

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

шифр навчальної дисципліни за ОНП 3/ІІ
(назва кредитного модуля)

РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля

рівень вищої освіти - доктор філософії з металургії
форма навчання - денна
спеціальність - 136 – металургія
галузь знань - 13 – механічна інженерія
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.

Робоча програма кредитного модуля

«Методи підвищення ефективності металургійного виробництва»
(назва кредитного модуля)

складена відповідно до програми навчальної дисципліни

«Методи підвищення ефективності металургійного виробництва», ОНП 3/II
(назва навчальної дисципліни та код за ОП)

Розробники робочої 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)



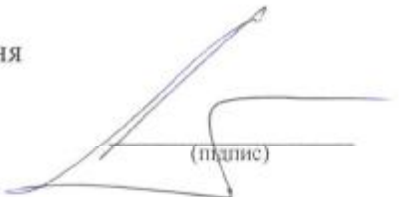
(підпис)

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)

1. Опис кредитного модуля

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО <u>Третій (доктор філософії)</u>	Назва дисципліни <u>Методи підвищення ефективності металургійного виробництва</u>	Лекції <u>36 год.</u>
Спеціальність <u>136 – Металургія</u> (шифр і назва)	Цикл (загальної/професійної підготовки)	Практичні (семінарські) <u>18</u> год.
Освітня програма <u>ОНП З/П, Методи підвищення ефективності металургійного виробництва</u> (ОПП, ОНП, назва)	Статус кредитного модуля <u>Вибірковий</u> (обов'язковий, вибірковий)	Лабораторні роботи _____ год.
		Самостійна робота 156 год., у тому числі на виконання індивідуального завдання <u>0</u> год.
	Семестр <u>3</u>	Індивідуальне завдання <u>-</u> (вид)
Форма навчання <u>Денна</u> (денна, заочна)	Кількість кредитів (годин) <u>7/210</u>	Вид та форма семестрового контролю <u>Екзамен</u> (екзамен / залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Ефективність металургійного виробництва визначається високою якістю продукції та її собівартістю. Зміни в сировинній базі впливають на ці два основні показники. Сьогодні основним способом виробництва заліза є доменний процес. Але зменшення запасів високоякісного коксівного вугілля впливає на собівартість металу. У зв'язку з цим активно розвиваються методи безкоксової металургії, процеси залучення відходів інших виробництв до металургійної галузі, фундаментальні методи дослідження якості металів, автоматизація виробництва.

Доктор філософії з металургії як фахівець повинен мати глибокі теоретичні знання і володіти відповідними навичками використання фундаментальних знань для їх застосування при одержанні високоякісних, з підвищеними властивостями металів та сплавів.

Даний курс має велике значення для формування майбутнього доктора філософії з металургії, розширює технологічні можливості фахівця. Кредитний модуль пов'язаний з дисципліною «**Методи отримання металів і сплавів**».

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування в аспірантів здатностей:

– 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 організувати 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).

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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).

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СР аспіранта
1	2	3	4	5	6
Розділ 1 Безкоксва металургія заліза					
Тема 1.1 Твердофазне відновлення заліза.	10	2	2		6
Тема 1.2 Фізико-хімічні основи відновлення заліза із розплаву.	10	2	2		6
<i>Модульна контрольна робота 1</i>	13				13
Разом за розділом 1	33	4	4		25
Розділ 2 Виробництво якісних, легованих і спеціальних сталей					
Тема 2.1 Попередня обробка чавуну.	10	2	2		6

1	2	3	4	5	6
Тема 2.2 Позапічна обробка сталі.	18	6	2		10
<i>Модульна контрольна робота 2</i>	14				14
Разом за розділом 2	42	8	4		30
Розділ 3 Маловідходні та безвідходні технології в металургії					
Тема 3.1 Впровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів, що забезпечують економне, раціональне використання рудної сировини.	10	2	2		6
Тема 3.2 Залучення в переробку газоподібних, рідких і твердих відходів виробництва.	10	2	2		6
Разом за розділом 3	20	4	4		12
Розділ 4 Оптимізація технології на ділянці плавильний агрегат – безперервне розливання металу					
Тема 4.1. Аналіз утворення неметалевих включень у сталі.	10	2	2		6
Тема 4.2 Підвищення ефективності видалення неметалевих включень.	10	2	2		6
<i>Модульна контрольна робота 3</i>	13				13
Разом за розділом 4	33	4	4		25
Розділ 5 Інтенсифікація рафінування металів і сплавів в переplавних процесах					
Тема 5.1 Електрошлакові технології. Виробництво габаритних зливків. Біметалеві заготовки. Переplав за двоконтурною схемою. Процеси ЕШП РМ і ЕШП ДС.	12	6			6
Тема 5.2 Вакуумні технології: електронно-променева плавка, вакуумно-індукційна плавка, плазмовий нагрів. Магнітогідродинамічна технологія.	12	6			6
Разом за розділом 5	24	12			12
Розділ 6 Автоматизація металургійного виробництва – засіб підвищення його ефективності					
Тема 6.1 Локальні системи керування окремими контурами технологічного процесу.	10	2	2		6
Тема 6.2 Автоматизована система управління технологічним процесом.	4	2			2
<i>Модульна контрольна робота 4</i>	14				14
Разом за розділом 6	28	4	2		22
Підготовка до екзамену	30				30
Усього годин	210	36	18		156

