

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
Відділ аспірантури при ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
академік НАН України



С.І. Кучук-Яценко
(ініціали, прізвище)

«06» липня 2020 р.

**МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАЛУРГІЙНОГО
ВИРОБНИЦТВА**

З/П

(шифр за ОП)

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

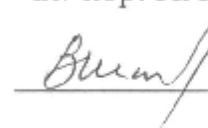
рівень вищої освіти - доктор філософії з металургії

спеціальність - 136 – Металургія

освітня програма - Металургія

Затверджено на випускному
відділі за спеціальністю 136
«Металургія»

Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України
Протокол №1 від 3.07.2020 р.
Завідувач випускового відділу
чл.-кор. НАН України, проф.

 В.О. Шаповалов

Київ – 2020 р.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Зав. відділу плазмово-шлакової металургії
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ
д.т.н., чл-кор., проф. Шаповалов Віктор Олександрович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Зав. відділу фізико-металургійні проблеми електрошлакових
технологій
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ
д.т.н., чл-кор., проф. Медовар Лев Борисович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Провідний науковий співробітник відділу фізико-металургійні
проблеми електрошлакових технологій Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАНУ
д.т.н., проф. Стовпченко Ганна Петрівна
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Провідний науковий співробітник відділу плазмово-шлакової
металургії
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ
к.т.н. Протоковілов Ігор Вікторович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Вступ

Програму навчальної дисципліни «Методи підвищення ефективності металургійного виробництва»

(назва навчальної дисципліни)

складено відповідно до освітньої програми ОНП 3/П,

(ОПП/ОНП, назва)

III рівня вищої освіти доктор філософії

(рівень вищої освіти)

спеціальності 136 – металургія

(код і назва спеціальності)

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки, шифр 3/П

(загальної / професійної підготовки)

Статус навчальної дисципліни вибіркова

(обов'язкова / вибіркова)

Обсяг навчальної дисципліни 7 кредитів ЄКТС.

Міждисциплінарні зв'язки “Методи отримання металів і сплавів” – код 4/П;

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування в аспірантів компетентностей:

- Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (ЗК 5);
- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (ЗК 7);
- Здатність планувати й організовувати роботу дослідницьких колективів з рішення наукових і науково-освітніх завдань (ЗК 10);
- Здатність працювати в міжнародному контексті (ЗК 13);
- Критичне осмислення наукових фактів, гіпотез, теорій, у професійній діяльності в сфері металургії (ЗК 14).
- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в металургії і дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з металургії та суміжних галузей (ФК-2);
- Здатність узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, на основі фундаментальних та спеціальних знань синтезувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення (ФК-5);
- Здатність визначати і оцінювати актуальність наукового напрямку та практичне значення досліджень (ФК-10);
- Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень в металургійній галузі знань для вирішення наукових і практичних проблем (ФК-15);
- Здатність проводити наукові дослідження новітніх технологій отримання металів і сплавів (ФК-16);

– Здатність проводити наукові дослідження з метою підвищення ефективності металургійного виробництва (ФК-17).

1.2. Завдання навчальної дисципліни

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

– Передових концептуальних та методологічних знань з металургії та на межі предметних галузей, а також дослідницьких навичок для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень (ЗН 1);

– Новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі металургія та суміжних сферах (ЗН 5);

– Закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення (ЗН 7);

– Сучасної вітчизняної та зарубіжної науково-технічної інформації в професійній сфері діяльності (ЗН 12);

– Термодинаміки та кінетики металургійних процесів (ЗН 15);

– Методів моделювання та оптимізації технологічних процесів в металургії (ЗН 20);

– Новітніх методів отримання металів і сплавів (ЗН 21);

– Сучасних методів і засобів підвищення ефективності металургійного виробництва (ЗН 22).

уміння:

– Використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані (УМ 2);

– Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі металургійних процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів в металургії (УМ 3);

– Планувати і виконувати експериментальні дослідження з металургії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних обладнання та методик, аналізувати результати експериментів у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (УМ 4);

– Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми металургії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, екологічних та правових аспектів (УМ 5);

– Застосовувати аналіз та синтез знань під час вирішення проблем в широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач за умов невизначеності чи неповної інформації (УМ 7);

