



СТАЛЕВЕ ЛИТВО

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>136 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 1 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,5 кредити ЕСКТС, 135 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит / МКР</i>
Розклад занять	<i>За розкладом (http://rozklad.kpi.ua)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор Ямшинський Михайло Михайлович, yamshinskiy@iff.kpi.ua, +38(050)-546-06-83 Лабораторні: асистент Кивгило Богдан Володимирович, kyvhylo.bohdan@gmail.com, +38(068)-533-41-77</i>
Розміщення курсу	<i>https://foundry.kpi.ua/courses/staleve-lytvo/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни – вивчення теоретичних основ легування сплавів на основі заліза, формування структури та властивостей високолегованих сталей у виливках, особливостей виплавляння сталей у печах з різною футеровкою, одержання якісних виливків спеціального призначення з використанням сучасних методів позапічного оброблення рідкої сталі та з урахуванням особливостей фінішних операцій.

Під час вивчення дисципліни здобувач має опанувати наступні фахові компетентності:

Фахові компетентності (ФК)	
ФК 1	Здатність вибирати матеріал для виготовлення продукції з метою забезпечення заданих властивостей
ФК 4	Здатність застосовувати методи стандартних випробувань для визначення фізичних, хімічних, структурних та механічних властивостей вихідних матеріалів та готової продукції
ФК 6	Здатність використовувати професійні знання для аналізу і керування процесами, що протікають в металургійних агрегатах
ФК 7	Здатність обирати металургійне обладнання та технологію виробництва продукції заданої якості
ФК 12	Здатність здійснювати оптимізацію технологічних процесів з метою отримання якісної продукції

Набуті компетентності мають сформувати у здобувача наступні програмні результати навчання:

ПР 1	Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.
ПР 5	Співвідносити хімічний склад, структуру і властивості матеріалів металургійного виробництва.
ПР 6	Формувати структуру і властивості продукції металургійного виробництва відповідно до потреб замовників.
ПР 11	Обирати і обґрунтовувати вихідну сировину, матеріали та напівпродукти відповідно до умов металургійного виробництва за спеціалізацією з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.
ПР 15	Розуміння фізико-хімічних основ легування, мікролегування, модифікування та рафінування, впливу хімічного складу на структуроутворення і експлуатаційні властивості чорних і кольорових металів і сплавів

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

Дисципліна «Стале литво» базується на знаннях, уміннях і навиках, які одержані і набуті студентом під час вивчення дисциплін «Фізична хімія», «Теорія металургійних процесів», «Металознавство», «Теплотехніка ливарного виробництва», «Теоретичні основи ливарного виробництва», «Формувальні матеріали», «Технологія ливарної форми», «Виробництво виливків із сталей», «Контроль якості виливків» і є однією із завершальних дисциплін у циклі підготовки магістрів металургії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Високолеговані сталі для виливків.

Тема 1.1. Легування ливарних сталей.

Тема 1.2. Високолеговані ливарні сталі із спеціальними властивостями

Розділ 2. Виробництво виливків із високолегованих сталей

Тема 2.1. Особливості виплавляння високолегованих сталей із спеціальними властивостями

Тема 2.2. Позапічне оброблення високолегованих сталей

Тема 2.3. Особливості технологічних процесів виготовлення виливків із спеціальних сталей

Перелік лабораторних робіт:

Лабораторна робота № 1 Визначення хімічного складу, режимів термічного оброблення, механічних властивостей високолегованих сталей і галузей їх використання на підставі аналізу нормативних документів

Лабораторна робота № 2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка із високолегованої сталі

Лабораторна робота № 3 Розрахунок шихти для виплавляння високолегованої сталі в електричних печах

Лабораторна робота № 4 Дослідження впливу титану на ливарні властивості хромистих сталей

Лабораторна робота № 5 Дослідження впливу титану на механічні властивості хромистих сталей

Лабораторна робота № 6 Дослідження впливу титану на процеси структуроутворення в хромистих сталях

Лабораторна робота № 7 Дослідження термостійкості та ростостійкості високолегованих сталей