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СР з посиланням на літературу)
1	<p>Предмет та задачі курсу. Твердофазне відновлення заліза. Термодинаміка та кінетика твердофазного процесу. Термодинамічна спроможність відновників. (2 години).</p> <p>Література основна: [1, 2] Література допоміжна: [2]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>передумови розвитку безкоксової металургії;</i> - <i>відновлення газоподібними відновниками;</i> - <i>відновлення оксидів металів твердими відновниками;</i> - <i>металотермія.</i>
2	<p>Фізико-хімічні основи відновлення заліза із розплаву. Види залізної сировини. Шлакові композиції. Джерела нагріву. (2 години).</p> <p>Література основна: [1, 2] Література допоміжна: [2]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>відновлення залізородних розплавів газами;</i> - <i>відновлення залізородних розплавів вуглецем;</i> - <i>відновлення із розплавів інших елементів;</i> - <i>механізм і кінетика відновлення із розплавів;</i> - <i>використання металізованої сировини для виробництва чавуну і сталі;</i> - <i>якість сталі, що виплавлена з рудної шихти.</i>
3.	<p>Попередня обробка чавуну. Мета обробки. Знесірчення, дефосфорація, десиліконізація.</p> <p>Література основна: [2,3] Література допоміжна: [2]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>позадоменна десульфурація, дефосфорація і десиліконізації чавуну;</i> - <i>основи поєднання процесів десульфурації і дефосфорації чавуну в одному агрегаті;</i> - <i>сумісне проведення операцій видалення із чавуну кремнію, фосфору і сірки.</i>
4.	<p>Задачі позапічної обробки сталі. Відсікання і видалення шлаку при випуску металу зі сталеплавильного агрегату. Застосування синтетичних шлаків. Вакуумування, оброблення газами.</p> <p>Література основна: [4, 5] Література допоміжна: [2]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>підстави для застосування ковшової металургії;</i> - <i>продування металу, застосування нейтральних і окислювальних газів</i> - <i>застосування вакууму:</i> - <i>методи підігріву металу в ковші;</i> - <i>вимоги до феросплавів;</i> - <i>розкислювачі і методи їх уведення.</i>
5.	<p>Безвідходні і маловідходні технологічні процеси. Раціональне використання рудної сировини. Використання відвальних твердих відходів гірничого та збагачувального виробництва.</p> <p>Література основна: [5, 6]</p>

	<p>Література допоміжна: [3, 4]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - скорочення витрат свіжої води і зменшення стічних вод; - підвищення ефективності існуючих і знову створюваних процесів уловлювання побічних компонентів з відведених газів і стічних вод; - впровадження сухих способів очищення газів від пилу для всіх видів металургійних виробництв і вишукування більш досконалих способів очищення газів, що відходять.
6.	<p>Залучення в переробку газоподібних, рідких і твердих відходів виробництва. Використання газів, що утворюються в окремих металургійних агрегатах та суміжних галузях.</p> <p>Література основна: [5, 6] .</p> <p>Література допоміжна: [3, 4]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. Впровадження на металургійних підприємствах вискоелективного 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.
7.	<p>Аналіз утворення неметалевих включень у сталі. Трансформація включень у різні періоди оброблення рідкого металу.</p> <p>Література основна: [7]</p> <p>Література допоміжна: [5]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - утворення і трансформація неметалевих включень при розкисленні сталі в процесі випуску плавки; - вторинне окиснення металу на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.
8.	<p>Підвищення ефективності видалення неметалевих включень.</p> <p>Література основна: [7]</p> <p>Література допоміжна: [5]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - гідродинамічні процеси в сталерозливному ковші на АКП при продувці металу інертним газом ; - поточне рафінування сталі в процесі безперервного розливання. Ковшові шлаки для позапічної обробки сталі.
9.	<p>Електрошлакові технології.</p> <p>Література, основна: [8]</p> <p>Література допоміжна: [6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> - виробництво габаритних зливків; - біметалеві заготовки; - переплав за двоконтурною схемою; - процеси ЕШП РМ і ЕШП ДС.
10.	Вакуумні технології.

