


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
«Теоретичні основи ливарного виробництва»

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	к.т.н. доц. Микола ФЕДОРОВ

Краматорськ, 2025

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мова навчання: українська.

Статус дисципліни: обов'язкова дисципліна циклу професійної підготовки.

Пререквізити та постреквізити навчальної дисципліни:

Освітній компонент (навчальна дисципліна) «Теоретичні основи ливарного виробництва» відноситься до циклу професійної підготовки і вивчається до початку засвоєння інших освітніх компонентів фахової підготовки, призначений дати здобувачам вищої освіти головні закономірності плавлення, заливання ливарних сплавів, кристалізації та формування виливків у ливарній формі, динаміки їх затвердіння і формування структури та властивостей. Розуміння зазначених теоретичних основ забезпечує майбутнім фахівцям-металургам можливість керувати процесом формування властивостей литих виробів, що зумовлює отримання виливків заданої якості.

Лише на основі повного і чіткого засвоєння теоретичних основ ливарного виробництва здобувачі вищої освіти будуть готові до розуміння та вивчення подальших освітніх компонентів з фахової підготовки за освітньою програмою «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів».

Вивчення освітнього компонента базується на знаннях, отриманих раніше в результаті вивчення вищої математики, хімії, фізики, фізичної хімії та аналітичного контролю, теорії і технології металургійного виробництва (частини 1), теплотехніки та печей ливарних цехів, прикладної механіки.

Освітній компонент забезпечує в подальшому вивчення освітніх компонентів на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти: «Теоретичні основи формоутворення», «Технологія ливарної форми», «Обладнання ливарних цехів», «Виробництво виливків із чавунів», «Виробництво виливків із сталей», «Виробництво виливків із кольорових металів», «Спеціальні види лиття», а також на другому (магістерському) рівні вищої освіти: «Кристалізація та властивості металів та сплавів на основі заліза», «Проектування технології виготовлення виливків СОВЛ», «Спеціальні види в металургії», «Прогресивні технології та обладнання в металургії».

Характеристики навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС: 6,0	Галузь знань: 13«Механічна інженерія»	Обов'язкова дисципліна циклу професійної підготовки
Модуль – 1, кількість кредитів ЄКТС: 3,0 Модуль – 2, кількість кредитів ЄКТС: 3,0	Спеціальність: 136 «Металургія»	Рік підготовки:
Змістовних тем за модулем 1 – 10 Змістовних тем за модулем 2 – 8		2-й
Загальна кількість годин - 180		Семестр
		4а, 4б
		Всього 180 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,0; самостійної роботи здобувача – 5,0	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Лекції: 54 год.
		Лабораторні роботи: 18 год.
		Практичні роботи: 18 год.
		Самостійна робота: 90 год.
Курсова робота (проект) – не передбачено		Вид контролю: екзамен

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета навчальної дисципліни: вивчення властивостей рідких металів і сплавів, закономірностей їх взаємодії з газами в процесі плавлення й заливання, заповнення порожнини ливарної форми, формування кристалічної структури вилівка та принципів управління цими процесами, утворення у виливках внутрішніх напружень, тріщин та інших дефектів.

Предмет навчальної дисципліни: теоретичні основи фізичних, хімічних, теплових та інших процесів, на яких базуються технологічні процеси ливарного виробництва.

Завдання навчальної дисципліни: вивчення дисципліни забезпечує загальні компетентності та універсальні навички фахівця, а також глибинні теоретичні знання за обраною спеціальністю, розвинення знань та практичних навичок здобувачів вищої освіти в області ливарного виробництва.

Навчальна дисципліна «Теоретичні основи ливарного виробництва» формує у здобувачів вищої освіти загальні компетентності:

- ЗК 3: Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК 5: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 9: Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 17: Здатність працювати з інформацією: знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для вирішення професійних завдань у галузі металургії.

Навчальна дисципліна формує у здобувачів вищої освіти фахові компетентності:

- ФК 2: Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації;
 - ФК 3: Критично осмислювати наукові факти, концепції, теорії, принципи і методи, необхідні для професійної діяльності в сфері металургії;
 - ФК 4: Здатність застосовувати і інтегрувати знання на основі розуміння інших інженерних спеціальностей;
 - ФК 10: Здатність визначити характеристики специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації;
 - ФК 14: Здатність забезпечувати якість продукції;
 - ФК 21: Здатність використовувати професійні знання властивостей металів та сплавів для конструювання продукції в ливарному виробництві з заданими властивостями;
 - ФК 22: 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;
 - ФК 26: Здатність обирати основні і допоміжні матеріали та/або здійснювати керування технологічними процесами з метою отримання продукції заданої якості;
 - ФК 35: Здатність проводити дослідження, оброблювати та аналізувати результати, робити висновки і надавати рекомендації.
- Навчальна дисципліна забезпечує програмні результати навчання:
- ПР 03: Передові знання принаймні за однією зі спеціалізації в металургії;
 - ПР 06: Вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки;
 - ПР 10: Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації;
 - ПР 15: Готовність до подальшого навчання з високим рівнем автономності;

- ПР 26: Вміння ефективно призначати матеріал для виготовлення продукції згідно з вимогами, які до неї висуваються;
- ПР 27: Вміння аналізувати і керувати факторами, які впливають на технологічні процеси виготовлення, структуру та властивості литих виробів;
- ПР 42: Вміння здійснювати дослідження із застосуванням сучасних експериментальних методів, оброблювати та аналізувати результати досліджень, обґрунтовувати висновки і надавати рекомендації.

3. ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістовних тем	Кількість годин			
	денна форма			
	Всього	у тому числі		
лек.		лаб./практ.	сп	
Модуль 1. Семестр 4а				
Розділ 1. Властивості металів і сплавів				
Тема 1.1. Вступ до дисципліни. Фізичні властивості металів і сплавів та методи їх визначення.	15	4	3 / 4	4
Тема 1.2. Випаровування металів під час плавлення.	9	2	- / 2	5
Тема 3. Основи теорії сплавів. Сплави і їхня характеристика. Класифікація фаз.	9	4	- / -	5
Розділ 2. Взаємодія рідких металів з газами. Заливання металів і сплавів				
Тема 2.1. Основи взаємодії рідких металів і сплавів з газами.	7	2	- / -	5
Тема 2.2. Методи видалення розчинених газів із металевих розплавів.	7	2	- / -	5
Тема 2.3. Витікання металу з ковша та його рух у формі.	9	2	- / 3	4
Тема 2.4. Рідкотекучість сплавів і заповнення ливарних форм.	10	2	4 / -	4
Розділ 3. Кристалізаційні процеси				
Тема 3.1. Термодинаміка процесів кристалізації.	7	2	- / -	5
Тема 3.2. Методи регулювання кристалізаційних процесів.	10	4	2 / -	4
Тема 3.3. Неметалеві вкраплення і ліквация. Фільтрування розплавів.	7	3	- / -	4
Всього годин за Модуль 1	90	27	9 / 9	45
Модуль 2. Семестр 4б				
Розділ 4. Теплові процеси				
Тема 4.1. Математичний і фізичний опис теплових процесів.	11	2	4 / -	5

Тема 4.2. Визначення тривалості твердіння виливків за законом «квадратного кореня».	11	3	- / 2	6
Тема 4.3. Визначення тривалості твердіння та охолодження виливків у піщаних і металевих формах.	11	2	- / 2	7
Тема 4.4. Зовнішні та внутрішні холодильники та їх розрахунок.	11	4	- / 2	5
Розділ 5 Усадкові процеси				
Тема 5.1. Усадкові дефекти та причини їх утворення.	11	4	2 / -	5
Тема 5.2. Надливи та регулювання їх роботи.	11	4	- / 2	5
Тема 5.3. Внутрішні напруження та усадкові деформації.	13	4	3 / 1	5
Тема 5.4. Гарячі та холодні тріщини.	11	4	- / -	7
Всього годин за Модуль 2	90	27	9 / 9	45
Всього годин	180	54	18 / 18	90

Лек. – лекції, Лаб. - лабораторні заняття, Практ. – практичні заняття, СР – самостійна робота здобувачів.

4. ЛЕКЦІЇ, ЛАБОРАТОРНІ, ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

<p>Тема 1.1. Лекція 1. Вступна лекція. Температура плавлення, густина та питомий об'єм металів і сплавів (2 год)</p> <p>Вступ до навчальної дисципліни. Мета і задачі навчальної дисципліни. Технологічний процес виготовлення виливка. Література та інформаційні джерела. Головні поняття та терміни. Температура плавлення металів та її залежність від тиску під час плавлення. Густина та питомий об'єм металів та їх залежність від температури. Густина та питомий об'єм сплавів. Атомна маса сплаву. Атомний об'єм сплаву.</p>
<p>Тема 1.1. Лекція 2. Поверхневий натяг та в'язкість розплавів. Теплові властивості металів. Фізичні властивості металів і сплавів (2 год)</p> <p>Поверхневий натяг розплавів та його залежність від температури. В'язкість розплавів. Вплив поверхневого натягу на формування поверхні виливка. Дифузія в розплавах. Електричні та теплові властивості металів, їх залежність від температури та вплив на формування виливка в процесі охолодження. Розрахунок коефіцієнтів температуропровідності та теплоакумулювальної здатності металів у твердому та рідкому стані. Теплота змішування рідких металів.</p>
<p>Лабораторне заняття 1. Вступний інструктаж та представлення графіку лабораторних робіт. Ознайомлення із лабораторіями кафедри (1 год)</p>
<p>Тема 1.2. Лекція 3. Випаровування металів під час плавлення (2 год)</p> <p>Випаровування металів за атмосферного тиску. Тиск насиченої пари металу та сплаву. Легколетючі метали. Залежність тиску насиченої пари від температури. Кипіння металів. Випаровування металів та сплавів при у вакуумі. Маса металу, що випаровується. Швидкість випаровування компонентів сплаву. Вакуумна дистиляція.</p>
<p>Практичне заняття 1. Правила виконання практичних робіт, система оцінювання. Ознайомлення із методичним забезпеченням. Визначення графіку виконання самостійних</p>

