



МЕТАЛИ ТА СПЛАВИ ДЛЯ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>136 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова з Ф-каталогу</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕСКТС, 120 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>За розкладом http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д. т. н., професор Верховлюк Анатолій Михайлович, +38(067)-443-94-29</i>
Розміщення курсу	https://foundry.kpi.ua/ https://classroom.google.com/c/MjY4OTY1MTMyODA4

Програма навчальної дисципліни

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

Освітній компонент «Метали та сплави для ливарного виробництва» відноситься до циклу вибіркової дисципліни із Ф-каталогу і вивчається до початку засвоєння основних дисциплін професійної та практичної підготовки.

Метою дисципліни є засвоєння теоретичних та технологічних основ отримання первинних металів, лігатур та сплавів, які використовуються у ливарному виробництві; вивчення фізико-хімічних процесів відновлення металів із руд та природних речовин, ознайомлення із обладнанням та його характеристиками, вивчення передового досвіду отримання чистих металів у світі.

Предметом дисципліни є фізико-хімічні основи металургійних процесів отримання первинних металів та лігатур, їх властивості та галузі використання.

Дисципліна не формує у здобувачів вищої освіти первинних компетентностей, оскільки для цього освітньою програмою передбачено обов'язкові освітні компоненти. Дисципліна призначена для посилення наступних компетентностей:

- ФК 10: Здатність визначити характеристики специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації;
- ФК 17: Здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії, а також впроваджувати ресурсозберігаючі

технології, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства;

- ФК 24: Здатність аналізувати процеси, що протікають в рідких металах і сплавах у плавильних агрегатах та під час їх кристалізації.

Дисципліна забезпечує посилення наступних програмних результатів навчання, які в основному забезпечуються іншими освітніми компонентами (основними):

- ПР 10: Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації;

- ПР 16: Розуміння широкого міждисциплінарного контексту металургії;

- ПР 23: Розуміння питань впровадження ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства;

- ПР 24: Розуміння кращих світових практик і стандартів діяльності та навички застосовувати їх у металургійній галузі України;

- ПР 29: Розуміння властивостей і характеристик основних і допоміжних матеріалів ливарного виробництва, які впливають на процеси отримання готової продукції.

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях, отриманих раніше під час вивчення хімії, хімії елементів, фізики та фізичної хімії.

Дисципліна спрямована на отримання теоретичних та технологічних знань, які допомагають під час вивчення навчальних дисциплін на першому рівні вищої освіти: «теорія металургійних процесів» та «Теоретичні основи ливарного виробництва», а також ряду вибіркових освітніх компонентів сертифікаційної програми «Художнє та ювелірне литво».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Структура і властивості металевих розплавів

Тема 1.1. Процеси розчинення твердих матеріалів у металевих розплавах

Тема 1.2. Кінетика розчинення хімічних елементів у розплавах на основі заліза

Тема 1.3. Кінетика розчинення хімічних елементів у розплавах на основі алюмінію та цинку

Розділ 2. Взаємодія неметалевих матеріалів з металевими розплавами

Тема 2.1. Змочування неметалевих матеріалів залізвуглецевими розплавами

Тема 2.2. Змочування неметалевих матеріалів розплавами кольорових металів

Розділ 3. Особливості взаємодії легувальних елементів та модифікаторів із металевими розплавами

Тема 3.1. Взаємодія комплексних добавок із залізвуглецевими розплавами

Тема 3.2. Взаємодія комплексних добавок із розплавами кольорових металів

Тема 3.3. Технологічні параметри оброблення розплавів порошковими та газовими реагентами

