



ВИРОБНИЦТВО ВИЛИВКІВ ІЗ СТАЛЕЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G10 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття (2022)</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 7 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредитів ЄСКТС, 165 год. (лек. 36 год., пр. 18 год., лаб. 18 год., СРС 93 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор Ямшинський Михайло Михайлович, m.yamshinskiy@kpi.ua, +38(050)-546-06-83 Практичні: асистент Іванченко Дмитро Вікторович cortdm77@gmail.com, +38(050)-998-86-15 Лабораторні: асистент Кивгило Богдан Володимирович, kyvhylo.bohdan@gmail.com, +38(068)-533-41-77</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/OTg3NjQwODc5NzJa?cjc=hhjtl3z</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Мета – вивчення студентом характеристик ливарних сталей, теоретичних і технологічних основ плавлення сплавів на основі заліза, їх технологічних властивостей (ливарних та механічних), формування структури та властивостей металу у виливках та особливостей виготовлення сталевих виливків різного призначення.

Предмет вивчення – основні властивості рідкого металу, повний технологічний процес виплавлення сталей в дугових та індукційних печах, методики визначення ливарних і механічних властивостей сталей і сталевих виливків, фактори, які впливають на технологічний процес виготовлення якісних сталевих виливків, позапічні методи покращання властивостей рідкої сталі тощо.

Студент має уміти розробити оптимальний технологічний процес виготовлення сталевих виливків різного призначення; прийняти відповідне правильне рішення під час виконання кожної операції технологічного процесу виробництва сталевих виливків; аналізувати одержані результати щодо ливарних і механічних властивостей сталей різного хімічного складу; охарактеризувати режими термічного оброблення сталевих виливків, механічні властивості та галузі використання різних марок конструкційних нелегованих та легованих сталей; економічно обґрунтувати доцільність використання конкретних марок сталей на підставі аналізу результатів ливарних і механічних властивостей.

Під час вивчення дисципліни здобувач має опанувати наступні фахові компетентності:

ФК 1	Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем металургії.
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 7	Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем, компонентів і процесів в металургії на основі використання аналітичних методів і методів моделювання.
ФК 8	Здатність застосовувати знання металургії в управлінні процесами та обладнанням, розробленні технологій тощо.
ФК 14	Здатність забезпечувати якість продукції.
ФК 17	Здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії, а також впроваджувати ресурсозберігаючі технології, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства.
ФК 18	Здатність застосовувати кращі світові практики, стандарти діяльності у металургії за спеціалізацією.
ФК 23	Здатність розробляти і корегувати технологічні процеси виготовлення литих заготовок із залізовуглецевих сплавів
ФК 24	Здатність аналізувати процеси, що протікають в рідких металах і сплавах у плавильних агрегатах та під час їх кристалізації
ФК 25	Здатність розробляти технологічні процеси виплавляння сплавів їх легування, модифікування та позапічного оброблення

Набуті компетентності мають сформувати у здобувача наступні програмні результати навчання:

ПР 10	Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації.
ПР 11	Вміння поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань відповідної спеціалізації металургії.
ПР 21	Вміння застосовувати концепції бережливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії.
ПР 26	Вміння аналізувати і керувати факторами, які впливають на технологічні процеси виготовлення, структуру та властивості литих виробів.
ПР 27	Розуміння особливостей впливу хімічного складу металів і сплавів та технологічних процесів їх плавлення на експлуатаційні властивості ливарної продукції.
ПР 28	Вміння використовувати можливості сучасних CAD/CAM/CAE систем
ПР 31	Вміння обирати сучасні методи контролю якості та властивостей ливарної продукції.
ПР 37	Вміння розробляти і реалізовувати технологічні процеси виготовлення литих деталей.