домашніх завдань (2 год).
<p>Тема 2.1. Лекція 4. Взаємодія рідких металів з газами (2 год)</p> <p>Джерела газів. Вираження вмісту газів у металах. Кінетика процесу взаємодії рідких металів з газами. Вплив тиску газу та температури. Види взаємодії. Етапи взаємодії. Продукти взаємодії та їх вплив на процеси газонасичення.</p>
<p>Тема 2.1. Лекція 5. Взаємодія рідких металів з воднем. Взаємодія розплавів з киснем, азотом і складними газами (2 год)</p> <p>Таблиця розчинності газів у металах. Взаємодія розплавів з воднем. Джерела появи водню. Рівняння розчинності водню в металах. Розчинність водню в сплавах. Хімічна взаємодія водню з металами. Розчинність кисню в залізобуглецевих сплавах. Окислення металів у рідкому і твердому станах. Розкислення сплавів, вибір розкислювачів. Кінетика взаємодії розплавів з азотом та складними газами. Хімічна взаємодія азоту, сірки і вуглецю з металами.</p>
<p>Лабораторне заняття 2. Визначення питомого об'єму металів і сплавів методом гідростатичного зважування. Визначення середньої щільності металу виливка (2 год)</p>
<p>Тема 2.1. Лекція 6. Контроль газонасиченості рідких металів та виливків (2 год)</p> <p>Газові дефекти та їх вплив на властивості металу у виливках. Якісний та кількісний аналіз вмісту газів у виливках. Методи вакуум-нагрівання та вакуум-плавлення. Експрес-метод визначення вмісту газів у виливках.</p>
<p>Практичне заняття 2. Розрахунок складу сплаву в атомних відсотках, питомого об'єму та густини сплаву, маси грам-атому сплаву (2 год).</p>
<p>Тема 2.2. Лекція 7. Дегазація розплавів вакуумуванням і продуванням інертними газами (2 год)</p> <p>Запобігання утворенню газових дефектів в виливках. Дегазація розплавів. Вакуумування розплавів у ковші. Вакуумування струменя. Порційне вакуумування. Продування інертним газом у ковші через трубку або через пористі пробки у дні ковша. Продування інертними газами у вакуумі. Схеми процесів, параметри ефективності дегазації, переваги і недоліки. Оброблення хлористими та фтористими солями. Сутність процесів та ефективність очищення. Виморожування розплавів. Нагрівання до температури кипіння. Підвищення тиску під час кристалізації. Зонне переплавлення у вакуумі. Оброблення ультразвуком, електричним та магнітним полями.</p>
<p>Тема 2.3. Лекція 8. Витікання металу з ковша та його рух у формі (2 год)</p> <p>Конструкція стопорного ковша. Область застосування. Формування струменя металу. Швидкість струменя в отворі та на відстані від нього. Розрахунок об'ємної та масової витрати розплаву з ковша. Тривалість витікання. Режими заповнення форм із ковша. Коефіцієнт гальмування. Розрахунок діаметра отвору стопорного стакана. Конструкція носикового ковша. Рушійний напір. Траєкторія та рівняння руху струменя металу. Визначення положення носика ковша відносно заливальної воронки по висоті та по горизонталі. Енергія, потужність, сила удару та динамічний тиск струменя металу. Режими руху металу. Критерій Рейнольдса та його розрахунок. Гідравлічний радіус каналу. Швидкість металу в каналах ливарної форми. Коефіцієнти місцевих втрат та їх розрахунок.</p>
<p>Лабораторне заняття 3. Дослідження впливу температури заливання та матеріалу форми на рідкотекучість сплавів. Частина 1 (2 год)</p>
<p>Тема 2.4. Лекція 9. Рідкотекучість металу та заповнювання форм (2 год)</p> <p>Рідкотекучість металів, її види та залежність від технологічних факторів.</p>

Технологічні проби. Заповнювання форми і відтворення конфігурації її тонких елементів. Вибір температури заливання. Охолодження металу під час випуску з печі та транспортування у ковшах. Розрахунок температурних втрат.

Практичне заняття 3. Розрахунок складу парової фази під час плавлення металів за атмосферного тиску. Швидкість випаровування під час плавлення в вакуумі (2 год)

Тема 3.1. Лекція 10. Термодинаміка процесу кристалізації. Кристалізація металу у виливках (2 год)

Передкристалізаційний стан рідких металів. Флуктуації, кластери, їх існування за різних температур. Термодинамічна теорія кристалізації. Гомогенне утворення зародків кристалізації та їх критичний радіус. Енергія утворення зародків. Швидкість утворення і росту зародків кристалізації. Формування зернової структури виливка. Первинна кристалізація металу у виливках. Послідовна і об'ємна кристалізації. Критерій характеру кристалізації. Утворення аморфних металів.

Тема 3.2. Лекція 11. Кристалічна будова виливків. Регулювання кристалізаційних процесів (2 год)

Особливості кристалізації сплавів. Будова області твердіння. Дендрити та їх будова. Типи кристалізаційних структур у виливках. Структурні області у виливках, їх залежність від умов тепловіддачі та діаграми стану.

Лабораторне заняття 4. Дослідження впливу температури заливання та матеріалу форми на рідкотекучість сплавів. Частина 2 (2 год)

Тема 3.2. Лекція 12. Регулювання кристалізаційних процесів. Модифікування та інші методи (2 год)

Методи регулювання кристалізаційних процесів. Теплові методи, фізико-хімічні методи. Модифікування розплавів Модифікатори та їх вибір, приклади модифікування. Суспензійне лиття. Вплив ультразвуку та електричних полів на процеси кристалізації.

Практичне заняття 4. Витікання металу із стопорного ковша. Розрахунок швидкості, об'ємної та масової витрат, тривалості витікання, діаметра стопорного стаканчика. Визначення положення носикового ковша в процесі заливання. Розрахунок параметрів динамічної дії струменя металу на стінки форми та величини гідравлічного удару. Модульна контрольна робота, частина 1. (3 год)

Тема 3.3. Лекція 13. Ліквіація у виливках (2 год)

Дендритна і зональна ліквіація та методи її виявлення. Коефіцієнт розподілу домішок. Зв'язок ліквіації із діаграмами стану. Схильність елементів до ліквіації. Запобігання ліквіації та її усунення. Види зональної ліквіації та причини їх утворення. Методи попередження зональної ліквіації.

Тема 3.3. Лекція 14. Неметалеві вкраплення у виливках. Фільтрування розплавів (1 год)

Неметалеві вкраплення, причини їх утворення і класифікація. Поведінка неметалевих часток у розплаві. Попередження утворення неметалевих вкраплень у виливках. Виявлення вкраплень. Сітчасті фільтри. Схеми використання. Розрахунок металостатичного тиску під час фільтрування. Фільтрування розплавів зернистими та пінокерамічними фільтрами. Механізм затримання неметалевих вкраплень у фільтрах. Схеми фільтрування. Процес виготовлення пінокерамічного фільтра. Ефективність процесів фільтрування.