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. ДСТУ 8781:2018 (Виливки зі сталі. Загальні технічні умови).
2. Стальное литье. Монография. / Г.Е. Федоров, М.М. Ямшинский, Е.А. Платонов, Р.В. Лютый. – К.: НТУУ «КПІ», ПАО «Випол», 2013. – 896 с.
3. Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.
4. Математичне моделювання і комп'ютерний аналіз процесів структуроутворення легованих сталей в ході фазових перетворень /В.В. Каверинський; Національна академія наук України, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича – Київ: КІМ, 2019. - 210 с.
5. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного литва : підручник для вищих навчальних закладів /В.О. Богуслаєв; під редакцією С.І. Реп'яха та В.Г. Могилатенка; [Міністерство освіти і науки України, Національна металургійна академія України]. - Запоріжжя: Мотор Січ, 2016. - 474 с.
6. Сплави на основі заліза :підручник для студентів вищих навчальних закладів : у 2 томах /В.І. Мазур, І.З. Куцова, О.А. Носко, М.А. Ковзель; за загальною редакцією В.І. Мазура; науковий редактор С.О. Фірстов; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - Київ: Політехніка, 2015. – 272 с.
7. Позапічне рафінування чавуну і сталі: навчальний посібник /О.М. Смірнов, О.М. Зборщик. - Донецьк : Вид-во "Ноулідж", Донецьке відділення, 2012. - 179 с.: іл.
8. Леговані сталі: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /О.В. Більченко, О.І. Дудка, В.Г. Хижняк, С.М. Чернега; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ: Кондор, 2009. - 96 с.

Допоміжна

1. Шульте Ю.А. Производство отливок из стали. – К. – Донецк: Вища школа, 1983. – 184 с.
2. Воздвиженский В.М. Литейные сплавы и технологии их плавки в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
3. Казачков И.П. Легированные стали. – К.: Техніка, 1982. – 120 с.
4. Марукович Е.И., Карпенко М.И. Литейные сплавы и технологии. – Минск: Беларус. Наука, 2012. 442 с.
5. Василевский П.Ф. Технология стального литья. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.
6. Меськин В.С. Основы легирования стали. – М.: Металлургия, 1964, – 684 с.
7. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975.– 584 с.
8. Борнацкий И.И. Физико-химические основы сталеплавильных процессов. – М.: Металлургия, 1974. – 320 с.
9. Нехендзи Ю.А. Стальное литье. – М.: Металлургиздат, 1948. – 766 с.
10. ГОСТ 21357-87. Отливки из хладостойкой и износостойкой стали. Общие технические условия.
11. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали. – М.: Металлургия, 1967. – 798 с.
12. Гудремон Э. Специальные стали. Т.1. – М.: Металлургия, 1966. – 736 с.
13. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. – М.:Металлургия, 1964. – 672 с.
14. Литейные хладостойкие стали. Солнцев Ю.П., Андреев А.К., Гречин Р.И. – М.: Металлургия, 1991. – 176 с.
15. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. – К. – Донецк: Вища школа, 1986. – 280 с.
16. Metallurgy of Steel for Bladesmiths & Others who Heat Treat and Forge Steel John D. Verhoeven Emeritus Professor Iowa State University March 2005.

Інформаційні ресурси

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.

Література є вільному доступу в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та Методичному кабінеті кафедри ЛВ.

Додатково можна опрацьовувати літературу з інтернет джерел: <https://foundry.kpi.ua>, <https://www.twirpx.com>; <http://bookash.pro>; <http://techlib.org/lite>; <https://lib-bkm.ru>; <https://www.chipmaker.ru>; <https://ru.1lib.eu>, <https://1lib.fr>.

Студенти 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 навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Календарний план навчальної дисципліни – <https://foundry.kpi.ua/courses/staleve-lytvo/>

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

6. Самостійна робота студента

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

Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.

Підготовка до лабораторних робіт: написання протоколу, проведення розрахунків, побудова графічних залежностей і формулювання висновків за даними виконання роботи – до наступної лабораторної роботи.

Таблиця 1. – Розподіл годин між аудиторною і самостійною роботою

Назви змістовних модулів	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Розділ 1. Високолеговані сталі для виливків.	37	10	–	6	21
Календарний контроль 1	2	1	–	–	1
Розділ 2. Виробництво виливків із високолегованих сталей	64	24	–	12	28
Календарний контроль 2	2	1	–	–	1
Іспит	30	2	–	–	30
ВСЬОГО	135	36	–	18	81

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекційних занять є вільним, відвідування всіх видів занять фіксується, але не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, який необхідний для виконання лабораторних та практичних занять.
- Допуск до лабораторних робіт за наявності оформленого протоколу (мета, матеріали, обладнання, знання етапів виконання); коротке опитування за матеріалом роботи.

