


Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)
Кафедра «Технології та обладнання ливарного виробництва»

Затверджую:
Декан факультету
інтегрованих технологій і обладнання


_____ О.Г. Гринь
« 30 » серпня _____ 2025 р.

Гарант освітньої програми:
«Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів»


_____ М.М. Федоров
« 28 » серпня _____ 2025 р.

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри
Технології та обладнання ливарного виробництва

Протокол № 1 від 28.08.2025 р.
Завідувач кафедри


_____ П.Г. Агравал

Робоча програма навчальної дисципліни
«ВИРОБНИЦТВО ВИЛИВКІВ ІЗ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ»

галузь знань 13 «Механічна інженерія»
спеціальність 136 «Металургія»
ОПП «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів»
Освітній рівень перший (бакалаврський)

Факультет інтегрованих технологій і обладнання
Розробник: д-р. хім. наук, доц. Агравал П.Г.

Краматорськ – 2025

1. Опис навчальної дисципліни

Показники		Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
денна на базі ПЗСО	денна на базі ОКР «Молодший бакалавр»		денна на базі ПЗСО	денна на базі ОКР «Молодший бакалавр»
Кількість кредитів		Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u>	Вибіркова	
6,0	6,0			
Загальна кількість годин				
180	180			
Модулів – 1		Спеціальність <u>136 «Металургія»</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2			4-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання			Семестр	
		Освітня програма <u>Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів</u>	8	6
			Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента - 9			39 год.	39 год.
			Практичні, семінарські	
			26 год.	26 год.
			Лабораторні	
			Самостійна робота	
			115 год.	115 год.
			Індивідуальні завдання:	
		Вид контролю: залік		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

- для денної форми навчання – 56%; денної прискореної форми – 56%;
- для заочної форми навчання – 8/5,6%; заочної прискореної форми – 8/5,6%.

2. Загальні відомості

Дисципліна «Виробництво виливків із тугоплавких металів» присвячена вивченню теоретичних основ і практичних методів отримання виливків із металів і сплавів, що мають високі температури плавлення та специфічні фізико-хімічні властивості. У межах курсу розглядаються титан як основа титанових сплавів, ванадій, вольфрам, молібден, ніобій, хром і цирконій, їх властивості, способи отримання та сфери застосування. Розглядаються сучасні технології виплавки, включаючи електронно-променеві печі, і особливості виробництва виливків на їх основі.

Для вивчення дисципліни «Виробництво виливків із тугоплавких металів» студенти попередньо повинні засвоїти такі дисципліни: Фізика, Хімія, Фізична хімія та аналітичний контроль, Теорія і технологія металургійного виробництва, Теоретичні основи ливарного виробництва, Теплотехніка та печі ливарних цехів, Теоретичні основи формоутворення, Основи теорії і плавка ливарних сплавів, Технологія ливарної форми, Обладнання ливарних цехів, Спеціальні види лиття

Мета викладання дисципліни – набуття знань щодо найважливіших фізичних та фізико-хімічних явищ, що складають основу одержання виливків тугоплавких металів і сплавів; вивчення роботи і конструкцій основних плавильних агрегатів спеціальної електрометалургії; аналіз сучасних технологій виплавки тугоплавких металів і сплавів; вивчення особливостей технології виготовлення виливків із тугоплавких металів.

Завдання: Основне завдання вивчення дисципліни – навчити майбутнього фахівця-ливарника, технолога ливарного виробництва методам одержання із тугоплавких металів і сплавів у сучасних металургійних агрегатах; проведенню металургійних процесів в оптимальних технологічних режимах; обирати та проектувати технологію виготовлення виливків з урахуванням особливостей сплавів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

Знати:

- теоретичні основи дисципліни в обсязі, необхідному для вирішення виробничих задач;
- фізико-хімічні основи процесів плавки тугоплавких металів і сплавів на їх основі, що супроводжують технологію їх одержання;
- теоретичні основи і технологічні підходи до одержання виливків із плавки тугоплавких металів і сплавів;
- особливості процесів, що відбуваються при твердінні сплавів в ливарній формі;
- теоретичні основи та інженерні рішення, що необхідні для проектування технології виготовлення виливків.