Лабораторне заняття 5. Дослідження температурних кривих охолодження металів та сплавів (2 год)

<p>Тема 4.1. Лекція 15. Дослідження процесів твердіння (2 год)</p> <p>Методи дослідження теплових процесів твердіння виливків. Вирішення найпростішої задачі про тривалість твердіння виливка. Коефіцієнт твердіння. Вирішення задачі Стефана-Шварца про твердіння виливка.</p>
<p>Практичне заняття 5. Розрахунок тривалості твердіння виливків у піщаних та металевих формах за законом «квадратного кореня». Визначення коефіцієнтів твердіння (2 год)</p>
<p>Тема 4.2. Лекція 16. Вплив технологічних факторів на твердіння виливка (2 год)</p> <p>Розрахунок тривалості твердіння виливка за законом «квадратного кореня» для лиття у піщані і металеві форми. Визначення коефіцієнтів, які враховують конфігурацію виливка, перегрівання та інтервал кристалізації сплаву, зазор «метал-форма», газ у зазорі.</p>
<p>Тема 4.3. Лекція 17. Метод Баландіна Г.Ф. для лиття у піщані форми (2 год)</p> <p>Етапи твердіння і охолодження виливків у піщаній формі за методом Г.Ф. Баландіна. Визначення тривалості відведення теплоти перегрівання. Спектральна, спектральна ефективна та ефективна теплота кристалізації. Рівняння тепломасообміну для сплавів типу твердого розчину та сплавів з евтектикою. Розрахунок тривалості твердіння виливків. Тривалість охолодження виливків у піщаній формі після кристалізації. Вибір температури вибивання.</p> <p>Тривалість охолодження виливків на повітрі.</p>
<p>Лабораторне заняття 6. Дослідження впливу теплофізичних властивостей матеріалу ливарної форми на кінетику твердіння виливка. Частина 1 (2 год)</p>
<p>Тема 4.3. Лекція 18. Метод Вейника А.Й. для лиття в металеві форми (1 год)</p> <p>Особливості розрахунку тривалості твердіння виливків у металевій формі за методом А.Й. Вейника. Формула для визначення тривалості твердіння. Тривалість охолодження виливків у металевій формі після кристалізації. Вибір температури вибивання. Тривалість охолодження виливків на повітрі.</p>
<p>Практичне заняття 6. Розрахунок тривалості твердіння та охолодження виливків у піщаних та металевих формах (2 год)</p>
<p>Тема 4.4. Лекція 19. Регулювання теплових процесів (2 год)</p> <p>Регулювання процесів твердіння та охолодження виливків. Послідовне твердіння. Вибір матеріалу форми та його вплив на коефіцієнти твердіння. Використання газів, зовнішнього тиску, розрідження та продування форм повітрям. Поняття про холодильники.</p>
<p>Тема 4.4. Лекція 20. Зовнішні та внутрішні холодильники (2 год)</p> <p>Зовнішні холодильники. Призначення, типи, розрахунок об'єму та лінійних розмірів. Схеми встановлення. Зовнішні холодильники. Встановлення розмірів зовнішніх холодильників.</p>
<p>Лабораторне заняття 7. Дослідження впливу теплофізичних властивостей матеріалу ливарної форми на кінетику твердіння виливка. Частина 2 (2 год)</p>
<p>Тема 5.1. Лекція 21. Лінійна усадка виливків (2 год)</p> <p>Види усадки. Вільна і утруднена ливарна усадка. Коефіцієнти усадки у рідкому, твердому станах та при твердінні. Ливарна усадка. Зв'язок між лінійним і об'ємним коефіцієнтами усадки. Коефіцієнти усадки металів та сплавів. Формування усадкових порожнин та їх види.</p>
<p>Практичне заняття 7. Зовнішні і внутрішні холодильники. Розрахунок розмірів зовнішніх і внутрішніх холодильників (2 год).</p>

<p>Тема 5.1. Лекція 22. Усадкові порожнини (2 год) Усадкові раковини і механізм їх утворення. Розрахунок глибини усадкової раковини. Усадкова пористість та її утворення у металах та сплавах. Методи визначення і розрахунку об'єму порожнин. Методи запобігання утворенню усадкових порожнин.</p>
<p>Тема 5.2. Лекція 23. Надливи (2 год) Надливи і їх різновиди. Вихід придатного литва. Регулювання роботи надливів. Механічні методи: підкачування розплаву, подача інертного газу. Надливи атмосферного і надатмосферного тиску.</p>
<p>Лабораторне заняття 8. Дослідження об'ємної усадки сплавів (2 год)</p>
<p>Тема 5.2. Лекція 24. Регулювання роботи надливів. Розрахунок надливів (2 год) Теплові методи регулювання: доливання розплаву з ковша, підігрівання електричною дугою, використання тепло ізольованих надливів. Екзотермічні надливи. Склад екзотермічних сумішей. Область використання методів. Інженерні методи розрахунку розмірів надливів за методами Б.Б. Гуляєва, І. Пржібила, О.Ф. Кузовова. Методика розрахунку кінетики твердіння виливків і розмірів надливів на ПЕОМ.</p>
<p>Практичне заняття 8. Розрахунок усадки металів і сплавів у твердому і рідкому стані. Усадка під час твердіння. Вибір типу і розрахунок розмірів надливів (2 год)</p>
<p>Тема 5.3. Лекція 25. Внутрішні напруження у виливках (2 год) Види та механізм утворення напружень у виливках. Розрахунок величини механічних та термічних напружень. Запобігання утворенню напружень у виливках. Контроль напружень у виливках.</p>
<p>Тема 5.3. Лекція 26. Деформація виливків у процесі охолодження (2 год) Усадкові деформації в виливках. Розрахунок величини жолоблення виливків у процесі охолодження. Попередження жолоблення виливків.</p>
<p>Лабораторне заняття 9. Дослідження залишкових температурних напружень у виливках (3 год)</p>
<p>Тема 5.4. Лекція 27. Тріщини у виливках - механізм утворення (2 год) Різновиди та механізм утворення тріщин у виливках. Контроль схильності сплавів до тріщиноутворення.</p>
<p>Тема 5.4. Лекція 28. Тріщини у виливках – попередження та усунення тріщиноутворення (2 год) Попередження утворення гарячих та холодних тріщин. Усунення тріщин у виливках.</p>
<p>Практичне заняття 9. Розрахунок механічних напружень у виливках. Модульна контрольна робота, частина 2. (1 год)</p>