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

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

Дисципліна забезпечує вивчення навчальних дисциплін на другому рівні вищої освіти: «Сталеве литво», «Конструювання литих деталей».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Нелеговані та леговані сталі для виготовлення виливків

Тема 1.1. Загальна характеристика ливарних сталей

Тема 1.2. Конструкційні нелеговані та леговані сталі для виливків

Розділ 2. Технологічні особливості плавлення сталей для виливків

Тема 2.1. Плавильні печі і технологічні процеси виплавляння ливарних сталей

Тема 2.2. Технологічні процеси покращання властивостей ливарних сталей

Розділ 3. Виробництво сталевих виливків

Тема 3.1. Фактори, які впливають на виробництво якісних сталевих литих деталей та їх експлуатацію

Тема 3.2. Особливості виробництва якісних сталевих виливків

Перелік лабораторних робіт:

Лабораторна робота № 1 Дослідження технологічного процесу плавлення вуглецевої сталі методом переплаву

Лабораторна робота № 2 Дослідження впливу вуглецю на ливарні властивості конструкційних нелегованих сталей

Лабораторна робота № 3 Дослідження впливу вуглецю на механічні властивості конструкційних нелегованих сталей

Лабораторна робота № 4 Дослідження впливу вуглецю на процеси структуротворення в конструкційних нелегованих сталях

Перелік практичних робіт:

Практична робота № 1 Аналіз технологічності деталі та вибір загальної схеми технологічного процесу

Практична робота № 2 Визначення шорсткості литих поверхонь, класу точності розмірів виливків та припусків на механічне оброблення

Практична робота № 3 Визначення кількості та конструкції стрижнів.

Практична робота № 4 Вибір конструкції та розмірів опок. розрахунок кількості виливків у формі

Практична робота № 5 Розрахунок ливникових систем для сталевих литва

Практична робота № 6 Вибір рецептур формувальних і стрижневих сумішей для виробництва сталевих литва. протипригарні покриття для форм і стрижнів

Практична робота № 7 Вибір модельного комплексу. розрахунок його номінальних та дійсних розмірів, допуски і граничні відхилення

Практична робота № 8 Вибір устаткування для виготовлення форм і стрижнів та його технічні характеристики

Практична робота № 9 Вибір плавильного агрегату для виплавляння сталі та його технічні характеристики

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.

2. 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.

3. Позапічне рафінування чавуну і сталі: навчальний посібник /О.М. Смірнов, О.М. Зборщик. - Донецьк : Вид-во "Ноулідж", Донецьке відділення, 2012. - 179 с.: іл.

4. 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. Metallurgy of Steel for Bladesmiths & Others who Heat Treat and Forge Steel John D. Verhoeven Emeritus Professor Iowa State University March 2005.

2. Іванова, Л. Х., Шапран, Л. О. Ливарне виробництво: технологія фасонного литва: навч. посіб. / Л. Х. Іванова, Л. О. Шапран. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 256 с.

3. Бабич, В. О., Харьковський, І. О. Фасонне литво з легованих і спеціальних сталей / В.О. Бабич, І. О. Харьковський. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 312 с.

4. Сухоручкін, О. М., Мартиненко, Г. М. Основи лиття сталі: отримання фасонних виливків / О. М. Сухоручкін, Г. М. Мартиненко. – Кривий Ріг: КНУ, 2019. – 278 с.

5. Малишев, П. П., Ковальчук, С. Г. Лиття сталі у піщані та оболонкові форми: монографія / П. П. Малишев, С. Г. Ковальчук. – Київ: НУБіП, 2018. – 198 с.

6. ДСТУ 8781-2018 (Виливки зі сталі. Загальні технічні умови).

Інформаційні ресурси

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>, <http://bookash.pro>; <http://techlib.org/lite>; <https://ilib.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)

Опанування навчальної дисципліни здійснюється з використанням елементів змішаного навчання, що поєднує традиційні та цифрові підходи до організації освітнього процесу. Для забезпечення ефективної взаємодії між викладачем і здобувачами освіти застосовуються електронна пошта, месенджери (Viber, WhatsApp) та забезпечено відкритий доступ до навчального курсу на платформі Google Classroom, де регулярно публікуються навчальні матеріали, інструкції до виконання завдань, презентації та додаткові інформаційні ресурси.. Такий підхід сприяє підвищенню доступності навчальної інформації, оперативному зворотному зв'язку та формуванню відповідальності здобувачів за власне навчання.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Розділ 1. Нелеговані та леговані сталі для виготовлення виливків Тема 1.1. Загальна характеристика ливарних сталей Лекція 1. Історія, стан та перспективи виготовлення виробів із сталей. Внесок вітчизняних учених у розвиток сталеливарного виробництва. Переваги, недоліки, класифікація та маркування ливарних сталей і сталевих виливків Основні питання: Історія розвитку технологій виготовлення виробів із сплавів на основі заліза. Внесок вітчизняних учених у розвиток сталеливарного виробництва.