Розділ 4. Закономірності взаємодії в системах твердих та рідких металевих фаз

Тема 4.1. Міжфазна взаємодія монокристалів з різними металевими розплавами

Тема 4.2. Міжфазні взаємодії металевих підкладок та розплавів кольорових металів

Розділ 5. Технології отримання первинних матеріалів для ливарного виробництва

Тема 5.1. Отримання первинного чавуну та сталі

Тема 5.2. Отримання легкоплавких кольорових металів

Тема 5.3. Отримання тугоплавких кольорових металів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Могилатенко В.Г., Пономаренко О.І., Дробязко В.М., Кочешков А.С., Ямшинський М.М. Теоретичні основи ливарного виробництва. – Харків: НТУ «ХП», 2011. – 288 с.
2. Верховлюк А.М. Взаємодія рідких та твердих фаз в металургійних процесах. – Київ: Наукова думка, 2014. – 168 с.
3. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Розчинення твердих речовин. – Київ: Хімія, 2007. – 268 с.
4. Лепинских Б.М., Кайбичев А.В., Савельєв Ю.А. Дифузія елементів у рідких металах групи заліза. – Київ: Наукова думка, 1989. – 168 с.
5. Арсеньєв П.П., Колєнов Л.А. Металеві розплави та їх властивості. – Київ: НАН України, 2006. – 375 с.

Допоміжна:

6. Богуслаєв В.А., Репах С.І., Могилатенко В.Г. та ін. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття: Підручник. – Запоріжжя: Вид-во АТ «Мотор Січ», 2016. – 400 с.
7. Єременко В.Н., Натанзон Я.З., Чураков М.М. Дослідження взаємодії матеріалів з металевими розплавами // Вісник НАН України, 2003. - №9. – С.61-64.
8. Шуміхін В.С., Білецький А.К. Фізико-хімічні процеси електроплавлення чавуну. – Київ: Наукова думка, 1989. – 168 с.
9. Gerlach Y., Heisterkamp F., Mager K. Diffusion in flussigen Metallen // Metall. – 2006. – No.12. – S.1272-1275.
10. Діаграми стану подвійних та багатокомпонентних систем на основі заліза: Довідник / Під ред. Банних О.А. та Дріца М.Є. – Київ: Хімія, 2006. – 440 с.

Інформаційні ресурси:

Література є вільному доступні в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та Методичному кабінеті кафедри ливарного виробництва.

Додатково можна опрацьовувати літературу з Інтернет джерел:

1. foundry.kpi.ua
2. <http://54670.ua.all.biz>
3. www.ptima.kiev.ua
4. <http://litmetal.ru/index.html>
5. www.lityo.com.ua
6. www.mlu.com.ua

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

Навчальний контекст

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Передбачено аудиторну систему навчання, яка може бути замінена на альтернативну (змішану) із використанням дистанційної системи ZOOM, або Google Meet.

Для більш ефективної комунікації викладача та студентів використовується електронна пошта, месенджер Telegram, папка зі спільним доступом на Google-диску, в якій розміщуються необхідні матеріали, платформи Classroom та Classtime.