5. ПЕРЕЛІК ТЕМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Визначення питомого об'єму металів і сплавів методом гідростатичного зважування. Визначення середньої щільності металу виливка (3 год);
2. Дослідження впливу температури заливання та матеріалу форми на рідкотекучість сплавів (4 год);
3. Дослідження температурних кривих охолодження металів та сплавів (2 год);
4. Дослідження впливу теплофізичних властивостей матеріалу ливарної форми на кінетику твердіння виливка (4 год);
5. Дослідження об'ємної усадки сплавів (2 год);
6. Дослідження залишкових температурних напружень у виливках (3 год).

6. ПЕРЕЛІК ТЕМ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття 1. Правила виконання практичних робіт, система оцінювання. Ознайомлення із методичним забезпеченням. Визначення графіку виконання самостійних домашніх завдань (2 год).

Практичне заняття 2. Розрахунок складу сплаву в атомних відсотках, питомого об'єму та густини сплаву, маси грам-атому сплаву (2 год).

Практичне заняття 3. Розрахунок складу парової фази під час плавлення металів за атмосферного тиску. Швидкість випаровування під час плавлення в вакуумі (2 год)

Практичне заняття 4. Витікання металу із стопорного ковша. Розрахунок швидкості, об'ємної та масової витрат, тривалості витікання, діаметра стопорного стаканчика. Визначення положення носикового ковша в процесі заливання. Розрахунок параметрів динамічної дії струменя металу на стінки форми та величини гідравлічного удару. Модульна контрольна робота, частина 1. (3 год)

Практичне заняття 5. Розрахунок тривалості твердіння виливків у піщаних та металевих формах за законом «квадратного кореня». Визначення коефіцієнтів твердіння (2 год)

Практичне заняття 6. Розрахунок тривалості твердіння та охолодження виливків у піщаних та металевих формах (2 год)

Практичне заняття 7. Зовнішні і внутрішні холодильники. Розрахунок розмірів зовнішніх і внутрішніх холодильників (2 год).

Практичне заняття 8. Розрахунок усадки металів і сплавів у твердому і рідкому стані. Усадка під час твердіння. Вибір типу і розрахунок розмірів надливів (2 год)

Практичне заняття 9. Розрахунок механічних напружень у виливках. Модульна контрольна робота, частина 2. (1 год)

7. САМОСТІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Для опанування матеріалу освітнього компонента «Теоретичні основи ливарного виробництва» окрім лекційних, лабораторних, практичних занять тобто аудиторної роботи, значну увагу необхідно приділяти самостійній роботі, яка виконується протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки.

Основні види самостійної роботи здобувача вищої освіти:

1. Вивчення додаткової літератури.
2. Робота з довідковими матеріалами.
3. Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.
4. Підготовка до лабораторних занять: написання протоколу, проведення розрахунків, побудова графічних залежностей і формулювання висновків за даними виконання роботи – до наступної лабораторної роботи.
5. Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт, робота із методичними вказівками до практичних робіт.
6. Підготовка до проміжного й підсумкового контролю.
7. Виконання самостійного (індивідуального) завдання.

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, проведенні розрахунків при виконанні завдань, винесених для самостійного опрацювання, і завдань, винесених на розгляд в аудиторії;
- 5) Структура, стиль викладання матеріалу в письмових роботах і при захисті в аудиторії, вміння обґрунтовувати результати, здійснювати узагальнення інформації і робити висновки.

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:

- 1) Самостійність виконання;
- 2) Логічність і послідовність викладання матеріалу;
- 3) Повнота виконання розрахунків;
- 4) Використання й аналіз додаткових літературних джерел;
- 5) Якість оформлення.

8. МЕТОДИ, КРИТЕРІЇ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Методи навчання в умовах дистанційного навчального процесу в Донбаській державній машинобудівній академії регламентуються: «Положенням про організацію освітнього процесу в ДДМА (нова редакція)», затверджено Вченою радою ДДМА 30.05.2024 р. протокол №10; «Положенням про дистанційне навчання здобувачів вищої освіти за денною формою у Донбаській державній машинобудівній академії в особливих умовах (нова редакція)», затверджено Вченою радою ДДМА 24.05.2022 р. протокол №10; «Положенням про навчальний дистанційний курс і організацію навчального процесу за заочною (заочно-дистанційною) формою в системі MOODLE DDMA у ДДМА», затверджено Вченою радою ДДМА 23.02.2017 р. протокол №6).

В процесі вивчення дисципліни використовуються наступні методи оцінювання:

МО 1. Попереднє (вхідне) оцінювання знань (письмовий метод або тестування).

МО 2. Поточне оцінювання (письмовий метод або тестування на лекційних та практичних заняттях та/або у системі MOODLE DDMA, виконання модульних контрольних робіт, виконання індивідуальних завдань, рефератів, презентацій).

МО 3. Тематичне або періодичне оцінювання (письмовий метод на лекційних та лабораторних заняттях, усне опитування або тестування на лабораторних і практичних заняттях та/або у системі MOODLE DDMA).

МО 5. Підсумкове (семестрове) оцінювання, зокрема: екзамен (письмовий метод або тестування, зокрема у системі MOODLE DDMA). Передбачається використання модульно-рейтингової системи оцінювання знань. Основною формою контролю знань здобувачів в кредитно-модульній системі є складання здобувачами всіх запланованих модулів. Формою контролю є накопичувальна система. Складання модуля передбачає виконання здобувачем комплексу заходів, передбачених семестровим графіком навчального процесу та контролю знань здобувачів, затверджених деканом факультету.