Вміти:

- застосовувати загальні положення теорії металургійних процесів до конкретних процесів плавки ливарних сплавів;
- визначати доцільність використання технологічних методів плавки для одержання ливарних сплавів, що мають певні властивості;
- визначати перевагу в використанні тієї чи іншої технології плавки.

Опанувати навиками:

- роботи з довідково-нормативною й іншою технічною документацією і літературою, стандартами;
- розробки технології плавки ливарного сплаву з необхідними властивостями при мінімальних витратах трудових і матеріальних ресурсів;
- розробки технології виготовлення виливків із заданого сплаву при мінімальних витратах трудових і матеріальних ресурсів.

Дисципліна «Виробництво виливків із тугоплавких металів» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти **компетентностей**:

Компетентності відповідно до освітньо-професійної програми	
Загальні компетентності (ЗК)	Фахові компетентності (ФК)
ЗК3. Здатність самостійно вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК4. Здатність працювати в команді. ЗК5. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК13. Здатність приймати обґрунтовані рішення.	ФК2. Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації. ФК10. Здатність визначити характеристики специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації. ФК20. Здатність застосовувати та демонструвати базові знання з фундаментальних розділів фізичної хімії, ливарної гідравліки, металургійних та ливарних процесів і технологій виробництва, основ одержання якісних металів і сплавів. ФК21. Здатність аналізувати процеси, що протікають в рідких металах і сплавах у плавильних агрегатах та під час їх кристалізації. ФК23. Здатність розробляти технологічні процеси виплавляння сплавів їх легування, модифікування та позапічного оброблення. ФК24. Здатність обирати основні і допоміжні матеріали та/або здійснювати керування технологічними процесами з метою отримання продукції заданої якості. ФК27. Здатність аргументувати вибір методу лиття на основі аналізу вимог до виливків, розробляти технологічні процеси виробництва, як традиційними, так і спеціальними методами формоутворення і лиття.

Дисципліна «Виробництво виливків із тугоплавких металів» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти наступних **результатів навчання**:

Програмні результати навчання відповідно до освітньо-професійної програми
ПР03. Передові знання принаймні за однією зі спеціалізацій в металургії. ПР07. Вміння здійснювати пошук літератури, консультуватися і критично використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації.

4. ЛЕКЦІЇ

Змістовий модуль 1. Виробництво виливків на основі сплавів титану

Вступ. Тема Т1. Загальна характеристика титану як основи сплаву та його взаємодії з іншими елементами. Технологічні схеми отримання титану та його рафінування.

Лекція 1. Мета і завдання дисципліни. Основний зміст дисципліни. Загальна характеристика титану як основи сплаву та його взаємодії з іншими елементами.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати діаграми стану титан–кисень, титан–водень.

Лекція 2. Технологічні схеми отримання титану та його рафінування.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати принципову схему отримання титану з ільменітових руд.

Лекція 3. Сировина для отримання титану та загальні принципи її переробки. Виробництво компактного титану. Рафінування титану.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати схему електродугової печі з витрачуванням електродом; ознайомитись із ДСТУ 17746-96.

Тема Т2. Класифікація, маркування та властивості сплавів на основі титану. Вплив легуючих домішок на властивості титанових сплавів.

Лекція 4. Класифікація та маркування сплавів на основі титану. Титанові сплави на основі системи титан–алюміній та їх властивості. Діаграма стану та фазові перетворення в подвійній системі.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати діаграму стану системи титан–алюміній та нікель–титан.

Лекція 5. Вплив легуючих елементів на властивості титанових сплавів на основі системи титан–алюміній.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу.