Структура курсу

Тиждень 1	Лекція 1. Вступна лекція
-----------	--------------------------

	Вступ. Мета і задачі дисципліни. Література. Основні поняття та терміни. Рейтинг. Кінетика розчинення твердих та рідких добавок у металевих розплавах.
	Лекція 2. Процеси розчинення Процеси розчинення графіту в розплавах на основі заліза. Процеси розчинення заліза у сталі та рідкому чавуні.
Тиждень 2	Лекція 3. Кінетика взаємодії твердих добавок з низьковуглецевими розплавами Кінетичні параметри розчинення фероматеріалів у металевих розплавах. Взаємодія феросиліцію, феромарганцю, ферохрому та інших феросплавів із розплавами сталі.
Тиждень 3	Лекція 4. Кінетика взаємодії твердих добавок з високовуглецевими розплавами Кінетичні параметри розчинення фероматеріалів у металевих розплавах. Взаємодія феросиліцію, феромарганцю, ферохрому та інших феросплавів із розплавами чавуну.
	Лекція 5. Кінетика розчинення модифікаторів у металевих розплавах Фізико-хімічні основи модифікування металевих розплавів. Різновиди модифікаторів, їх хімічний склад та технологія отримання. Технологія модифікування. Аналіз кінетичних параметрів взаємодії модифікаторів з металевими розплавами.
Тиждень 4	Лекція 6. Процеси в розплавах кольорових металів. Кінетика розчинення металевих матеріалів у розплавах на основі алюмінію та цинку.
Тиждень 5	Лекція 7. Основи теорії змочування Змочування вуглеграфітових матеріалів залізовуглецевими розплавами. Міжфазні властивості системи насичений залізовуглецевий розплав – графіт.
	Лекція 8. Кінетика процесів змочування у металевих розплавах Зростання полікристалів графіту в насиченому залізовуглецевому розплаві. Модель утворення кулястих краплень графіту в чавуні.
Тиждень 6	Лекція 9. Металургійні основи взаємодії добавок з металевими розплавами Фізико-хімічні процеси взаємодії в рідких металах. Термодинаміка процесів плавлення, розчинення, хімічної взаємодії, випаровування, фазових перетворень у металевих розплавах.
Тиждень 7	Лекція 10. Структура залізовуглецевих розплавів Склад і властивості залізовуглецевих розплавів. Вплив металевих та неметалевих добавок (лігатур, модифікаторів, феросплавів) на структуру та властивості розплавів. Основи будови рідких та твердих металів.
	Лекція 11. Фізико-хімічна взаємодія у розплавах кольорових металів Термодинаміка взаємодії твердих і рідких фаз у розплавах кольорових металів. Взаємодія комплексних модифікаторів з розплавами кольорових металів.
Тиждень 8	Лекція 12. Структура розплавів алюмінію, міді та цинку Фізико-хімічні основи взаємодії твердих та рідких фаз у розплавах алюмінію, міді та цинку. Вплив модифікувальних елементів на активність кисню в розплавах.
Тиждень 9	Лекція 13. Оброблення розплавів порошковими реагентами Технологічні параметри оброблення розплавів магнійвмісним порошковим дротом. Суспензійне оброблення розплавів.
	Лекція 14. Оброблення розплавів газовими реагентами Кінетика взаємодії залізовуглецевих розплавів із газовими реагентами. Кінетика взаємодії розплавів кольорових металів із газовими реагентами. Процеси легування, мікролегування, модифікування та очищення розплавів під час оброблення газовими реагентами.
Тиждень 10	Лекція 15. Взаємодія залізовуглецевих розплавів із монокристаллами Закономірності взаємодії в розплавах твердих металевих підкладок з металевими розплавами. Міжфазна взаємодія монокристалів ніобію і заліза з різними металами та сплавами.
Тиждень 11	Лекція 16. Взаємодія розплавів кольорових металів із монокристаллами Міжфазна взаємодія монокристалів з кольоровими металами та сплавами. Фізико-хімічні основи міжфазної взаємодії у системах з монокристаллами. Структура металевих розплавів, які містять монокристали.
	Лекція 17. Взаємодія тугоплавких сполук із залізовуглецевими розплавами

	Міжфазні властивості в системах металевих підкладок та розплавів чавуну і сталі.
Тиждень 12	Лекція 18. Взаємодія тугоплавких сполук із розплавами кольорових металів Міжфазні властивості в системах металевих підкладок та розплавів міді, алюмінію, цинку.
Тиждень 13	Лекція 19. Технологія відновлення заліза Технологічні процеси отримання первинного чавуну. Термодинаміка процесів. Хімічний склад та фізичні властивості. Параметри процесів, параметри якості готових напівфабрикатів.
	Лекція 20. Отримання сталі Фізико-хімічні основи взаємодії залізвуглецевих розплавів із твердими, рідкими та газовими реагентами. Процеси отримання сталей. Напівфабрикати із сталі. Параметри якості та області застосування.
Тиждень 14	Лекція 21. Отримання первинних алюмінію, магнію, цинку Металургійні основи вилучення алюмінію, магнію та цинку із природних ресурсів. Хімічний склад і властивості природних ресурсів. Хімічні основи отримання чистих металів різними способами.
Тиждень 15	Лекція 22. Отримання благородних металів Металургійні основи вилучення золота, срібла, металів платинової групи із природних ресурсів. Хімічний склад і властивості природних ресурсів. Хімічні основи отримання чистих благородних металів різними способами.
	Лекція 23. Отримання тугоплавких металів Металургійні основи вилучення титану, цирконію, хрому, молібдену та інших із природних руд. Хімічні основи отримання чистих металів різними способами. Обладнання та термочасові параметри.
Тиждень 16	Лекція 24. Отримання рідкісних металів Технологічні основи отримання рідкісних металів. Особливі властивості рідкісних металів. Галузі застосування. Формування ливарних сплавів. Різновиди сплавів та їх основні властивості.
Тиждень 17	Лекція 25. Отримання лігатур Різновиди лігатур. Хімічний склад лігатур та їх температури плавлення. Галузі застосування. Фізико-хімічні основи отримання лігатур та технологічне обладнання. Маркування лігатур.
	Лекція 26. Отримання феросплавів Різновиди феросплавів. Хімічний склад феросплавів та їх температури плавлення. Галузі застосування. Фізико-хімічні основи отримання феросплавів та технологічне обладнання. Маркування феросплавів.
Тиждень 18	Лекція 27. Контрольна робота. Підведення підсумків. Залік