Графік освітнього процесу та оцінювання знань з освітнього компонента «Теоретичні основи ливарного виробництва» (денна (заочна) форма здобуття освіти)

Вид навчальних занять та контролю	Розподіл між навчальними тижнями																	
	Семестр 4а (Модуль 1)									Семестр 4б (Модуль 2)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лекції	4	2	4	2	4	2	4	2	3	4	2	4	2	4	2	4	2	3
Лабор. роб.	2		2		2		2		1	2		2		2		2		1
Прак. роб.		2		2		2		2	1		2		2		2		2	1
Сам. робота	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Консульт-тації				К				К					К				К	
Контр. роботи									ПКР									ПКР
Підсумковий семестровий контроль	Екзамен																	

ПКР – підсумкова контрольна робота; К – консультація.

Для побудови РСО визначено систему контрольних заходів. Контрольні заходи за кожним семестром (4а, 4б) тобто модулями 1 та 2 передбачають:

- виконання та захист 3 лабораторних робіт (на модуль);
- виконання та захист 4 домашніх завдань (задач) по практичним роботам (на модуль);
- виконання 1 підсумкової семестрової контрольної роботи (на модуль).

Максимальні бали з кожного контрольного заходу враховують трудомісткість та обсяг певної навчально-пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти.

Семестровий рейтинг R_c за кожним кредитним модулем розраховується за формулою:

$$R_c = \sum_{i=1}^4 \text{ПР}_i + \sum_{i=1}^3 \text{ЛР}_i + \text{КР}$$

де ПР_i - оцінки за домашні практичні завдання розрахункового характеру;

ЛР_i - оцінки при захисті лабораторних робіт;

КР – оцінка за семестрову контрольну роботу.

Загальний семестровий рейтинг $R_{\text{заг}}$ за двома модулями розраховується за формулою:

$$R_{\text{заг}} = 0,5 (R_{c1} + R_{c2})$$

де R_{c1} та R_{c2} відповідно семестрові рейтинги за модуль 1 (семестр 4а) та модуль 2 (семестр 4б).

Оцінювання практичних робіт. Здобувачі вищої освіти самостійно в рамках СРС вирішують за кожним модулем 4 задачі розрахункового характеру. Максимальна оцінка кожного завдання 5 балів. Кожне нове завдання здобувачі отримують по завершенні практичних занять з відповідної теми.

Критерії оцінювання:

- бездоганне вирішення з поясненнями (при вчасній здачі виконаної роботи) – 5 бали;
- незначні похибки, відсутність окремих пояснень та позначень – 4 бали.

Здобувач має можливість виправити задачу, вирішену з помилками. В разі отримання вірного результату з другої або третьої спроби він отримує оцінку, на один бал меншу від початкової (тобто при вчасному виконанні задачі 4 бали, при невчасному – 3 бали).

Оцінювання лабораторних робіт. Оцінюються в 2 етапи – перед виконанням (4 бали) та під час захисту ЛР (6 бали), тобто максимальна оцінка за кожну ЛР складає 10 балів.

Протоколи до ЛР складаються за методичними вказівками в рукописному або електронному варіанті. Обов'язковими є внесення до протоколу теми, мети роботи, короткого опису устаткування, порядку виконання роботи. Також мають бути заготовлені таблиці для заповнення експериментальних даних, розрахункові формули або градувальні графіки, номограми. Схеми установок мають бути представлені в протоколі. Загальні теоретичні відомості, наведені в методичних вказівках, вносити до протоколів не обов'язково.

Критерії оцінювання перед виконанням ЛР:

- протокол до ЛР відповідає вимогам і здобувач знає хід роботи – 4 бали;
- протокол не містить усієї необхідної інформації, а здобувач знає хід виконання роботи, або протокол відповідає вимогам, а здобувач не володіє методикою виконання роботи – 2 бали;
- протокол оформлено незадовільно, а здобувач не володіє методикою виконання роботи – 0 балів.

В разі, якщо протокол відсутній, здобувач до виконання ЛР не допускається.

При захисті ЛР здобувач має представити заповнений протокол, в якому на підставі отриманих експериментальних дослідницьких даних послідовно і вірно виконані розрахунки, до них наведені усі пояснення, побудовано графічні залежності, діаграми, гістограми, зображено структури. Зміст звіту по кожній ЛР викладено у методичних вказівках. У висновках необхідно на підставі теоретичних положень пояснити отримані дані.

Критерії оцінювання захисту ЛР:

- здобувач обробив результати, побудував графіки, зробив висновки та відповів на запитання викладача – 6 балів;
- здобувач припустився незначних помилок під час оброблення результатів, побудови графіків, формулюванні висновків, але відповів на запитання викладача. Або за бездоганно оформленого протоколу відповів не на усі запитання викладача – 4 бали;
- здобувач припустився значних помилок в оформленні протоколу, висновки неповні. Відповідає виключно на найпростіші запитання викладача – 2 бали.

Контрольні роботи. Модульна контрольна робота за кожним семестром (4а та 4б) проводиться під час практичних занять. Перша контрольна робота охоплює тематичні розділи 1...3, друга – розділи 4...5. Кожна із контрольних робіт включає по 2 теоретичні та 1 практичному завданню. Максимальна оцінка за кожну семестрову контрольну роботу становить 50 балів.

Екзаменаційний рейтинг (підсумковий контроль знань). Варіант екзаменаційного білету включає 2 частини: 30 тестових запитань теоретичного характеру за тематичними розділами дисципліни та 1 запитання розрахункового характеру. Максимальна оцінка за кожне тестове запитання – 2 бали. Максимальна оцінка за запитання розрахункового характеру (задачу) – 40 балів.