Лекція 6. Титанові сплави на основі інтерметалічних сполук. Діаграма стану та фазові перетворення в системі нікель–титан. Сплави з ефектом пам'яті форми.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; ознайомитись із ДСТУ 19807-91.

Тема Т3. Особливості плавки титанових ливарних сплавів. Особливості технології виготовлення фасонних виливків з титанових сплавів.

Лекція 7. Вакуумна плавка титанових сплавів. Конструкція вакуумної електродугової гарнісажної печі.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту схеми вакуумної електродугової гарнісажної печі, схеми розливання металу.

Лекція 8. Конструкції плавильно-заливних установок. Лиття в набивні або пресовані форми. Лиття в оболонкові форми.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту схему вакуумної плавильно-заливної установки.

Лекція 9. Лиття по виплавленим моделям. Приготування сумішей та составів, виготовлення форм. Заходи щодо підвищення хімічної інертності форм.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу.

Лекція 10. Лиття під тиском. Основні вимоги та рекомендації при проектуванні ливниково-живлячої системи для виливків з титанових сплавів. Фінішні операції. Термічна обробка.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту схему технологічного процесу виготовлення виливків методом лиття в разові форми.

Змістовий модуль 2. Виробництво виливків ванадію, вольфраму, молібдену, ніобію, хрому, цирконію та сплавів на їх основі

Тема Т4. Загальна характеристика ванадію, вольфраму, молібдену, ніобію, хрому, цирконію та їх взаємодії з іншими елементами. Технологічні схеми отримання тугоплавких металів.

Лекція 11. Загальна характеристика ванадію, вольфраму, молібдену, ніобію, хрому, цирконію та їх взаємодії з іншими елементами.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати діаграми стану молібден–кисень, ніобій–кисень, хром–кисень.

Лекція 12. Технологічні схеми отримання вольфраму, молібдену, ніобію. Сировина для отримання тугоплавких металів та загальні принципи її переробки.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу.

Лекція 13. Виробництво металевого вольфраму, металевого молібдену, компактного ніобію. Технологічні схеми отримання ванадію, цирконію, хрому.

Література: [1–4].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу.

Лекція 14. Сировина для отримання тугоплавких металів та загальні принципи її переробки. Виробництво компактного ванадію, губчатого цирконію, металевого хрому.

Література: [1–5].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати схему апарату для спікання штабиків, принципову схему переробки ванадієвого шлаку.

Тема Т5. Загальна характеристика, властивості та області застосування сплавів на основі ванадію, вольфраму, молібдену, ніобію, хрому, цирконію. Особливості плавки ливарних сплавів на основі ванадію, вольфраму, молібдену, ніобію, хрому, цирконію.

Лекція 15. Сплави на основі тугоплавких металів. Діаграма стану та фазові перетворення в системах ванадій–ніобій, вольфрам–цирконій, ніобій–молібден, молібден–титан, ніобій–цирконій, хром–молібден. Вплив легуючих елементів на властивості сплавів на основі тугоплавких металів. (3 год.)

Література: [1–5].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати діаграми стану систем ванадій–ніобій, вольфрам–цирконій, ніобій–молібден, молібден–титан, ніобій–цирконій, хром–молібден.

Лекція 16. Конструкція електронно-променевої печі. Конструкція електронно-променевої печі з одним шихтовим бункером.

Література: [1–5].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу; занести до конспекту та описати схеми електронно-променевої печі, схеми плавки сплавів на основі тугоплавких металів.

Тема Т6. Особливості технології виготовлення фасонних виливків зі сплавів на основі тугоплавких металів.

Лекція 17. Лиття в набивні або пресовані форми. Лиття в оболонкові форми. Лиття по виплавленим моделям.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу.

Лекція 18. Суміші та состави для виготовлення форм. Лиття під тиском.

Література: [1–6].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу. Підготовка до контрольної роботи.

Лекція 19. Основні вимоги та рекомендації при проектуванні ливниково-живлячої системи для виливків зі сплавів на основі тугоплавких металів. Фінішні операції. Термічна обробка.