	<p>Література основна: [8,9] Література допоміжна: [7, 8] Завдання на СР аспіранту : - електронно-променева плавка; - вакуумно-індукційна плавка, плазмовий нагрів; - магнітодинамічна технологія.</p>
11.	<p>Локальні системи керування окремими контурами технологічного процесу. Література основна: [10] Література допоміжна: [1, 9] Завдання на СР аспіранту : - перетворення Лапласа; - передавальна функція.</p>
12.	<p>Автоматична система керування технологічним процесом. Література основна: [10] Література допоміжна: [1, 9] Завдання на СР аспіранту : - передавальні функції складних систем.</p>

5. Практичні заняття¹

Основним завданням циклу практичних занять є закріплення знань, що були одержані на лекційних заняттях.

№ з/п	Назва теми заняття
1.	<p><i>Практичне заняття № 1. Порівняння відновлювальної здатності CO і H₂ (2 години). Завдання на СР аспіранту: - розрахувати енергію Гіббса для реакції FeO +CO у діапазоні температур 300- 1600 °С; - розрахувати енергію Гіббса для реакції FeO +H₂ у діапазоні температур 300- 1600 °С.</i></p>
2.	<p><i>Практичне заняття № 2. Розрахунки процесу відновлення в реторті й в шахтних печах. Завдання на СР аспіранту: - ознайомитись з технологіями конверсії природного газу, обчислити вміст CO та H₂ у суміші газів, отриманих за різними схемами конверсії; - ознайомитись з технологією Хил – процесу. Розрахувати вихід губчастого заліза з руди при вмісті вуглецю до 2% ; - ознайомитись з технологією відновлення заліза в шахтній печі. Розрахувати ступінь використання відновлювача ;</i></p>
3.	<p><i>Практичне заняття № 3. Підвищення ступеня видалення домішок при переплавних процесах. Завдання на СР аспіранту: - швидкість випаровування та розчинення домішок при ЕПП та ПДП; - вірогідність адгезії домішок в залежності від розміру при ЕШП, ПДП, ЕПП.</i></p>
4.	<p><i>Практичне заняття № 4. Формування великотоннажних зливків і їх якість. Завдання на СР аспіранту: - засоби мінімізації товщини двофазної зони, їх ефективність;</i></p>

¹ За наявності ПЗ

	<ul style="list-style-type: none"> - природна та вимушена конвекція; - мінімізація товщини зони сплавлення двох металів при отриманні біметалу; - межі керування глибиною металеві ванни при використанні двоконтурної схеми при ЕШП; - розрахунок вакуумних систем, що забезпечують вакуум у металургійних агрегатах.
5.	<p><i>Практичне заняття № 5. Розрахунки технологічних параметрів процесу безперервного розливання.</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - розрахунок початкової температури металу, що підлягає розливанню; - розрахунок потужності нагрівача для підтримки температури у проміжному ковші.
6.	<p><i>Практичне заняття № 6. Переробка шлаку, пилу і шламів металургійного виробництва.</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - вибір раціональної схеми перероблення шлаків, розрахунок обсягу рециклінгу конверторного та шлаку та шлаку агрегату позапічного оброблення металу; - розрахунок часу рафінування шлаку від сірки; - вибір схеми перероблення пилу, що містить цинк, олово, свинець тощо; - обґрунтування схеми раціональної схеми перероблення металургійних шламів кольорової металургії.
7.	<p><i>Практичне заняття № 7. Оптимізація процесу видалення сірки в сталеплавильному виробництві.</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - обґрунтування процесу видалення сірки при різних технологічних схемах: одно стадійна, чи розподілена по різних металургійних агрегатах; - обґрунтування розрахунком економічної доцільності використання різних шлакових та металевих систем (основні шлаки, метали – Са, Mg тощо).
8.	<p><i>Практичне заняття № 8. Трансформація неметалевих включень у сталі на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - порівняння ефективності зменшення кількості неметалевих включень при розкисленні алюмінієм, вакуумним розкисленням ; - розрахунок складу неметалевих включень при обробці металу алюмінієм, кальцієм, іншими видами обробки, наприклад , шлаками.
9.	<p><i>Практичне заняття № 9. Передавальні функції складних систем регулювання.</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - передавальні функції ПП, ППД регуляторів; - передавальні функції складних систем із різновидами зворотних зв'язків.

