


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
«ТЕОРІЯ БУДОВИ РІДКИХ, АМОРФНИХ
ТА КРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ»

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.

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	
4,0	4,0			
Загальна кількість годин				
120	130			
Модулів – 1		Спеціальність <u>136 «Металургія»</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 1			3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання			Семестр	
		Освітня програма <u>Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів</u>	6 ^б	4 ^б
			Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента - 9			36 год.	36 год.
			Практичні, семінарські	
			18 год.	18 год.
			Лабораторні	
			Самостійна робота	
			66 год.	66 год.
			Індивідуальні завдання:	
			Вид контролю: залік	

Примітка.

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

- для денної форми навчання – 82%; денної прискореної форми – 82%;
- для заочної форми навчання – %; заочної прискореної форми – 8/4,7%.

2. Загальні відомості

Дисципліна "Теорія будови рідких, аморфних та кристалічних матеріалів" є логічним продовженням базових теоретичних курсів "Фізика", "Хімія", "Кристалографія і мінералогія", "Матеріалознавство і термічна обробка", "Теоретичні основи ливарного виробництва". Відноситься до дисциплін вільного вибору циклу професійної підготовки.

Метою викладання дисципліни є формування знань про основні структурні особливості будови рідини, впливу зовнішніх факторів на властивість розплавів, теорії формування кристалічних систем, особливостей будови аморфних матеріалів, впливу технологічних чинників на структурні параметри аморфних металічних систем різного хімічного складу. Дати уявлення про взаємозв'язок між структурою та властивостями різних матеріалів, перспективах одержання промислових сплавів із теоретичною міцністю.

Головною **задачею** даного курсу є надання теоретичних знань про будову рідких, аморфних та кристалічних матеріалів, що використовуються у ливарному виробництві.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

- будову рідких, аморфних та кристалічних матеріалів;
- механізм твердіння рідких матеріалів у кристалічне і аморфне становище;
- взаємний зв'язок структури речовини з її властивостями;
- методи прогнозування і управління будовою матеріалів.

Вміти:

- розрізняти структурні складові різних литих матеріалів;
- виявляти і вивчати із застосуванням металографічних мікроскопів структуру виливків після затвердження;
- аналізувати вивчені структури з порівнюванням із наведеними у нормативно технічній та періодичній літературі.

Дисципліна «Теорія будови рідких, аморфних та кристалічних матеріалів» 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.	ФК3. Критично осмислювати наукові факти, концепції, теорії, принципи і методи, необхідні для професійної діяльності в сфері металургії.
ЗК5. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	ФК20. Здатність застосовувати та демонструвати базові знання з фундаментальних розділів фізичної хімії, ливарної гідравліки, металургійних та ливарних процесів і техноло-
ЗК17. Здатність працювати з інформацією: знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для вирішення професійних завдань у галузі мета-	

6^б-семестр (звичайна) / 4^б-семестр (прискорена)

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лекції	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Лабораторні роб.									
Практичні заняття		2		2		2		2	
Сам. робота	4	3	4	3	4	3	4	4	4
Консультації									
Модулі	2-й								
Контроль по модулю								1	

4. ЛЕКЦІЇ

Змістовий модуль 1. Теорія будови сплавів у рідкому та твердому стані.

Тема Т1. Вступ. Основні типи міжатомної взаємодії у твердих тілах.

Лекція 1. Вступ. Основні типи міжатомної взаємодії у твердих тілах.

Завдання на СРС: Методи дослідження структури.

Лекція 2. Природа металічного зв'язку, як граничного випадку ковалентного зв'язку. Ненаправленість зв'язку й властивості металів.

Завдання на СРС: Класифікація фаз: тверді розчини, хімічні з'єднання, механічні суміші, проміжні з'єднання.

Лекція 3. Утворення і будова розплавлених матеріалів. Поняття про близький і далекий порядок у розташуванні атомів. Основи кластерної теорії металічних розплавів.

Завдання на СРС: Основи кластерної теорії металічних розплавів.

Лекція 4. Фізичні властивості металічних розплавів. Ливарні властивості розплавлених металів і сплавів.

Завдання на СРС: Ливарні властивості розплавлених металів і сплавів.

Лекція 5. Утворення і ріст кристалів при затвердженні.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 6. Форма кристалів у залежності від ступеня переохолодження розплаву.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 7. Дендритні гілки. Вплив направленої температурного градієнта.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 8. Розмір литого зерна. Вплив домішок.

Завдання на СРС: Опрацювання конспекту лекції. Підготовка до контрольної роботи.

Змістовий модуль 2. Вплив хімічного складу на мікроструктуру і властивості литих матеріалів.

Тема Т2. Вплив хімічного складу на мікроструктуру і властивості литих матеріалів.

Лекція 9. Вплив хімічного складу на мікроструктуру і властивості литих матеріалів. Кристалізація первинна, евтектична, перитектична. Обмежена розчинність у рідкому стані.

Завдання на СРС: Обмежена розчинність у рідкому стані.

Лекція 10. Нерівновісна кристалізація. Макро- та мікроліквація. Пористість у ливарних структурах.

Завдання на СРС: Пористість у ливарних структурах.

Лекція 11. Виділення з твердого розчину. Евтектоїдне, перетектоїдне, мартенситне перетворення. Поліморфне перетворення.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 12. Вплив повторного нагрівання, вирівнювання складу, змінювання межі зерна, рекристалізація.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 13. Механічні властивості ливарної структури. Взаємозв'язок механічних властивостей, структури та зломи ливарних матеріалів. Вплив домішок на зародження тріщин.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 14. Дефекти литої сталі. Хімічна неоднорідність, структурна неоднорідність, отпускна хрупкість, холодноламкість. Методи збільшення механічних властивостей литої сталі.