Література: [1–7].

Завдання на СРС: вивчення лекційного матеріалу.

5. Практичні заняття

Метою практичних занять закріпити і поглибити теоретичні знання, що повинно сприяти розвитку у студентів навичок самостійної роботи, виробленню уміння сформулювати висновки, ознайомлює студентів із структурою, властивостями тугоплавких металів і сплавів, засвоєнню технологічних особливостей одержання виливків із тугоплавких металів і сплавів.

Тематика практичних занять:

Практична робота 1. Дослідження структури титану в литому стані.

Практична робота 2. Дослідження структури титанових сплавів в литому стані та його взаємодії з домішками.

Практична робота 3. Дослідження структури литих сплавів на основі вольфраму та молібдену

Практична робота 4. Дослідження структури литих сплавів на основі ванадію та ніобію

Практична робота 5. Дослідження структури литих сплавів на основі хрому та цирконію

6. Самостійна робота

Під час самостійної роботи студенти вивчають як матеріал аудиторних занять курсу, так і питання винесенні на самостійне вивчення. Основні види самостійної роботи здобувача вищої освіти:

1. Вивчення додаткової літератури.
2. Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.
3. Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт.
4. Виконання домашнього завдання – оформлення результатів практичних робіт.
5. Підготовка до проміжного й підсумкового контролю.

Контроль систематичності виконання самостійної роботи визначають за такими критеріями:

- 1) Розуміння, ступінь засвоєння теорії і методології проблем, що розглядаються;
- 2) Ступінь засвоєння матеріалу дисципліни;
- 3) Ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою за темами, що розглядаються;
- 4) Уміння поєднувати теорію з практикою при розгляді ситуацій, вирішенні завдань, винесених для самостійного опрацювання.

Самостійна робота здобувача контролюється протягом семестру. При оцінюванні самостійної роботи увагу приділяють також її якості і самостійності, своєчасності здачі виконаних завдань викладачу (згідно з графіком навчального процесу). Якщо якась із вимог не виконується, то відповідно оцінка може бути заниженою.

Самостійна робота оцінюється за такими критеріями: самостійність виконання; логічність і послідовність викладання матеріалу; повнота виконання практичних робіт; використання додаткових літературних джерел.

7. Контрольні заходи

Мета контрольних робіт – контроль рівня засвоєння студентами основних теоретичних положень курсу та спроможність користуватися ними на практиці під час вирішення конкретних фахових завдань.

Контроль знань проводиться на планових заняттях шляхом відповіді на індивідуальні тестові питання. Система оцінювання знань студентів з дисципліни, розподіл часу на засвоєння модулів, форми і терміни контролю наведені в додатку А. Тематика контрольних робіт складається з питань лекційного матеріалу та практичних занять. Підсумковий контроль знань включає залік після завершення вивчення дисципліни наприкінці 8 семестру. Підсумкова оцінка виставляється за 100-бальною шкалою шкалою ECTS:

Сума балів	ECST	Оцінка	Рівень компетентності
90-100	A	відмінно	Високий Повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни. Власні пропозиції студента в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін, а також знання, набуті при самостійному поглибленому вивченні питань, що відносяться до дисципліни, яка вивчається.
81-89	B	добре	Достатній Забезпечує здобувачу освіти самостійне вирішення основних практичних задач в умовах, коли вихідні дані в них змінюються порівняно з прикладами, що розглянуті при вивченні дисципліни
75-80	C		Достатній Конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають утруднення.
65-74	D	задовільно	Середній Забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни
55-64	E		Середній Є мінімально допустимим у всіх складових навчальної програми з дисципліни
30-54	FX	незадовільно	Низький Не забезпечує практичної реалізації задач, що фор-

		муються при вивченні дисципліни
0-29	F	Незадовільний Здобувач освіти не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни

8. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни «Виробництво виливків із тугоплавких металів» для студентів спеціальності 136 «Металургія» ОП «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів» / Укл. П. Г. Агравал. – Краматорськ: ДДМА, 2025. – 13 с.
2. Виробництво виливків із тугоплавких металів. Конспект лекцій для студентів спеціальності 136 «Металургія» ОП «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів» / Укл. П. Г. Агравал – Краматорськ: ДДМА, 2025. – 71 с.