6. Семінарські заняття²

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

7. Лабораторні заняття³

² За наявності СЗ

³ За наявності ЛР, КП

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

8. Самостійна робота⁴

Робочою навчальною програмою кредитного модуля «Методи підвищення ефективності металургійного виробництва» передбачено 156 годин на самостійну роботу аспіранта, яка полягає в роботі над конспектом лекцій, монографіями, підручниками, науковими періодичними виданнями, базами наукової електронної інформації при підготовці до лекцій, 12 практичних занять, 4 контрольні роботи на базі 1 модульної контрольної роботи, та при підготовці до іспиту. Розрахунок годин самостійної роботи проводиться за формулою:

$$T_{\text{СР Асп.}} = 1 t_{\text{Л}} + 2t_{\text{ПЗ}} + 4\text{МКР} + \text{Екзамен},$$

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

$$T_{\text{СР Асп.}} = 1 \times 36 + 2 \times 18 + (13 + 14 + 13 + 14) + 30 = 156 \text{ годин}$$

9. Індивідуальні завдання⁵

Самостійна робота аспіранта включає підготовку до лекцій, практичних занять, 4 контрольні роботи на базі 1 модульної контрольної роботи та екзамену. Розподілення часу на самостійну роботу наведено в додатку 1.

У самостійній роботі з дисципліни не передбачено виконання розрахункової роботи.

10. Контрольні роботи⁶

Пропонується проведення 4 контрольні роботи на базі 1 модульної контрольної роботи після вивчення окремих розділів 1- 6 дисципліни. Форма і методи контролю визначаються викладачем у залежності від конкретного часу аудиторних занять та кількості аспірантів.

Метою граничних контрольних робіт є визначення ступеня засвоєння аспірантом представленого в курсі матеріалу. При цьому визначаються основні знання, вміння та навички, придбані при вивченні аспірантами дисципліни.

1-а контрольна робота, запитання:

- 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;
- відновлення залізорудних розплавів газами;
- рідкофазне відновлення залізорудних розплавів вуглецем;

⁴ За умови виділення певної частки навчального матеріалу на самостійне вивчення.

⁵ За наявності

⁶ За наявності

- 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.

2-а контрольна робота, запитання:

- мета позадоменної обробки чавуну;
- позадоменна десульфурація і дефосфорація 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;
- завдання позапічного оброблення сталі;
- відсікання і видалення шлаку при випуску металу зі сталеплавильного агрегату;
- застосування синтетичних шлаків;
- використання комплексних і екзотермічних феросплавів;
- застосування рідких розкислювачів;
- оброблення сталі в ковші нейтральним газом;
- оброблення сталі при зниженому тиску;
- нагрівання сталі в ковші при атмосферному тиску;
- комплексні технології і критерії вибору методу позапічного оброблення сталі.

3-я контрольна робота, запитання:

- упровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів, що забезпечують економне, раціональне використання рудної сировини;
- використання багатотоннажних відвальних твердих відходів
- гірничого та збагачувального виробництва;
- методи скорочення витрат свіжої води і зменшення стічних вод;
- підвищення ефективності існуючих і новітніх 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;
- зниження викидів і скидів шкідливих речовин з газами і стічними водами;
- переробка в повному обсязі доменних і феросплавних шлаків, істотне збільшення масштабів переробки сталеплавильних шлаків і шлаків кольорової металургії;
- використання газів, що утворюються в окремих металургійних агрегатах;
- тенденції впровадження на металургійних підприємствах вискоелективного очисного обладнання, а також апаратів контролю різних параметрів забрудненості навколишнього середовища;
- вплив розширення застосування АСУ, АСУ ТП в металургії з метою економії енергії та матеріалів, а також контролю утворення відходів і їх скорочення;
- утворення і трансформація неметалевих включень при розкисленні сталі в процесі випуску плавки. Трансформація неметалевих включень при вторинному окисненні металу на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.
- 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.

