



КРИСТАЛІЗАЦІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЧАВУНУ У ВИЛИВКАХ

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G10 Металургія
Освітня програма	Комп'ютеризовані процеси лиття (2026)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, 1 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 годин): лекції – 46 год.; СРС – 74 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, модульна контрольна робота
Розклад занять	https://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекційні заняття: к.т.н., доцент Лук'яненко Іван Віталійович, lukianenkoiv@gmail.com , +380 (93) 647-18-48
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTU5MTE4OTc3MTIy?cjc=alcgucv

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Виливки з чавуну широко застосовуються в машинобудуванні та інших галузях промисловості. Надзвичайно важливою є теоретична підготовка, яка дозволить майбутнім фахівцям-ливарникам на основі отриманих теоретичних та практичних знань приймати активну участь в вітчизняних та міжнародних проектах, пов'язаних з вирішенням проблем графітизації та формоутворенням графіту, розуміти та уміти керувати процесами, що протікають в рідких металах і сплавах під час їх кристалізації та структуроутворення з метою надання заданих експлуатаційних властивостей металу виливків.

Мета дисципліни – здобуття поглиблених теоретичних знань, що дозволяють створювати та вдосконалювати технологічні процеси отримання якісної продукції зі спеціальних чавунів.

Предмет дисципліни – теоретичні основи формування структури і властивостей чавуну у виливках – механічних, фізичних, хімічних, технологічних та експлуатаційних, методи їх регулювання. Фізико-хімічні процеси рафінування та модифікування чавунів.

Здобувачі будуть вивчати теоретичні основи кристалізації і графітизації спеціальних чавунів, їх фізико-хімічні основи плавлення, легування та модифікування. Вплив хімічного складу і технологічних чинників на структуроутворення і властивості чавуну. Особливостей виробництва легованих чавунів зі спеціальними властивостями.

Згідно з вимогами програми освітнього компонента здобувачі після засвоєння дисципліни володітимуть наступними компетентностями та результатами навчання:

- здатність проводити дослідження на відповідному рівні (ЗК 01);
- здатність працювати автономно (ЗК 02);
- прагнення до збереження навколишнього середовища (ЗК 7);

- критично осмислювати наукові факти, гіпотези, теорії, засоби, інформувати фахівців і нефахівців з проблематики та їх вирішення та використовувати власний досвід в галузі професійної діяльності (ЗК 12);
- здатність розробляти та реалізовувати проекти в сфері металургії, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти (ФК 01);
- здатність забезпечувати якість в металургії (ФК 03);
- здатність аналізувати і вдосконалювати технологічні процеси в металургії (ФК 04);
- здатність науково обґрунтовувати вибір матеріалів, основного та допоміжного обладнання для реалізації металургійних технологій (ФК 05);
- здатність оцінювати технічні, економічні, екологічні, безпекові та інші ризики при плануванні або впровадженні нових технологічних процесів (ФК 06);
- здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження в металургії та інтерпретувати їх результати (ФК 07);
- здатність розв'язувати складні задачі і проблеми металургії в широких та мультидисциплінарних контекстах, у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності (ФК 09);
- здатність здійснювати оптимізацію технологічних процесів з метою отримання якісної продукції (ФК 12);
- розробляти заходи з охорони праці та навколишнього середовища при проведенні досліджень та у виробничій діяльності (ПРН 03);
- співвідносити хімічний склад, структуру і властивості матеріалів металургійного виробництва (ПРН 05);
- формувати структуру і властивості продукції металургійного виробництва відповідно до потреб замовників (ПРН 06);
- пропонувати нові технічні рішення з урахуванням цілей та ресурсних обмежень, економічних, екологічних, правових та безпекових аспектів, розробляти і застосовувати нові металургійні технології (ПРН 08);
- вміння конструювати литі деталі з урахуванням вимог технології (ПРН 16);
- розуміння властивостей новітніх конструкційних матеріалів та сучасних технологій виготовлення із них виробів (ПРН 19).

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

Дисципліна «Кристалізація та властивості чавуну у виливках» відноситься до циклу професійної підготовки, базується на знаннях, вмінні та досвіді, набутих здобувачами під час навчання на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти.