9. Рекомендована література та електронні ресурси

Базова

1. Металургія кольорових металів. Ч. 1. Сировинні ресурси і виробництво / Пожуєв В.І, Іващенко В.І., Червоний І.Ф. та ін. – Запоріжжя : ЗІА, 2007. – 351 с.
2. Металургія кольорових металів. Ч. 2. Збагачення руд кольорових металів / Смирнов В.О., Брідіхін В.Н., Маняк М.О. та ін. – Запоріжжя : ЗІА, 2007. – 317 с.
3. **Верховлюк А. М.** Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посібник / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко; за ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. – К. : Видавничий дім «Вініченко», 2016. – 224 с.

Додаткова

4. **Ігнат'єв, В. С.** Теоретичні основи процесів кольорової металургії: підручник / Ігнат'єв В. С., Пожуєв В.І, Брідіхін В.М. та ін. ; за ред. д.т.н., професора Червоного І.Ф.: Запорізь. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 200 с. – ISBN 978-966-8462-70-2.
5. Handbook of Advanced Materials: Enabling New Designs / Ed. J. K. Wessel, New Jersey: J. Wiley & Sons, Inc., 2004. – 645 p.
6. **Seetharaman S.** Fundamentals of Metallurgy / S. Seetharaman. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2005. – 576 p. – ISBN 978-1-85573-927-7.
7. **Campbell F. C.** Elements metallurgy and engineering alloys / F. C. Campbell. – ASM International, 2008. – 645 p.

8. **Chakrabarti A. K.** Casting technology and cast alloys / A. K. Chakrabarti. – PHI Learning Pvt. Ltd., 2005. – 288 p.

Електронні ресурси:

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>
2. Інформаційний ресурс з ливарного виробництва SOUZ- LITYO. Електронний ресурс. Режим доступу: https://lityo-com-ua.translate.google/?_x_tr_sl=ru&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=ru
3. Бібліотека Донбаської державної машинобудівної академії. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/bibliografichni-pokazhchiki.html>

Робочу програму склав

доцент кафедри ТОЛІВ, д-р. хім. наук



Павло АГРАВАЛ

Додаток А

Система оцінювання знань студентів по дисципліні «Виробництво виливків із тугоплавких металів», розподіл часу на засвоєння тем, форми і терміни контролю знань

№ п/п	№ модуля	Форма контролю	№ навчального тижня	Кількість балів		Короткий зміст контрольної точки й час на її проведення
				максимальна	мінімальна	
1	Модуль №1	Захист практичної роботи №1	2	11	5	Захист практичної роботи відбувається у вигляді співбесіди студента з викладачем з теоретичної частини й методики виконання роботи, обговорення отриманих результатів і висновків з роботи. Практична робота вважається захищеною, якщо студент якісно виконав роботу, відповідно до вимог оформив звіт, обробив отримані результати, коректно сформулював висновки й у процесі співбесіди відповів на основні запитання викладача.
2		Захист практичної роботи №2	5	11	5	
		Захист практичної роботи №3	7	11	5	
4		Захист практичної роботи №4	9	11	5	
		Захист практичної роботи №5	11	11	5	
		Контрольна робота КР1	12	45	30	Проводиться в години самостійних занять або на консультації протягом однієї пари (2 академічні години). Завдання на контрольну роботу включає 2 питання: по 1 питанню з 6 тем (Т1–Т6).
Усього по змістовому модулю №1				100	55	Ваговий коефіцієнт модуля в семестрі – 1,0
Усього				100	55	

Підсумковий контроль – ЗАЛК