4-а контрольна робота, запитання:

- можливості інтенсифікація рафінування металів і сплавів в переплавних процесах;
- рафінуюча здатність електрошлакового переплаву;
- виробництво габаритних зливоків. Біметалеві заготовки. Переплав за двоконтурною схемою;
- переваги і недоліки процесів ЕШП РМ і ЕШП ДС.
- застосування вакууму у електрометалургійних переплавних технологіях;
- переваги та недоліки електронно-променевої плавки з аксіальними та радіальними гарматами;
- призначення вакуумно-індукційної плавки, якість металу;
- плазмовий нагрів, якість металу;
- застосування магнітодинамічних технологій;
- застосування автоматизація металургійного виробництва для підвищення його ефективності.
- локальні системи керування окремими контурами технологічного процесу
- перший крок до загальної автоматизації.

11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання⁷

Рейтингова система оцінювання результатів навчання наведена в додатку 1.

12. Методичні рекомендації

Робоча навчальна програма складена з урахуванням направлення підготовки фахівця. Для послідовного та повного вивчення і засвоєння матеріалу вона розбивається на 6 основних розділів. Особливу увагу слід приділяти не тільки засвоєнню конкретних теоретичних положень, а й практичному їх використанню. При складанні заліку аспіранти на основі одержаних ними знань повинні охарактеризувати методи підвищення ефективності металургійного виробництва.

13. Рекомендована література

13.1. Базова

1. Іващенко В.П. Безкоксова металургія заліза: Підручник / В.П.Іващенко, О.Г.Величко, В.С.Терещенко, В.А.Чеченев. – 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. Развитие теории та розробка ресурсо- і енергозощаджуючих технологій рафінування чавуну перед киснево-конвертерною плавкою: дисертація д-ра техн. наук: 05.16.02 Національна металургійна академія України. – Дніпропетровськ, 2003.

5. Величко О.Г. Металургія сталі. Конвертерне виробництво: Теорія, технологія, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія. Підручник / О.Г.Величко, Б.М.Бойченко, П.С.Харлашин та інші. 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. Ельперін О.М. 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.

13.2 Література допоміжна:

1. Богушевський В.С. Автоматичні системи керування процесів спеціальної електрометалургії – К.: «ІЩ 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., Медовар Б.И. Электрошлаковый металл. – К.: Наукова думка. 1981. – 680с.

7. Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Аонин 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.

Рейтингова система оцінки успішності аспірантів

з кредитного модуля (дисципліни): «Методи підвищення ефективності металургійного виробництва», ОНП 3/П

для спеціальності: 136 - Металургія

відділ: Плазмово-шлакової металургії

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	Практика	Лаб. заняття	СР аспіранта	МКР	РР	Семестрова атестація
4	7	210	36	18	-	156	1	-	Екзамен

Рейтинг аспіранта з дисципліни⁸ складається з балів, що він отримує на:

1. Письмове питання, що кожен аспірант отримує в кінці кожного практичного заняття (час відповіді 15 хвилин).
2. Чотирьох контрольних робіт на базі 1 модульної контрольної роботи.
3. Відповідь при проведенні екзамену.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях.

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює $2 \cdot 9 = 18$ балів (*1-2 бали* - відповідь на питання, *0 балів* - відсутність відповіді)

2. Модульний контроль.

Ваговий бал 6. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює $6 \cdot 4 = 24$. Контрольна робота складається з *3 питань*, що максимально оцінюються по *2 бали* кожне.

«відмінно» - 6 балів;

«добре» - 4-5 балів;

«задовільно» - 3 бали;

«незадовільно» - 2 та менше балів.

3. Штрафні бали.

Ї Відсутність на лекції, практичному занятті без поважної причини **-1 бал**;

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 18 + 24 = 42 \text{ балів}$$

При проведенні заліку аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних і одне практичне питання. Перелік питань наведено в робочій навчальній програмі. Кожне теоретичне питання оцінюється в 14 балів а практичне в 30 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 14...12 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 11...9 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 8 -7 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0 балів.

Система оцінювання практичного заняття:

- «відмінно» - повне безпомилкове розв'язування завдання – 30...25 балів;
- «добре» - повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями 24...20 балів;
- «задовільно» - завдання виконано з певними недоліками – 19...10 балів;
- «незадовільно» - завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за іспитову контрольну роботу переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R_D = R_C + R_E$	Залікова оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано розрахункову роботу або $R_C < 20$	Не допущено

Програму розробили:

Зав. відділом
д.т.н. чл-кор., проф.


(підпис)

В.О. Шаповалов

Зав. відділом
д.т.н., проф.


(підпис)

Л.Б. Медовар

п.н.с. д.т.н.


(підпис)

Г.П. Стівпченко

п.н.с. к.т.н.


(підпис)

І.В. Протоковілов