Критерії оцінювання:

- бездоганне виконання – 35...40 балів;

- незначні похибки, відсутність окремих пояснень – 30...35 балів;
 - правильний хід розрахунку, але отримано неточні результати, пояснення відсутні, немає позначень – 20...25 балів;
 - частково правильний, але неповний хід вирішення – 15...20 балів;
 - відповідь відсутня або цілком помилкова, хід вирішення невірний – 0 балів.
- Таким чином, максимальний екзаменаційний рейтинг складає:
 $R_E = 60 + 40 = 100$ балів.

Залежно від фактично набраного рейтингу, оцінювання здобувача вищої освіти з освітнього компонента «Теоретичні основи ливарного виробництва» здійснюється відповідно до системи оцінювання.

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

З метою формування та реалізації індивідуальної траєкторії навчання здобувача визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті, здійснюється шляхом оцінювання в межах певного контрольного заходу у відповідності до Положення про порядок визнання в Донбаській державній машинобудівній академії результатів навчання, отриманих у неформальній освіті.

9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання в умовах дистанційного навчального процесу в Донбаській державній машинобудівній академії регламентуються: «Положенням про організацію освітнього процесу в ДДМА (нова редакція)», затверджено Вченою радою ДДМА 30.05.2024 р. протокол №10; «Положенням про дистанційне навчання здобувачів вищої освіти за денною формою у Донбаській державній машинобудівній академії в особливих умовах (нова редакція)», затверджено Вченою радою ДДМА 24.05.2022 р. протокол №10; «Положенням про навчальний дистанційний курс і організацію навчального процесу за заочною (заочно-дистанційною) формою в системі MOODLE DDMA у ДДМА», затверджено Вченою радою ДДМА 23.02.2017 р. протокол №6).

В процесі вивчення освітнього компонента використовуються наступні методи навчання:

МН 1 - пояснювально-ілюстративні, репродуктивні, проблемного викладу, частково-пошукові, дослідницькі методи, методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності (пояснення, розповідь, лекція, бесіда, робота з підручником; ілюстрування, демонстрування, практичні і дослідні роботи);

МН 2 - методи стимулювання навчальної діяльності (навчальна дискусія, забезпечення успіху в навчанні, створення ситуації інтересу у процесі викладення, створення ситуації новизни, опора на життєвий досвід студента; стимулювання обов'язку і відповідальності в навчанні);

МН 3 - методи контролю і самоконтролю у навчанні (усний, письмовий, тестовий, графічний, програмований, самоконтроль і самооцінка);

МН 4 - практичні методи навчання (лабораторні роботи);

МН 5 - самостійна робота з вивченням оприлюднених в системі MOODLE DDMA електронних інформаційних матеріалів з можливістю проведення індивідуальних консультацій.

МН 6 - виконання індивідуальних домашніх завдань.

10. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ

Перелік питань, які виносяться на підсумковий контроль:

1. Температура плавлення, густина та питомий об'єм металів. Зміна густини та питомого об'єму при нагріванні та плавленні.

2. Дендритна ліквіація. Коефіцієнт розподілу домішка. Варіанти розподілу домішка по перерізу зерна. Методи усунення ліквіації.

3. Питомий об'єм та густина сплавів. Атомна маса та атомний об'єм сплавів. Склад сплавів у відсотках атомних.

4. Неметалеві вкраплення у ливарних сплавах. Класифікація. Методи попередження утворення неметалевих вкраплень.

5. Вирішення найпростішої задачі про тривалість твердіння виливка.

6. Випаровування металів та сплавів під час плавлення при атмосферному тиску. Тиск насиченої пари металів і сплавів. Швидкість випаровування. Маса в паровій фазі.

7. Етапи твердіння і охолодження виливків у піщаній формі за методом професора Г.Ф. Баландіна. Розрахунок тривалості твердіння виливків.

8. Особливості розрахунку тривалості твердіння виливків у металевій формі за методом професора А.Й. Вейника. Формула для визначення тривалості твердіння.

9. Теплові властивості металів і сплавів. Температуропровідність та теплоакумлювальна здатність, їх розрахунок.

10. Випаровування металів і сплавів під час плавлення у вакуумі. Маса металу, який випарувався. Швидкість випаровування компонентів сплаву.
11. Газові дефекти у виливках. Вплив газів на властивості металу. Методи попередження газонасичення металів при плавленні.
12. Дегазація розплавів вакуумуванням та продуванням інертними газами. Сутність і різновиди процесів. Тривалість оброблення та ефективність очищення від водню, кисню та азоту.
13. Дегазація розплавів методами оброблення хлористими та фтористими солями, виморожуванням, нагріванням до температури кипіння, підвищенням тиску під час кристалізації. Сутність процесів, область застосування.
14. Методи регулювання процесів охолодження виливків у формі. Зовнішні холодильники. Встановлення розмірів зовнішніх холодильників.
15. Методи регулювання процесів охолодження виливків у формі. Внутрішні холодильники. Встановлення розмірів внутрішніх холодильників.
16. Внутрішні напруження у виливках та їх види. Причини утворення механічних напружень та їх розрахунок.
17. Контроль вмісту газів у металах і сплавах. Якісні та кількісні методи контролю.
18. Джерела появи газів у металах. Типи та етапи взаємодії газів з рідкими металами. Вплив газів на якість виливків.
19. Вплив конфігурації виливка на тривалість його твердіння. Зведена товщина стінки виливків різної конфігурації та її розрахунок.
20. Вплив тиску та температури на розчинність газів у металах. Розчинність газів у металах при наближенні до температури кипіння.
21. Сили та напруження, які призводять до утворення гарячих тріщин у виливках. Методи попередження утворення гарячих тріщин.
22. Дегазація розплавів продуванням інертними газами. Розрахунок мінімально необхідного тиску при подачі інертного газу.
23. Взаємодія рідких металів та сплавів з воднем, киснем та азотом.
24. Зовнішні холодильники. Призначення, типи, розрахунок об'єму та лінійних розмірів. Схеми встановлення.
25. Розрахунок тривалості твердіння виливків за законом "квадратного кореня". Вплив конфігурації, перегрівання, інтервалу кристалізації та зазору між металом і формою на тривалість твердіння.
26. Теплові методи регулювання роботи надливів. Склад екзотермічних сумішей.
27. Види усадки металів та сплавів. Коефіцієнти усадки у рідкому, твердому станах та при твердінні. Ливарна усадка.
28. Витікання металу із стопорного ковша. Конструкція ковша, швидкість струменя на виході та на відстані від отвору. Об'ємна та масова витрата металу. Тривалість витікання.
29. Витікання металу із носикового ковша. Розрахунок положення носика ковша по висоті і по горизонталі відносно ливникової воронки. Потужність, сила удару і динамічний тиск струменя металу на форму.
30. Режими руху металу в каналах ливарної форми. Швидкість металу. Визначення коефіцієнту втрат швидкості.
31. Рідкотекучість металів та її види. Вплив технологічних факторів на рідкотекучість.
32. Усадкові раковини та усадкова пористість. Причини та кінетика утворення. Об'єм усадкових дефектів та його визначення. Методи попередження утворення раковин і пористості.
32. Гомогенне утворення зародків кристалізації. Радіус критичного зародка та енергія його