Результати вивчення дисципліни використовуються здобувачами у процесі освоєння таких освітніх компонентів, як «Практика» та «Виконання магістерської дисертації».

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Теоретичні основи кристалізації і графітизації чавуну.

Тема 1.1 Термодинаміка Fe-C сплавів, їх компоненти і основні елементарні фази.

Тема 1.2 Загальні положення теорії кристалізації і графітизації чавуну.

Тема 1.3 Вплив хімічного складу та технологічних факторів на графітизацію чавуну.

Розділ 2. Основи фізико-хімічних процесів плавлення чавуну.

Тема 2.1 Термодинаміка процесів плавлення сплавів

Тема 2.2 Окислення та відновлення елементів в процесі плавлення.

Розділ 3. Леговані чавуни зі спеціальними властивостями.

Тема 3.1 Класифікація легованих чавунів.

Тема 3.2 Зносостійкий та антифрикційний чавун.

Тема 3.3 Корозійностійкий чавун.

Тема 3.4 Жаростійкий чавун.

Тема 3.5 Жароміцний та немагнітний чавун.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Смірнов О. М. та ін. Основи металургії: виробництво чавуну. Підручник. – Одеса : Олді+, 2023. – 192 с.

2. Бялік О. М. та ін. Металознавство. Підручник. – К. : ІВЦ «Політехніка», 2001. – 375 с.

3. Смірнов О. М., Жук В. Л., Туяхов А. І. Виробництво чавуну для виливків. Навчальний посібник. – Донецьк : Норд-Прес, 2010. – 255 с.

Допоміжна

4. Stefanescu, D. M. (Ed.). ASM Handbook, Volume 1A: Cast Iron Science and Technology. ASM International, 2017.

5. ASM International. ASM Handbook, Volume 15: Casting. ASM International, 2008.

6. Campbell, J. Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, 2015.

7. Ferro, P. (Ed.). Cast Irons: Properties and Applications. MDPI, 2020.

Інформаційні ресурси

Література є вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського, методичному кабінеті кафедри ливарного виробництва та у classroom освітнього компоненту. Додатково можна опрацьовувати літературу з інтернет джерел: <http://ukrest.com.ua/index.php/uk/home.html>, <https://ukrfavorit.com.ua/obladnannya/>, <https://on-v.com.ua/>.

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

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Вивчення дисципліни «Кристалізація і властивості чавуну у виливках» будується на різнобічному теоретичному підході: лекційні заняття та самостійна робота з літературою.

Виклад курсу побудовано таким чином, що наступний матеріал може бути засвоєний тільки після пропрацювання попереднього, у цих умовах успіх вивчення дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи студента з матеріалом лекцій і рекомендованої літератури.

Загальний обсяг освітнього компонента становить 120 годин (табл. 1)

Таблиця 1 – Розподіл годин освітнього компонента

Назви розділів і тем	Кількість годин		
	Всього	у тому числі	
		Лекції	СРС
Розділ 1. Теоретичні основи кристалізації і графітізації чавуну			
Тема 1.1 Термодинаміка Fe-C сплавів, їх компоненти і основні елементарні фази	16	6	10
Тема 1.2 Загальні положення теорії кристалізації і графітізації чавуну	12	4	8
Тема 1.3 Вплив хімічного складу та технологічних факторів на графітізацію чавуну	29	13	16
Модульна контрольна робота. Частина 1	3	1	2

Назви розділів і тем	Кількість годин		
	Всього	у тому числі	
		Лекції	СРС
Розділ 2. Основи фізико-хімічних процесів плавлення чавуну			
Тема 2.1 Термодинаміка процесів плавлення сплавів	5	2	3
Тема 2.2 Окислення та відновлення елементів в процесі плавлення	5	2	3
Розділ 3. Леговані чавуни зі спеціальними властивостями			
Тема 3.1 Класифікація легованих чавунів	5	2	3
Тема 3.2 Зносостійкий та антифрикційний чавуни	10	4	6
Тема 3.3 Корозійностійкий чавун	5	2	3
Тема 3.4 Жаростійкий чавун	11	4	7
Тема 3.5 Жароміцний та немагнітний чавуни	8	3	5
Модульна контрольна робота. Частина 2	3	1	2
Залік	8	2	6
Всього	120	46	74

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (табл. 2) здійснюється протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки.