- Планувати теоретичне та експериментальне дослідження, оцінювати, адаптувати та узагальнювати його результати (УМ 9);
- Організовувати спільну роботу з фахівцями з різних галузей в рамках наукових проектів (УМ 12);
- Проводити економічний аналіз витрат і результативності науково-дослідних робіт та проектів (УМ 15);
- Постійно удосконалювати свій загальний інтелектуальний та професійний рівень (УМ 18);
- Генерувати нові ідеї для вирішення науково-дослідних проектів та дослідницько-конструкторських робіт (УМ 19);
- Розробляти нові методики досліджень у галузі металургії (УМ 26);
- Планувати і проводити аналітичні, імітаційні та експериментальні дослідження, критично оцінювати дані і робити висновки (УМ 27);
- Здійснювати математичне моделювання та оптимізацію технологічних процесів у в галузі металургія (УМ 28);
- Проводити наукові дослідження сучасних спеціальних металургійних технологій (УМ 30);
- Обирати, використовувати та вдосконалювати технології виробництва якісних легованих і спеціальних сталей (УМ 31);
- Обирати, використовувати та вдосконалювати методи і засоби підвищення ефективності металургійного виробництва (УМ 33).

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 210 годин / 7 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитний модуль: “Методи підвищення ефективності металургійного виробництва”

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Семестри	Усього кредитів / годин	Розподіл навчального часу за видами занять			Семестрова атестація
			Лекції	Практичні заняття	СР аспіранта*	
Денна	3	7/210	36	18	156	Екзамен

* Розрахунок наведено в додатку А

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль --. Методи підвищення ефективності металургійного виробництва.

Зміст

Вступ.

Розділ 1 Безкоксова металургія заліза.

Тема 1.1 Твердофазне відновлення заліза.

Тема 1.2 Фізико-хімічні основи відновлення заліза із розплаву.
Розділ 2 Виробництво якісних, легованих і спеціальних сталей.
Тема 2.1 Попередня обробка чавуну.
Тема 2.2 Позапічна обробка сталі.
Розділ 3 Маловідходні та безвідходні технології в металургії.
Тема 3.1 Впровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів, що забезпечують економне, раціональне використання рудної сировини.
Тема 3.2 Залучення до переробки газоподібних, рідких і твердих відходів виробництва.
Розділ 4 Оптимізація технології на ділянці плавильний агрегат – безперервне розливання металу.
Тема 4.1 Аналіз утворення неметалевих включень у сталі.
Тема 4.2 Підвищення ефективності видалення неметалевих включень.
Розділ 5 Інтенсифікація рафінування металів і сплавів у переплавних процесах.
Тема 5.1 Електрошлакові технології.
Тема 5.2 Вакуумні технології.
Розділ 6 Автоматизація металургійного виробництва.
Тема 6.1 Локальні системи керування окремими контурами технологічного процесу.
Тема 6.2 Автоматизована система управління технологічним процесом.

Вступ.

Задачі і зміст курсу. Загальні положення. Короткий історичний аналіз розвитку підвищення ефективності металургійного виробництва в Україні та світі.

Розділ 1 Безкоксова металургія заліза.

Тема 1.1 Твердофазне відновлення заліза.

Передумови розвитку безкоксової металургії. Відновлення газоподібними відновниками (відновлення монооксидом вуглецю, відновлення воднем, порівняння відновної здатності CO і H₂, механізм і кінетика відновлення газами). Відновлення оксидів металів твердим вуглецем. Металотермія. Загальна характеристика та показники процесів виробництва губчастого заліза і металізованої сировини.

Тема 1.2 Фізико-хімічні основи відновлення заліза із розплаву.

Відновлення залізородних розплавів газами. Відновлення залізородних розплавів вуглецем. Відновлення із розплавів інших елементів. Механізм і кінетика відновлення із розплаву. Використання металізованої сировини для виробництва чавуну і сталі. Якість сталі, що виплавлена з рудної шихти.

Розділ 2. Виробництво якісних, легованих і спеціальних сталей.

Тема 2.1 Попередня обробка чавуну.

Мета обробки. Позадоменна десульфуратація і дефосфортація чавуну. Завдання й принципи десиліконізації чавуну. Основи поєднання процесів

десульфурації і дефосфорації чавуну в одному агрегаті. Сумісне проведення операцій видалення із чавуну кремнію, фосфору і сірки.

Тема 2.2 Позапічна обробка сталі.

Завдання позапічної обробки сталі. Відсікання і видалення шлаку при випуску металу зі сталеплавильного агрегату. Застосування синтетичних шлаків. Використання комплексних і екзотермічних феросплавів. Застосування рідких розкислювачів. Обробка сталі в ковші нейтральним газом. Обробка сталі при зниженому тиску. Нагрівання сталі в ковші при атмосферному тиску. Комплексні технології і критерії вибору позапічної обробки сталі.

Розділ 3 Маловідходні та безвідходні технології в металургії.