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 15. Металургійні засоби покращення якості сплавів. Рафінування, обробка синтетичними шлаками, вакуумування при виплавлянні та розливанні сталі, переплавні процеси (ЕШП, ПДП, ВДП, ЕЛП).

Завдання на СРС: Опрацювання літератури та конспекту лекції.

Лекція 16. Кераміко-металеві композитні матеріали. Трансформаційно-зміцнені керамічні матеріали. Перспективи і можливості одержання сплавів із теоретичною міцністю.

Завдання на СРС: Опрацювання конспекту лекції. Підготовка до контрольної роботи.

5. Практичні заняття

Метою практичних занять закріпити і поглибити теоретичні знання, що повинно сприяти розвиткові у студентів навичок самостійної роботи, виробленню уміння сформулювати висновки, ознайомлює студентів із прийомами роботи в системах автоматизованого проектування, що потрібні для виготовлення проектно-конструкторської документації.

Тематика практичних занять:

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

1	Дослідження взаємодії речовин.	2
2	Дослідження текучості литого розплаву.	4
3	Дослідження впливу температури рідкого металу на структуру у твердому стані.	4
4	Вивчення впливу умов кристалізації на структуру литих сплавів.	4
5	Вивчення аморфного стану речовини.	4
Всього годин		18

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 користуватись ними на практиці, під час рішення конкретних фахових завдань.

Контроль знань проводиться на планових заняттях шляхом відповіді на індивідуальні тестові питання та вирішення практичного розрахункового завдання. Система оцінювання знань студентів по дисципліні, розподіл часу на засвоєння модулів, форми і терміни контролю наведена в додатку А. Тематика контрольних робіт складається з питань лекційного матеріалу та практичних занять. Підсумковий контроль знань включає залік після завершення вивчення дисципліни наприкінці 6 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	незадові-	Низький

		льно	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

8 Методичне забезпечення

Методичні вказівки та індивідуальні завдання до самостійної роботи за курсом «Теорія будови рідких, аморфних та кристалічних матеріалів» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 7.090403 «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів»/ Укл. Г.П. Бартель. - Краматорськ: ДДМА, 2006. - 52 с.

9. Рекомендована література та електронні ресурси

Базова

1. **Пахолук, А.П.** Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник / А.П.Пахолук, О.А.Пахолук. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
2. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посібник / В.В. Хільчевський, С.С. Кондратюк, В.О. Степаненко, К.Г. Лопатько ; за ред. В. О. Степаненка. – К. : Либідь, 2002. – 328 с.
3. **Гарнець В.М.** Матеріалознавство : підручник. - К. : Кондор, 2009. - 386 с.
4. Металознавство : підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – К. : Політехніка, 2008. – 384 с.
5. Fundamentals of metallurgy / Ed. S. Seetharaman. – New York NY: Elsevier, 2005. – 565 p.

Додаткова

6. **Швець, В.Т.** Фізика неупорядкованих металів / В. Т. Швець. – Одеса : Маяк, 2007. – 512 с. – ISBN 966-587-163-6.
7. **Якібчук, П.М.** Модельні методи у фізиці металів: монографія / П. М. Якібчук, В. Т. Швець ; Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. – Л. : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 650 с. – ISBN 978-966-613-960-6.
8. Rapidly quenched metals. Vol. 1. / Eds. S. Steeb, H. Warlimont. – New York NY: Elsevier. – 1985. – 1143 p. – ISBN 0-444-86939-5.
9. **Suryanarayana, C.** Bulk metallic glasses. / C. Suryanarayana, & A. Inoue. – Boca Raton, CRC press. – 2017. – 542 p. – eISBN 9781315153483.
10. **Турчанін, М.А.** Термодинамічні властивості розплавів та фазові перетворення в аморфоутворюючій системі Cu–Ni–Ti–Zr–Hf : монографія / М.А.Турчанін, П.Г.Агравал. - Краматорськ : ДДМА, 2018. – 268 с. – ISBN 978-966-379-834-9.

11. **Турчанін, М.А.** Термодинаміка багатоконпонентних розплавів перехідних металів для створення високоентропійних кристалічних та аморфних сплавів : монографія / М.А.Турчанін, П.Г.Агравал, Г.О.Водоп'янова, Л.О.Древаль. – Краматорськ : ДДМА, 2024. – 348 с. – ISBN 978-617-7889-71-6.

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 склали:

доцент кафедри ТОЛІВ, д-р. хім. наук



Павло АГРАВАЛ

**Система оцінювання знань студентів по дисципліні «Теорія будови рідких, аморфних та кристалічних матеріалів»,
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	12	7	Захист практичної роботи відбувається у вигляді співбесіди студента з викладачем з теоретичної частини й методики виконання роботи, обговоренню отриманих результатів і висновках 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	4	12	7	
		Захист практичної роботи №3	6	12	7	
		Захист практичної роботи №4	8	12	7	
		Захист практичної роботи №5	10	12	7	
4		Контрольна робота КР1	13	40	20	Проводиться в години самостійних занять або на консультації протягом однієї пари (2 академічні години). Завдання на контрольну роботу включає питання з тем Т1–Т3.
Усього по змістовому модулю №1				100	55	Ваговий коефіцієнт модуля в семестрі – 1,0
Усього				100	55	

Підсумковий контроль – ЗАЛІК