утворення.

34. Механічні методи регулювання роботи надливів. Склад газотвірних патронів у надливах надатмосферного тиску.

35. Гетерогенне утворення зародків кристалізації. Критичний радіус та енергія його утворення.

36. Розрахунок розмірів надливів за методом І. Пржібила. Визначення лінійних розмірів надливів для виливків різної конфігурації. Радіуси дії надливів.

37. Жолоблення виливків. Розрахунок радіуса кривизни та величини прогину виливка.

38. Об'ємна та послідовна кристалізація. Утворення аморфних металів та їх властивості. Критерій характеру кристалізації.

39. Внутрішні напруження у виливках та їх види. Причини утворення термічних напружень та їх розрахунок.

40. Особливості кристалізації сплавів. Будова області твердіння.

41. Кристалічна будова виливків. Структурні зони. Транскристалізація. Вплив швидкості охолодження на процес структуроутворення.

42. Модифікування сплавів. Правила вибору модифікаторів I і II роду. Приклади модифікування.

43. Гарячі та холодні тріщини у виливках. Причини утворення та методи запобігання.

44. Дифузія у рідких металах. В'язкість розплавів. Електричний опір металів та його залежність від температури.

45. Теплові, фізико-хімічні, механічні та електромагнітні методи регулювання кристалізаційних процесів.

46. Зональна ліквіація. Різновиди, причини та кінетика утворення. Методи запобігання утворенню.

47. Фільтрування розплавів сітчастими фільтрами. Схеми фільтрування. Розрахунок металостатичного тиску під час фільтрування.

48. Фільтрування розплавів зернистими та пінокерамічними фільтрами. Механізм затримання неметалевих крапель у фільтрах. Схеми фільтрування. Процес виготовлення пінокерамічного фільтра. Ефективність процесів фільтрування.

49. Фільтрування металів за допомогою зернистих фільтрів. Вимоги до матеріалу зерен, схеми фільтрування, питома швидкість фільтрування.

50. Взаємодія рідких металів та сплавів з воднем. Рівняння розчинності водню в металах. Розчинність водню в сплавах.

11. МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Локація та матеріально-технічне забезпечення: Аудиторія теоретичного навчання, технічне забезпечення – графопроектор, проектор, ноутбук, аудіосистема.

Система дистанційного навчання і контролю MOODLE DDMA:
<http://moodle.dgma.donetsk.ua/course/view.php>

12. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ (ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ)

Основна література:

1. Лютий Р.В., Ямшинський М.М., Кочешков А.С. Теоретичні основи ливарних процесів: Підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 330 с.

2. Elbel T. Theory of foundry processes / T. Elbel, F. Havlicek. – Ostrava, 2014. – 96 p.
3. Valencia J. J., Thermophysical Properties // Juan J. Valencia, Peter N. Queded. ASM Handbook, Volume 15: Casting. – pp. 468 – 481. DOI: 10.1361/asmhba0005240.
4. Затвердіння металів і металевих композицій: підручник / В. А. Лейбензон, В. Л. Пилюшенко, В. М. Кондратенко та ін. – Київ: Наукова думка, 2009. – 412 с.
5. Бартель Г.П. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теоретичні основи ливарного виробництва». – Краматорськ.: ДДМА, 2012.– 32 с.
6. Бартель Г.П. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи ливарного виробництва». – Краматорськ.: ДДМА, 2010.– 48 с.

Допоміжна література:

1. Теоретичні основи ливарного виробництва: підручник / В. Г. Могилатенко, О. І. Пономаренко, В. М. Дробязко та ін. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 288 с.
2. Дробязко В.М., Фесенко А.М., Лютий Р.В., Фесенко М.А. Ливарна гідравліка. – Краматорськ: ДДМА, 2010. – 108 с.
3. Верховлюк А. М. Взаємодія рідких і твердих фаз в металургійних процесах / А. М. Верховлюк. – Київ: Наукова думка, 2014. – 168 с.
4. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття: підручник / Богуслаєв В. О., Реп'ях С. І., Могилатенко В. Г. та ін. – Запоріжжя: Вид-во АТ «Мотор Січ», 2016. – 474 с.

Інформаційні 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>
3. Бібліотека Донбаської державної машинобудівної академії. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/bibliografichni-pokazhchiki.html>

Примітка: Здобувачі вищої освіти можуть самостійно здійснювати пошук матеріалів за окремими питаннями щодо тематики навчальної дисципліни, що сприяє розвитку здатності до пошукової та дослідницької діяльності, критичного осмислення інформації.

Робочу програму складено
доцент кафедри ГОЛІВ, к.т.н.



Микола ФЕДОРОВ