Тема 3.1 Впровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів, що забезпечують економне, раціональне використання рудної сировини.

Використання багатотоннажних відвальних твердих відходів гірничого та збагачувального виробництва. Різке скорочення витрат свіжої води і зменшення стічних вод. Підвищення ефективності існуючих і знову створюваних процесів уловлювання побічних компонентів з відведених газів і стічних вод. Широке впровадження сухих способів очищення газів від пилу для всіх видів металургійних виробництв і вишукування більш досконалих способів очищення газів, що відходять.

Тема 3.2 Залучення в переробку газоподібних, рідких і твердих відходів виробництва.

Зниження викидів і скидів шкідливих речовин з газами і стічними водами. Переробка в повному обсязі всіх доменних і феросплавних шлаків, а також істотне збільшення масштабів переробки сталеплавильних шлаків і шлаків кольорової металургії. Використання газів, що утворюються в окремих металургійних агрегатах. Впровадження на металургійних підприємствах високоефективного очисного обладнання, а також апаратів контролю різних параметрів забрудненості навколишнього середовища. Розширення застосування мікроелектроніки, АСУ, АСУ ТП в металургії з метою економії енергії та матеріалів, а також контролю утворення відходів і їх скорочення.

Розділ 4 Оптимізація технології на ділянці плавильний агрегат – безперервне розливання металу.

Тема 4.1. Аналіз утворення неметалевих включень у сталі.

Утворення і трансформація неметалевих включень при розкисненні сталі в процесі випуску плавки. Трансформація неметалевих включень при вторинному окисненні металу на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.

Тема 4.2. Підвищення ефективності видалення неметалевих включень.

Гідродинамічні поверхневі процеси в сталерозливному ковші на АКП при продувці металу інертним газом. Поточне рафінування сталі в процесі безперервного розливання. Ковшові шлаки для позапічної обробки сталі.

Розділ 5. Інтенсифікація рафінування металів і сплавів у переплавних процесах.

Тема 5.1. Електрошлакові технології. Виробництво габаритних зливків. Біметалеві заготовки. Переплав за двоконтурною схемою. Процеси ЕШП РМ і ЕШП ДС.

Тема 5.2. Вакуумні технології: електронно-променева плавка, вакуумно-індукційна плавка, плазмовий нагрів. Магнітодинамічна технологія.

Розділ 6. Автоматизація металургійного виробництва – засіб підвищення його ефективності.

Тема 6.1. Локальні системи керування окремими контурами технологічного процесу.

Тема 6.2. Автоматична система керування технологічним процесом.

4. Рекомендований перелік практичних занять (комп'ютерних практикумів)

За час проведення практичних занять аспіранти виконують розрахунки, що доводять правомірність теоретичних відомостей, які наведені при вивченні окремих тем.

Практичне заняття № 1

Порівняння відновної здатності CO і H₂.

Практичне заняття № 2

Розрахунки процесу відновлення в реторті та шахтних печах.

Практичне заняття № 3

Підвищення ступеня видалення домішок при перелавних процесах.

Практичне заняття № 4

Формування великотоннажних зливків і їх якість.

Практичне заняття № 5

Розрахунки технологічних параметрів процесу безперервного розливання.

Практичне заняття № 6

Переробка шлаку, пилу і шламів металургійного виробництва.

Практичне заняття № 7

Оптимізація процесу видалення сірки в сталеплавильному виробництві.

Практичне заняття № 8

Трансформація неметалевих включень у сталі на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.

Практичне заняття № 9

Передавальні функції складних систем регулювання.

5. Рекомендовані індивідуальні завдання

Самостійна робота аспіратів включає підготовку до лекцій, практичних робіт, модульної контрольної роботи та екзамену (див. Методичні вказівки до самостійної роботи). Розподіл часу на самостійну роботу наведено в додатку А.

6. Рекомендована література

6.1 Література базова:

1. Іващенко В.П. Безкоксова металургія заліза: Підручник / В.П.Іващенко, О.Г.Величко, В.С.Терещенко, В.А.Чеченєв. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2003. – 338 с.
2. Дигонский С.В. Теоретические основы и технология восстановительной плавки металлов из неокискованного сырья. – СПб: Наука, 2007. – 322 с.
3. Зборщик А.М., Харлашин П.С., Косолап Н.В. Пути повышения эффективности использования магния для внедоменной десульфурации чугуна // Вестник ПГТУ. Серия Технические науки. – № 28. – 2014. – С. 28 – 34.
4. Вергун О.С. Розвиток теорії та розробка ресурсо- і енергозаощаджуючих технологій рафінування чавуну перед киснево-конвертерною плавкою: дисертація д-ра техн. наук: 05.16.02 Національна металургійна академія України. – Дніпропетровськ, 2003.
5. Металургія сталі. Конвертерне виробництво: Теорія, технологія, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія. Підручник / О.Г.Величко, Б.М.Бойченко, П.С.Харлашин та інш. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-вал». – 2015. – 434 с.
6. Панфилов М.И. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. | Панфилов М.И., Школьник Я.Ш., Орининский Н.В., Коломиец В.А., Сорокин Ю.В., Грабеклис А.А.- М.: «Металлургия», -1987.-238 с.
7. Смірнов О.М. Безперервне розливання сталі: Підручник. / О.М.Смірнов, С.В.Куберський, Є.В.Штепан – Алчевськ: ДонДТУ, - 2011. – 518 с.
8. Волкотруб М.П. Процеси спеціальної електрометалургії: Підручник / М.П.Волкотруб, Д.Ф.Чернега, В.Г.Могилатенко, В.О.Шаповалов; За ред. Б.Є.Патона. – К.: «Хімджест». – 2014. – 284 с.
9. Шаповалов В.О., Шейко І.В., Ремізов Г.О. Плазмові процеси та устаткування в металургії; За ред. Б.Є.Патона. – К.: «Хімджест». – 2012. – 384 с.
10. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – К.: Видавництво Ліра-К, 2015 – 300 с. – 340 с.

6.2 Література допоміжна:

1. Богушевський В.С. Автоматичні системи керування процесів спеціальної електрометалургії – К.: «ІЦ СПОВ», Електронне видання, 2016. – 179 с.
2. Роменец В.А. Процесс Ромелт. – М.: Руда и металлы, 2005. – 400 с.
3. Шульц Л.А. Элементы безотходной технологии в металлургии. Учебное пособие для вузов. - М.: Металлургия, 1991. - 174 с.
4. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1990. - 400 с.

5. Смирнов А.Н. Оценка распределения неметаллических включений в стали с применением метода стереологической реконструкции. / А.Н. Смирнов, В.Г.Ефимова // Процессы литья. – 2016. – № 3. – С. 25 – 34.

6. Патон Б.Е.,Б.И.Медовар. Электрошлаковый металл. – К.: Наукова думка. 1981. – 680с.

7. Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Ахонин С.В., Жук Г. В. Электронно-лучевая плавка титана.– К.: Наукова думка. 2006. – 248с.

8. Патон Б.Е., Григоренко Г.М., Шейко И.В., Шаповалов В.А., Найдек В.Л., Костяков В.Н. Плазменные технологии и оборудование в металлургии и литейной производстве. – К.: Наукова думка. 2013. – 488с.

9. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. -М.: Нимфа-инженерия, 2008. – 926 с.

7. Засоби діагностики успішності навчання

Для поточного контролю успішності навчання рекомендується проведення чотирьох контрольних робіт – одна модульна контрольна робота розбивається на 4 контрольні роботи за окремими розділами по 0,5 годині (на контрольні роботи виносяться питання лекційного курсу, практичних робіт і СР аспірантів):

1. Безкоксова металургія заліза. Мало- і безвідходні технології в металургії.

2. Виробництво якісних, легованих і спеціальних сталей. Оптимізація технології на ділянці плавильний агрегат – неперервне розливання металу.

3. Інтенсифікація рафінування металів і сплавів у переплавних процесах.

4. Автоматизація металургійного виробництва – засіб підвищення його ефективності.

Підсумковий контроль результатів навчання з дисципліни проводиться у формі екзамену.

Навчальна програма складена на основі ОНП підготовки докторів філософії спеціальності 136 – “Металургія”.

Програму розробили:


Зав. відділом
д.т.н. чл-кор., проф.


(підпис) В.О. Шаповалов

Зав. відділом
д.т.н., проф.


(підпис) Б.И. Медовар

п.н.с. д.т.н.


(підпис) Г.П. Стовпченко

п.н.с. к.т.н.


(підпис) І.В. Протоковілов

Розрахунок часу на самостійну роботу

Час на самостійну роботу аспіранта складає

$$T_{\text{CPA}} = 1t_{\text{Л}} + 2t_{\text{ПЗ}} + 4\text{МКР} + \text{Екзамен} = \\ 1 \times 36 + 2 \times 18 + (13 + 14 + 13 + 14) + 30 = 156 \text{ годин}$$

Примітка: Л – лекції; ПЗ – практичні заняття; МКР – модульні контрольні роботи; Екзамен.