Таблиця 2 – Самостійна робота

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Тема 1.1 Термодинаміка Fe-C сплавів, їх компоненти і основні елементарні фази Проаналізувати: - діаграму стану Fe-C сплавів; - компоненти Fe-C сплавів; - тверді розчини. Розглянути: - недосконалість будови кристалічних фаз. Література: / 1 /, с.6-9., с. 13-24, с. 24-25. /3/, с. 9-29	10
2	Тема 1.2 Загальні положення теорії кристалізації і графітизації чавуну Проаналізувати: - швидкість та форма росту кристалів; - теплові основи кристалізації. Розглянути: - формоутворення графіту. Література: /1/, с. 33-46, с. 96-116; /3/, с. 29-44	8
3	Тема 1.3 Вплив хімічного складу та технологічних факторів на графітизацію чавуну Проаналізувати: - вплив плавильних агрегатів на газонасичення чавунів; - вплив елементів на евтектичне зерно металевої матриці; Розглянути: - оцінка евтектичного та аустенітного зерна; - вплив шихтових матеріалів та умов плавлення на графітизацію чавуну; - структурні діаграми для чавунних виливків. Література: /1/, с. 116-264; /3/, с.44-70.	16
4	Тема 2.1 Термодинаміка процесів плавлення сплавів Проаналізувати: - ентальпію плавлення;	3

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
	- зміну ентропії при плавленні металу. Розглянути: - вплив хімічного складу на зниження температури плавлення; - теоретична витрата енергії при плавленні сплаву. Література: /2/, с. 7-10.	
5	Тема 2.2 Окислення та відновлення елементів в процесі плавлення Проаналізувати: - спорідненість елементів до кисню; - процес ошлакування та угару елементів при плавленні. Розглянути: - склад та властивості шлаків. Література: /2/, с. 7-34, /10/, с. 97-100, с.233-236	3
6	Тема 3.1 Класифікація легованих чавунів Проаналізувати: - вплив легувальних елементів на структуроутворення чавунів; Розглянути: - вплив легувальних елементів на ливарні властивості чавунів; - вплив складу шлаку на властивості чавуну. Література: /1/, с. 164-178;	3
7	Тема 3.2 Зносостійкий та антифрикційний чавуни Проаналізувати: - механізм абразивного зносу; - ливарні властивості зносостійких чавунів. Розглянути: - твердість абразивних матеріалів - режими термічного оброблення зносостійких чавунів; - механічні властивості зносостійких чавунів Література: /3/ с. 336-390, с. 402-410	6
8	Тема 3.3 Корозійностійкий чавун Проаналізувати: - процеси корозії в чавунах; - ливарні властивості корозійностійких чавунів. Розглянути: - металургійні основи виробництва виливків. Література: /3/, с. 488-511.	3
9	Тема 3.4 Жаростійкий чавун Проаналізувати: - формування структури жаростійких чавунів; - металургійні основи виробництва виливків. Розглянути: - методику визначення жаростійкості; - механізм корозійного руйнування та росту чавунів. Література: /3/, с. 445-488	7
10	Тема 3.5 Жароміцний та немагнітний чавуни Проаналізувати: - марки чавунів та основні властивості; - фізичні властивості жароміцних чавунів. Розглянути: - області застосування жароміцних та немагнітних чавунів. Література: /3/ с. 513-520	5

7. Політика освітнього компонента

- Відвідування лекційних занять є вільним, фіксується, але не оцінюється. Однак, здобувачам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, який необхідний для успішного проходження поточного та семестрового контролю.

- Заохочувальні бали (до 10 балів): оформлення презентацій, рефератів, розроблення діючих макетів, участь у конференціях, сертифікати здобувача неформальної освіти.

- Політика дедлайнів та перескладань:

- залік, як форма підсумкового контролю, проводиться на останньому аудиторному занятті семестру;

- перескладання проводиться відповідно до графіку перескладань у додаткову сесію.