- Захист лабораторних робіт на наступному занятті (заповненні таблиці, наведені необхідні розрахунки, побудовані графічні залежності, сформульовані висновки за результатами досліджень).
- Заохочувальні бали (до 10 б.) оформлення презентацій, рефератів, розроблення діючих макетів, участь у конференціях, сертифікати здобувача неформальної освіти.
- Політика дедлайнів та перескладань: захист лабораторних робіт – в процесі виконання наступної роботи, або на консультаціях; контрольні роботи переписують на консультаціях; іспит, як форма підсумкового контролю відбувається відповідно до розкладу екзаменаційної сесії, перескладання 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)

Рейтинг успішності здобувачів складається із двох частин семестрового рейтингу, R_C , та іспиту, коли $0,4 \leq RD < 0,6R_C$.

Поточний контроль здобувачів відбувається на 8 та 16 тижні навчання.

На перший поточний контроль за виконання всіх вимог – не менше 15 балів

На другий поточний контроль за виконання всіх вимог – не менше 45 балів

Семестровий рейтинг успішності студента, R_C , формується як сума балів, нарахована студенту за роботу протягом семестру: за написання модульних контрольних робіт, за виконання 6-ти лабораторних робіт.

Для одержання заохочувальних балів для покращання семестрового рейтингу передбачено виконання самостійної творчої роботи: написання додаткових рефератів, складання програм для розраховувань на ПЕОМ, участь в конкурсах, доповіді на конференціях, огляди наукових праць, виготовлення технічних засобів навчання, сертифікати з отримання неформальної освіти тощо.

Отже семестровий рейтинг з дисципліни R_C , розраховують за формулою:

$$R_C = \sum_{i=1}^2 MKP + \sum_{i=1}^7 LP + TP^* - 0,5 \cdot k,$$

де МКР – сума балів за виконання модульної контрольної роботи;

ЛР – сума балів за виконання лабораторних робіт;

*ТР – бали, зараховані за виконання творчої роботи (за бажанням студента);

k – кількість лабораторних робіт, які захищені несвоєчасно.

Модульні контрольні роботи

Модульна контрольна робота складається із 2-х тестів, теоретичного характеру які проводяться під час поточного контролю в системі Classtime.

1 тест складається із 20 питань (15 балів)

2 тест складається із 25 питань (15 балів)

Час написання тесту складає 45 хв.

Отже максимальна оцінка МКР складає 15 балів. Максимальний бал за дві МКР складає 30,0 балів.

Лабораторні роботи. Студент самостійно (в рамках СРС) готується до виконання лабораторних робіт. Оцінка складається з двох етапів: перший – оцінюється підготовка до виконання лабораторної роботи:

- бездоганно написаний протокол із усіма необхідними рисунками, таблицями, формулами для розраховувань та задовільна підготовка до виконання лабораторної роботи – 1 бал;

- незначні невідповідності (відсутній рисунок, таблиця тощо) або незадовільне знання виконання роботи – 0,5 бала;
- задовільний протокол але студент не готовий до виконання лабораторної роботи – 0 балів;
- відсутній протокол – студент не допускається до виконання лабораторної роботи.

Другий етап – захист лабораторної роботи:

- бездоганна відповідь з поясненнями – 2 балів;
- незначні неточності у відповіді, відсутність пояснень тощо – 1,5 бали;
- загальна схема відповіді наведена, але відсутні будь-які пояснення – 1 бал;
- відповіді відсутні або цілком помилкові – 0 балів.

У разі захисту лабораторної роботи несвоєчасно від наведеної суми балів віднімається 0,5 бала за кожну неділю несвоєчасного захисту.

Отже максимальна оцінка однієї лабораторної роботи складає 3 бали.

Творча робота. Залежно від складності і якості виконання одного творчого завдання нараховують до 5 балів. Допускається виконання двох додаткових робіт.

Розрахунок шкали (R) рейтингу: Сума вагових балів контрольних заходів для студента, який зразково виконав їх (МКР та ЛР) і який не має пропусків занять без поважних причин максимально складає:

$$R_c = 2 \cdot 15,0 + 7 \cdot 3 = 50 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала, R_c , з дисципліни складає 50 балів.

Необхідною умовою одержання оцінки є виконання та зарахування модульних контрольних і лабораторних робіт, оформлених розрахунків з практичних робіт а також стартовий (r_c) рейтинг студента має бути не менше 60% від максимального рейтингу R_c , тобто 30 балів.

За умови, коли $R_d < 0,4 R_c$, тобто $R_d < 30$ балів, студента не допускають до іспиту. Для складання іспиту студент повинен через виконання додаткових завдань набрати рейтинг більше 30 балів.

Іспит складається із 60-ти тестових завдань теоретичного характеру. Максимальна кількість балів – 50. Час написання 90 хв.