6. Самостійна робота здобувачів вищої освіти

Самостійна робота здобувачів здійснюється протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки. Самостійна робота полягає у підготовці до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій, робота з джерелами інформації, вказаними в цьому силабусі (загальний обсяг 66 годин).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна «Метали та сплави для ливарного виробництва» складається із курсу із 27 лекцій.

Загальний зміст освітнього компонента представлено у 5 змістових модулях (розділах), які поділені в свою чергу на 13 тем.

Лекційні заняття забезпечені навчальною базовою літературою, а також конспектом лекцій. При їх проведенні активно використовується мультимедійна техніка

Практичні та лабораторні заняття не передбачені.

Модульна контрольна робота в робочому плані одна, але вона поділена на дві частини. Запитання до першої частини охоплюють розділи 1...3, до другої частини – 4...5 дисципліни. Перша контрольна проводиться на атестаційному тижні, друга – на останньому лекційному занятті в семестрі.

Для систематизації роботи студентів над матеріалом передбачено самостійну роботу у вигляді більш детального розгляду окремих питань лекційної підготовки. Самостійна робота не є обов'язковою, але може принести додаткові (творчі) бали максимально у кількості 10.

Штрафних балів за пропуски занять не передбачено.

Для студентів, які написали обидві частини модульної контрольної роботи, застосовується рейтингова оцінка знань.

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 КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/admin-rule-hostel>) та нормативні документи Університету (<https://kpi.ua/web-document>): виконання вимог техніки безпеки під час виконання лабораторних робіт; дотримання правил внутрішнього розпорядку.

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

Для побудови PCO визначено систему контрольних заходів. При плануванні контрольних заходів 2-годинна МКР поділена на дві одногодинні контрольні роботи.

Враховуючи, що семестрова атестація із освітнього компонента – залік, загальний рейтинг студента з кредитного модуля $R_{МСЛВ}$ складається із однієї частини – семестрового рейтингу R_C .

Семестровий рейтинг студента R_C формується як сума балів, нарахованих за роботу в семестрі при написанні двох частин модульної контрольної роботи.

Для стимулювання та заохочення студентів передбачено можливість покращення рейтингу за рахунок самостійної творчої роботи, яка включає написання рефератів, складання програм для розрахунків на ПЕОМ, участь в конкурсах, доповіді на конференціях, написання статей, виготовлення технічних засобів навчання.

Таким чином, семестровий рейтинг з кредитного модуля R_C розраховується за формулою:

$$R_C = \sum_{i=1}^2 KP_i + TP,$$

де KP_i – бали за розділи контрольної роботи;

TP – бали, нараховані за виконання творчих завдань (максимум 10 балів).

Модульна контрольна робота (за навчальним планом) розділена на дві. Проводяться вони на лекційних заняттях. Тривалість по 1 академічній годині. Перша проводиться по завершенні викладення розділу 3, друга – по завершенні викладення всього теоретичного матеріалу. Кожна із контрольних робіт включає 25 тестових завдань теоретичного характеру, які розміщено на сайті «Classtime». Таким чином, максимальна оцінка за кожен частину МКР становить 50 балів.