	Перспективи виробництва литва із сталей. Переваги сталевих виливків перед чавунними та перед висуваннями і штампуваннями. Недоліки сталей у порівнянні з чавунами. Класифікація ливарних сталей. Класифікація сталевих виливків. Маркування ливарних сталей. Позначення і маркування сталевих виливків. Література: 1, 2, 3. Завдання на СРС: Вивчити класифікацію ливарних сталей та позначення сталевих виливків.
	Лекція 2. Особливості виробництва сталевих виливків. Технологічні та службові властивості ливарних сталей. Основні питання: Особливості виробництва сталевих виливків. Технологічні та службові властивості ливарних сталей. Механічні властивості ливарних сталей та методи їх визначення. Вплив структури сталей на механічні властивості. Вплив структури металу на твердість сталевих виливків. Технологічні властивості сталей залежно від структури. Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити номенклатуру ливарних і механічних властивостей металевих матеріалів.
	Лекція 3. Вуглецеві сталі для виробництва виливків Основні питання: Місце вуглецевих сталей у виробництві литих заготовок. Вплив хімічного складу на властивості вуглецевих сталей. Середньовуглецеві сталі для виливків, їх властивості, хімічний склад і галузі використання. Низьковуглецеві сталі і особливості виготовлення із них виливків. Високо вуглецеві ливарні сталі та особливості виробництва виливків. Графітовані сталі і особливості виготовлення виливків. Технічні вимоги до виливків із вуглецевих сталей. Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити галузі використання вуглецевих сталей
	Лекція 4. Конструкційні леговані сталі для виробництва виливків Основні питання: Загальна характеристика конструкційних легованих сталей. Марганцевисті, марганцевокремністі, ванадієві, хромисті, хромомарганцевокремністі, хромопідкелеві сталі, сталі з молибденом, вольфрамом і міддю, складнолеговані сталі. Їх хімічний склад, властивості і галузі використання Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити різновиди конструкційних легованих сталей і галузі їх використання.
	Розділ 2. Технологічні особливості плавлення сталей для виливків Тема 2.1. Плавильні печі і технологічні процеси виплавлення ливарних сталей Лекція 5. Плавильні печі, їх класифікація та особливості використання в сталеливарному виробництві Основні питання: Плавильні печі для виплавлення ливарних сталей: дугові печі, їх конструкції, характеристики, переваги та недоліки у порівнянні з мартенівськими та індукційними печами. Індукційні сталеплавильні печі, принцип дії, конструкції, галузі використання. Футеровка електроплавильних печей. Технологія виготовлення електродів для дугових печей. Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити конструкцію дугової електропечі
	Лекція 6. Шихтові матеріали для виплавлення ливарних сталей різного призначення Основні питання: Шихтові матеріали та приготування їх до використання. Показники якості сталювого брухту і відходів. Класифікація сталювого брухту. Угар хімічних елементів під час виплавлення сталей у різних печах. Феросплави і вимоги до них. Неметалева частина шихти: вапно, боксити, плавиковий шпат. Навуглецьовувальні матеріали. Література: 1, 2. Завдання на СРС: Вивчити складові неметалевої частини шихти та їх призначення