Залежно від фактично набраного рейтингу успішність студента встановлюють (ECTS та традиційну) відповідно до таблиці (без урахування результатів творчої роботи)

Таким чином рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R = R_c + R_E = 50 + 50 = 100 \text{ балів}$$

Залежно від фактично набраного рейтингу оцінку студенту встановлюють (ECTS та традиційну) відповідно до таблиці.

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 виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на підсумковий контроль:

- Переваги сталі перед іншими матеріалами.
- Оригінальні сталі та галузі їх використання.
- Класифікація легованих сталей.
- Загальна та економічна мета легування сталі.
- Механізм легування сплавів на основі заліза.
- Шляхи підвищення властивостей сталі.

- Структурні складові легованих сталей та їх характеристика.
- Вплив легувальних елементів на співвідношення фаз у сталі.
- Комплексне легування сталей.
- Вплив марганцю на властивості сталі.
- Вплив нікелю на властивості сталі.
- Вплив хрому на властивості сталі.
- Вплив кремнію та алюмінію на властивості сталі.
- Вплив титану, ванадію та бору на властивості сталі.
- Вплив міді, вольфраму та молібдену на властивості сталі.
- Фізичні властивості сталей.
- Електричні та магнітні властивості сталі.
- Хімічні властивості сталі, ерозія та кавітація.
- Зносостійкість сталі та її зв'язок з твердістю.
- Жароміцність та жаростійкість сталей.
- Хромисті сталі для виливків: класифікація, хімічний склад, галузі використання.
- Особливості виготовлення виливків із хромистих сталей.
- Феритно-карбідні та ледебуритні хромисті сталі.
- Хромонікелеві сталі для виливків: класифікація сталей та галузі використання.
- Особливості плавлення хромонікелевих сталей та виготовлення із них виливків.
- Хромоалюмінієві сталі для виливків: вимоги до сталей, хімічний склад, галузі використання.
- Головні експлуатаційні характеристики хромоалюмінієвих сталей.
- Середньовуглецеві хромоалюмінієві сталі: переваги та недоліки.
- Особливості плавлення хромоалюмінієвих сталей у дугових та індукційних електропечах.
- Ливарні та експлуатаційні характеристики хромоалюмінієвих сталей.
- Високомарганцеві зносостійкі сталі: хімічний склад, властивості та галузі використання.
- Особливості плавлення високомарганцевих сталей. Шихтові матеріали для сталі.
- Боротьба з фосфором при виробництві виливків із високомарганцевих сталей.
- Висококремністі сталі: хімічний склад, властивості, особливості виготовлення виливків, галузі використання.
- Холодостійкі сталі, хімічний склад, властивості, галузі використання.
- Перехід металу із в'язкого стану у крихкий – графік Давиденкова-Іоффе.
- Вплив різних факторів на холодостійкість сталей.
- Особливості плавлення холодостійких сталей та виготовлення із них виливків.
- Інструментальні сталі: класифікація сталей за теплостійкістю та призначенням.
- Загальна характеристика інструментальних сталей, хімічний склад та структура. Особливості виготовлення виробів із інструментальних сталей.
- Шихтові матеріали для виплавлення сталей зі спеціальними властивостями.
- Особливості плавлення високолегованих сталей у різних плавильних агрегатах.
- Вимоги до ливарних форм та стержнів при виготовленні виливків із легованих сталей.
- Використання надливів та холодильників при виробництві виливків із легованих сталей.
- Методи зниження витрат легувальних елементів та феросплавів під час виробництві виливків із легованих сталей.
- Особливості та послідовність введення феросплавів у рідку сталь.
- Вплив легувальних елементів на розчинність у сталі газів, сірки, фосфору.
- Механізм і кінетика процесів плавлення і розчинення феросплавів у рідкій сталі.
- Роль пічного шлаку під час легування сталі.
- Методи очищення сталі від продуктів окиснення.
- Макролегування, мікролегування та модифікування сталей.
- Особливості процесу розкислення легованих сталей.
- Особливості процесів позапічного легування сталі.
- Окиснювальні процеси та взаємодія елементів сталі з азотом у ковші.
- Спеціальна електрOMETалургія у виробництві виливків зі спеціальними властивостями.

- Позапічне оброблення високолегованих сталей та його результати.
- Оброблення легованих сталей білими та синтетичними шлаками.
- Позапічне науглецювання сталі.
- Позапічне вакуумування легованих сталей.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено зав.кафедри, д.т.н., професор Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ

Ухвалено кафедрою ЛВ (протокол № 13 від 28.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 13/23 від 30.06.2023 р.)