Залежно від обсягу та складності одного творчого завдання нараховується від 1 до 5 балів. Загальна кількість балів за TP складає 0,1 $R_{МСЛВ}$ тобто 10 балів.

Таким чином, максимальний семестровий рейтинг, він же рейтинг з освітнього компонента, складає 100 балів.

Умови проміжної атестації. За результатами навчальної роботи протягом перших 7 тижнів «ідеальний студент» може набрати максимум 50 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 30 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» може набрати максимум 50 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 30 балів.

В залежності від фактично набраного рейтингу, оцінка студента з дисципліни «Метали та сплави для ливарного виробництва» встановлюється відповідно до наступної таблиці.

Фактичний Рд	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95...100	A	зараховано
85...94	B	
75...84	C	
66...74	D	
60...65	E	
< 60	Fx	не зараховано
Невиконання умов допуску	F	не допущено

Примітки:

1. Необхідними умовами атестації є виконання обох частин МКР.
2. При семестровому рейтингу $R_c \leq 24$ студент не атестується і отримує додаткове завдання у вигляді залікової контрольної роботи для покращення семестрового рейтингу до мінімально необхідного.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на проміжний та підсумковий контроль:

1. Кінетика розчинення твердих та рідких добавок у металевих розплавах.
2. Процеси розчинення графіту в розплавах на основі заліза.
3. Процеси розчинення заліза у сталі та рідкому чавуні.
4. Кінетичні параметри розчинення фероматеріалів у металевих розплавах.
5. Взаємодія феросиліцію, феромарганцю, ферохрому та інших феросплавів із розплавами чавуну.
6. Фізико-хімічні основи модифікування металевих розплавів.
7. Кінетика розчинення металевих матеріалів у розплавах на основі алюмінію та цинку.
8. Змочування вуглеграфітових матеріалів залізовуглецевими розплавами.
9. Модель утворення кулястих вкраплень графіту в чавуні.
10. Термодинаміка процесів плавлення у металевих розплавах.
11. Термодинаміка процесів розчинення у металевих розплавах.
12. Термодинаміка процесів хімічної взаємодії у металевих розплавах.
13. Термодинаміка взаємодії твердих і рідких фаз у розплавах кольорових металів.
14. Взаємодія комплексних модифікаторів з розплавами кольорових металів.
15. Фізико-хімічні основи взаємодії твердих та рідких фаз у розплавах алюмінію, міді та цинку.
16. Технологічні параметри оброблення розплавів магнійвмісним порошковим дротом.

17. Кінетика взаємодії залізовуглецевих розплавів із газовими реагентами.
18. Кінетика взаємодії розплавів кольорових металів із газовими реагентами.
19. Процеси легування, мікролегування, модифікування та очищення розплавів під час оброблення газовими реагентами.
20. Закономірності взаємодії в розплавах твердих металевих підкладок з металевими розплавами.
21. Міжфазна взаємодія монокристалів ніобію і заліза з різними металами та сплавами.
22. Міжфазні властивості в системах металевих підкладок та розплавів чавуну і сталі.
23. Міжфазні властивості в системах металевих підкладок та розплавів міді, алюмінію, цинку.
24. Технологічні процеси отримання первинного чавуну.
25. Процеси отримання сталей. Напівфабрикати із сталі. Параметри якості та області застосування.
26. Металургійні основи вилучення алюмінію, магнію та цинку із природних ресурсів.
27. Металургійні основи вилучення золота, срібла, металів платинової групи із природних ресурсів.
28. Металургійні основи вилучення титану, цирконію, хрому, молібдену та інших із природних руд.
29. Хімічний склад лігатур та їх температури плавлення. Фізико-хімічні основи отримання лігатур та технологічне обладнання.
30. Хімічний склад феросплавів та їх температури плавлення. Фізико-хімічні основи отримання феросплавів та технологічне обладнання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., професор Анатолій ВЕРХОВЛЮК
посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ

Ухвалено кафедрою ливарного виробництва (протокол № 13 від 28 червня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 13/23 від 30.06.23 р.)