	Календарний контроль 1
	Лекція 7. Основні операції та періоди виплавляння сталей для виробництва виливків Основні питання: Основні операції та періоди. Заправлення печі і способи його виконання; завантаження шихти в піч, послідовність і вимоги; плавлення шихти, особливості виконання цієї операції у печах з різною футеровкою; окислювальний період, його призначення і особливості виконання; відновлювальний період, його призначення і особливості виконання, випускання розплаву із печі, його різновиди; розливання сталі в ливарні форми; методика визначення температури металу перед випусканням із печі. Література: 1, 2, 3 Завдання на СРС: Вивчити призначення окислювального і відновлювального періодів під час виплавляння вуглецевих сталей
	Лекція 8. Особливості плавлення сталей в печах з основною та кислою футеровками. Порівняльні техніко-економічні показники плавлення сталей у таких печах. Основні питання: Особливості виплавляння сталі в печах з основною футеровкою: метод окиснення і його виконання; метод переплавлення та особливості його виконання, переваги методу; особливості плавлення сталі в печах з кислою футеровкою, переваги печей з кислою футеровкою, пасивний метод плавлення і його виконання; плавлення сталі активним методом. Особливості плавлення сталей в індукційних печах. Техніко-економічні показники плавлення сталі в печах з різною футеровкою. Література: 1, 2, 3. Завдання на СРС: Вивчити особливості виплавляння ливарних сталей в індукційних печах
	Тема 2.2. Технологічні процеси покращання властивостей ливарних сталей Лекція 9. Легування, мікролегування та модифікування ливарних сталей. Основні питання: Процеси легування, мікролегування і модифікування сталей. Теорія легування сплавів на основі заліза. Особливості використання нікелю, міді, молібдену, хрому, ванадію, титану, бору, марганцю, РЗМ та інших хімічних елементів для легування, мікролегування і модифікування сталей. Позапічне легування сталей та його удосконалення. Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити методи удосконалення процесів позапічного легування ливарних сталей
	Лекція 10. Фізико-хімічні процеси, які мають місце у ванні печі під час виплавляння ливарних сталей. Основні питання: Характеристика металургійних процесів, що відбуваються в плавильній печі під час виплавлення сталі. Роль пічного шлаку під час виплавлення ливарної сталі: характеристика шлаків, будова, використання. Роль кисню в процесах утворення шлаків та виплавляння сталі. Процеси окиснення і відновлення хімічних елементів у сталеплавильній ванні: марганцю, кремнію, фосфору, сірки, хрому та інших елементів. Література: 1, 2, 3. Завдання на СРС: Вивчити роль шлаку під час виплавляння сталей у дугових електропечах
	Розділ 3. Виробництво сталевих виливків Тема 3.1. Фактори, які впливають на виробництво якісних сталевих литих деталей та їх експлуатацію Лекція 11. Вплив ливарних властивостей на формування якісних виливків. Рідкотекучість сталей Основні питання: Загальна характеристика факторів, що впливають на формування якісних виливків. Рідкотекучість сталей та її вплив на формування якісних виливків.