- 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 НТУУ "КПІ" (<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)

8.1 Поточний контроль

В процесі вивчення дисципліни передбачено наступні заходи поточного контролю:

- модульна контрольна робота.

8.1.1 Модульна контрольна робота

Навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи. Модульна контрольна робота складається із двох частин та проводиться на лекційних заняттях. Максимальна кількість балів за кожною із частин модульної контрольної роботи становить 50 балів.

8.2 Календарний контроль

Проводиться на 7 та 13 тижнях семестру з метою моніторингу виконання здобувачами індивідуальних навчальних планів згідно з графіком навчального процесу.

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є значення поточного рейтингу здобувача на 7 тижні – 25 балів, на 13 тижні – 50 балів.

8.3 Семестровий контроль

Проводиться у вигляді заліку (виконання залікової роботи) на останньому аудиторному занятті за розкладом у семестрі.

Сума рейтингових балів, отриманих здобувачем протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею 3.

Здобувач, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій роботі. Його семестровий рейтинг скидається до 60 балів, а сумарний рейтинговий бал, отриманий ним на заліковій роботі, є остаточними.

Якщо сума балів менша за 60 – здобувач виконує залікову роботу. Сума балів за виконання модульної контрольної роботи та залікової роботи переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею 3.

Залікова робота оцінюється максимум у 40 балів.

Таблиця 3 – Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконано умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

За умови введення режиму дистанційного навчання заняття проводитимуться on-line із використанням on-line сервісів Zoom, Google Meet тощо.

За умови отримання здобувачем вищої освіти сертифікату проходження дистанційних чи on-line курсів за відповідною тематикою передбачено можливість їх зарахування.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

- Охарактеризуйте кристалізацію чавуну евтектичного складу за метастабільною системою.
- З чого складається евтектика чавуну після кристалізації за метастабільною системою?
- Охарактеризуйте структурну складову чавуну – ледебурит. Які фази входять до складу ледебуриту. Різновиди ледебурита.
- Дайте характеристику механічним властивостям ледебуриту.
- Дайте характеристику механічним властивостям аустеніту.
- Охарактеризуйте структурну складову чавуну – аустеніт.
- У чому полягає суть евтектоїдного розпаду аустеніту?
- Охарактеризуйте структуру перліту. Різновиди перліту.
- Дайте характеристику механічним властивостям перліту.
- Як визначається ступінь евтектичності чавуну? Чим відрізняється заевтектичний чавун від доевтектичного?
- Як корелюються механічні властивості чавуну зі ступенем евтектичності?
- Чому механічні властивості сірого чавуну нижчі, ніж у сталі того ж хімічного складу за кремнієм, марганцем та фосфором?
- Чому діаграму Fe-Fe₃C називають метастабільною? Чим відрізняється діаграма стабільної рівноваги від метастабільної?
- Яку структуру після кристалізації мають наступні білі чавуни: доевтектичні; евтектичні; заевтектичні?
- Як кристалізуються доевтектичні, евтектичні і заевтектичні чавуни за стабільною системою? Як протікає евтектоїдне перетворення в чавунах?
- Дайте характеристику твердим розчинам в чавуні.
- Охарактеризуйте карбід заліза в чавунах.
- Охарактеризуйте будову і властивості графіту в чавуні.
- Як кристалізується первинна фаза в доевтектичному чавуні?
- Як кристалізується первинна фаза в заевтектичному чавуні?
- Приведіть загальну характеристику кристалізації аустенитно-цементитної евтектики.
- Приведіть загальну характеристику кристалізації аустенитно-графітної евтектики.
- Приведіть класифікацію процесів перекристалізації. Назвіть основні процеси перекристалізації.
- Що таке процеси коалісценції, сфероїдизації та коагуляції під час кристалізації?

