
19. Плазмоутворювальні гази та їх характеристика.
20. Сутність електрошлакового переплаву і його технологічні та електричні схеми.
21. Електрошлакове кокільне лиття. Роль шлаку при отриманні виливків.
22. Порційне електрошлакове відливання злитків.
23. Електрошлакове лиття. Сутність процесу та схеми.
24. Виготовлення порожнинних виливків методом ЕШЛ.
25. Електрошлакова тигельна плавка. Матеріали та їх характеристики. Особливості процесу ЕШТП.
26. Що таке основність і окислювальна здатність шлаків?
27. Вимоги до шлаків ЕШП. Системи шлаків.
28. Шлаки для електрошлакового виплавляння і рафінування чорних металів і сплавів.
29. Шлаки для електрошлакового виплавляння кольорових металів і сплавів.
30. Тепловий баланс ЕШП.
31. Формування злитка при ЕШП і його якість.
32. Схеми вакуумно-дугового переплаву і принцип дії вакуумної дугової печі.
33. Що необхідно для проведення електронно-променевої плавки?
34. Технологічні схеми ЕПП.
35. Типи електронно-променевих гармат.
36. Електронно-променевий переплав з проміжною ємністю.
37. Вакуумна індукційна плавка та її характеристика.
38. Типи та характеристики плазмотронів.
39. Технологічні схеми плазово-дугового переплавлення металів і сплавів.
40. Схеми плазово-індукційної плавки металів і сплавів.
41. Переваги і недоліки плазово-індукційної плавки металів і сплавів.
42. Стадії процесу десульфурації металу при ЕШП.
43. Чому сірка краще видаляється з металу в зоні електроду?
44. Вплив швидкості переплаву на коефіцієнт масопередачі сірки та десульфурації при використанні флюсів різної основності.
45. Вплив роду току та полярності на видалення сірки при ЕШП і причини десульфурації металу на електроді.
46. Кінетичні умови видалення сірки при ЕШП.
47. Умови, за яких може відбуватися перехід кисню зі шлаку в металеву ванну.
48. Чому підвищення основності шлаку сприяє рафінуванню металу від кисню?
49. Які потрібні заходи для досягнення мінімальної концентрації кисню в злитку ЕШП?
50. Шляхи та механізм переходу водню в рідкий метал при ЕШП.
51. Заходи для забезпечення низького вмісту водню при ЕШП.
52. Шляхи підвищення ефективності рафінування металу від водню та азоту при ЕШП.

53. Технологічні фактори, що впливають на видалення азоту при ВП.
54. Як кисень та сірка впливають на видалення азоту і чому?
55. Які технологічні особливості десульфурації металу при ВП?
56. Видалення азоту і водню в процесі вакуумно-дугової плавки.
57. Видалення кисню при ВДП.
58. Як можна підвищити ступінь рафінування при ВДП?
59. Принцип дії електронно-променевих печей та напрямки використання ЕПП
60. Характеристика зон рафінування металу при електронно-променевому переплаві.
61. Процеси випаровування при ЕПП. Вплив діаметра заготовки на ступінь видалення домішок.
62. Якими процесами пояснюється наявність максимуму рафінування при зміні швидкості переплаву?
63. Видалення домішок кольорових металів при ЕПП.
64. Видалення азоту при ЕПП.
65. Видалення сірки при ЕПП.
66. Видалення фосфору при ЕПП.
67. Видалення кисню і оксидів при ЕПП.
68. За рахунок чого можна підвищити ефективність рафінування при ЕПП.
69. Які фактори впливають на швидкість між фазного виділення оксидів.
70. На якій стадії рафінування і при яких умовах розкислення металу воднем буде найбільш ефективне?
71. За яких умов буде мати місце видалення кисню в зоні заготовки?
72. За яких умов буде відбуватися одночасне видалення кисню в зоні заготовки і поглинання кисню рідким металом ванни?
73. Чому ступінь видалення кисню у печах з вертикальною подачею заготовки при ПДП значно вищий ніж з горизонтальною подачею,
74. Як впливає швидкість переплаву на вміст кисню при плазмово-водневому розкисленні.
75. Легування металу азотом при плазмово-дуговому переплаві.
76. Як впливає швидкість переплаву на легування металу азотом?

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., доцент Могилатенко Володимир Геннадійович
посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ

Ухвалено кафедрою ЛВ (протокол № 7 від 24.01.2024 р.)

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