25. Як протікає перетворення аустеніту в евтектоїдній області?
26. Назвіть продукти розпаду аустеніту за різних швидкостей охолодження нижче евтектоїдної області.
27. Що може бути зародками для кристалізації графіту?
28. Дайте характеристику місцеутворенню графіту в чавуні.
29. Дайте загальну характеристику процесам графітизації з рідкого стану.
30. Дайте загальну характеристику процесам графітизації з твердого стану.
31. Графітизувальні та стабілізувальні елементи. Як впливають графітизувальні елементи на положення критичних точок діаграми стану?
32. Як впливає вуглець і кремній на процеси графітизації?
33. Опишіть вплив марганцю і сірки на процеси графітизації в чавуні.
34. Наведіть класифікацію спеціальних (легувальних) елементів за їх впливом на процеси графітизації.
35. У чому суть впливу алюмінію на графітизацію чавуну?
36. Охарактеризуйте вплив азоту на процеси графітизації.
37. Охарактеризуйте вплив водню і кисню на процеси графітизації.
38. Дайте характеристику впливу температури перегріву на процеси графітизації.
39. Охарактеризуйте теорію вимушених зародків кристалізації при модифікуванні чавунів.
40. З якою метою піддають чавуни графітизувальному модифікуванню?
41. Для яких чавунів графітизувальне модифікування найбільш ефективно і чому?
42. У чому причина того, що дія модифікаторів є функцією часу?
43. Охарактеризуйте теорію флуктуаційних угруповань у процесі графітизувального модифікування чавунів.
44. Яка мета стабілізувального модифікування? У чому механізм дії стабілізувальних присадок?
45. Від яких чинників залежить час кристалізації і охолодження виливків? Як впливає чинник часу на процеси графітизації?
46. Як класифікуються види термічного оброблення з погляду процесів кристалізації?
47. Дайте характеристику високотемпературному двохстадійному графітизувальному відпалу.
48. Дайте характеристику низькотемпературному графітизувальному відпалу.
49. Що впливає на тривалість графітизувального відпалу? Дайте характеристику чинникам, які прискорюють графітизувальний відпал.
50. Охарактеризуйте процес нормалізації.
51. Що характеризує ентальпія плавлення? Опишіть зв'язок між ентальпією і температурою плавлення.
52. Як відбувається окислення вуглецю і кремнію у процесі плавлення чавуну?
53. Опишіть реакції окислення марганцю і хрому під час плавлення чавуну.
54. Назвіть джерела шлакоутворення під час плавлення чавуну.
55. Охарактеризуйте окислювально-відновлювальні процеси в первинних шлаках під час високотемпературного процесу плавлення.
56. Охарактеризуйте окислювально-відновлювальні процеси в первинних шлаках під час низькотемпературного процесу плавлення.
57. Жаростійкий чавун. Методи оцінки жаростійкості. Хромові жаростійкі чавуни.
58. Алюмінієвий жаростійкий чавун.
59. Кремнієвий жаростійкий чавун.
60. Корозійностійкий чавун. Вплив структури металевої матриці на корозійну стійкість.
61. Хромові корозійностійкі чавуни.
62. Корозійностійкі чавуни, леговані кремнієм. Марки, особливості плавлення.
63. Нікелеві корозійностійкі чавуни.
64. Властивості чавуну за підвищених і знижених температур. Жароміцний чавун.
65. Немагнітний чавун.
66. Легувальні елементи, які застосовуються у процесі виробництва виливків з чавуну. Їх класифікація.
67. Вплив легувальних елементів 1 групи на структуроутворення чавуну.

68. Вплив легувальних елементів 2 групи на структуроутворення чавуну.
69. Вплив легувальних елементів 3 групи на структуроутворення чавуну.
70. Леговані чавуни. Класифікація. Вплив легувальних домішок на структуру і властивості чавуну.
71. Зносостійкий чавун. Механізм зносу. Методи визначення зносостійкості.
72. Хромові зносостійкі чавуни з карбідами M_3C
73. Хромові чавуни з карбідами типу M_7C_3 і $M_{23}C_6$
74. Вимоги, що пред'являють до антифрикційних чавунів. Вплив хімічного складу на антифрикційні властивості.
75. Антифрикційні чавуни з пластинчастим графітом. Класифікація.
76. Чавуни леговані алюмінієм. Особливості структуроутворення.

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено доцентом, кандидатом технічних наук Лук'яненком І. В.

Ухвалено кафедрою ливарного виробництва (протокол № 9 від 24 червня 2026 р.)

Погоджено методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 8/26 від 25 червня 2026 р.)