	Природа рідкотекучості. Вплив фізико-хімічних властивостей металу на його рідкотекучість: вплив хімічного складу, інтервалу кристалізації, неметалевих вкраплин, теплопровідності, в'язкості та поверхневого натягу. Вплив фізико-хімічних та технологічних властивостей ливарної форми на рідкотекучість: теплоакумульовальна здатність, газопроникність, газотвірність, шорсткість поверхні форми. Вплив факторів, які визначають умови підведення металу в порожнину ливарної форми. Технологічні проби для визначення рідкотекучості сплавів на основі заліза. Загальні висновки щодо рідкотекучості. Література: 1, 2. Завдання на СРС: Вивчити вплив фізико-хімічних властивостей рідкого металу на рідкотекучість ливарних сталей
	Лекція 12. Особливості первинної і вторинної кристалізації ливарних сталей Основні питання: Первинна кристалізація. Фактори, що впливають на первинну кристалізацію. Теорії виникнення зародків. Вплив фізико-хімічних властивостей металу на його первинну кристалізацію: температура перегрівання, хімічний склад тощо. Вплив фізико-хімічних та технологічних властивостей ливарної форми: теплоакумульовальна здатність та швидкість підведення металу в ливарну форму. Вплив зовнішніх факторів на кристалізацію сталі. Вторинна кристалізація. Фактори, що впливають на процеси вторинної кристалізації. Термічне оброблення виливків. Загальні висновки щодо кристалізації металу в сталевих виливках. Література: 1, 2, 4. Завдання на СРС: Вивчити режими термічного оброблення виливків із вуглецевих сталей як фактор вторинної кристалізації Календарний контроль 2
	Лекція 13. Усадка ливарних сталей і її вплив на формування якісних виливків Основні питання: Види усадки та її вплив на властивості сталі. Усадка в рідкому стані, під час кристалізації та в твердому стані. Вплив фізико-хімічних властивостей сталі на її усадку. Особливості лінійної усадки в сталях. Особливості об'ємної усадки сталей. Вплив фізико-хімічних властивостей сталі на об'ємну усадку: хімічного складу, газів, температури та рідкотекучості. Дефекти усадкового походження. Загальні висновки щодо усадки сталей. Заходи щодо попередження усадкових дефектів. Література: 1, 2, 3. Завдання на СРС: Вивчити вплив фізико-хімічних властивостей рідкої сталі на об'ємну усадку
	Лекція 14. Неметалеві вкраплини як фактор негативного впливу на формування якісних сталевих виливків. Дефекти газового походження в сталевих виливках і заходи щодо їх попередження Основні питання: Загальна характеристика впливу неметалевих вкраплин на якість сталевих виливків. Класифікація неметалевих вкраплин за походженням та за часом їх утворення. Різновиди неметалевих вкраплин за хімічним складом: оксидні, сульфідні, фосфідні, карбідні. Вплив алюмінію на утворення неметалевих вкраплин. Екзогенні вкраплини. Розміри, форма і розчинність неметалевих вкраплин. Методи дослідження та контролю неметалевих вкраплин. Заходи боротьби з ендогенними і екзогенними неметалевими вкраплинами. Загальна характеристика газів і газових дефектів. Механізм утворення дефектів газового походження. Водень у сталях і сталевих виливках. Кисень у сталях і сталевих виливках. Азот у сталях і сталевих виливках. Газові раковини у виливках з вини ливарної форми. Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити Заходи боротьби з неметалевими вкраплинами під час виробництва сталевих виливків. Вивчити заходи боротьби з дефектами газового походження.
	Лекція 15. Ліквідаційні процеси в сталях і сталевих виливках і заходи боротьби з ними

	Основні питання: Ліквіація в сталях та її різновиди. Механізм процесу ліквіації хімічних елементів у сталях. Вплив хімічних елементів на ліквіаційні процеси в сталях. Заходи боротьби з ліквіацією у сталевих виливках. Література: 1-4. Завдання на СРС: Вивчити заходи боротьби з ліквіаційними процесами у сталевих виливках під час їх виготовлення
	Лекція 16. Ливарні напружини в сталевих виливках і заходи щодо їх попередження Основні питання: Різновиди ливарних напружин у сталевих виливках. Механізм утворення термічних напружин у виливках. Вплив фізико-хімічних властивостей металу на утворення термічних напружин. Вплив конструкції литої деталі та ливарної форми на утворення термічних напружин. Фазові напружини. Усадкові напружини. Мікроскопічні і субмікроскопічні напружини. Заходи щодо попередження залишкових напружин. Література: 1, 2. Завдання на СРС: Вивчити механізм утворення напружин у виливках
	Лекція 17. Гарячі тріщини в сталевих виливках і заходи щодо їх попередження Основні питання: Різновиди тріщин. Механізм утворення тріщин. Критичні інтервали утворення гарячих тріщин у сталевих виливках. Фактори, що впливають на процеси утворення гарячих тріщин. Методики визначення тріщиностійкості сталей у виливках. Заходи щодо попередження утворення гарячих тріщин у сталевих виливках. Література: 1, 2, 3. Завдання на СРС: Вивчити фактори, що впливають на процеси утворення гарячих тріщин
	Тема 3.2. Особливості виробництва якісних сталевих виливків Лекція 18. Особливості технологічного процесу виробництва сталевих виливків різного призначення Основні питання: Основні операції технологічного процесу виробництва сталевих виливків. Ливникові системи для виробництва якісних сталевих виливків. Особливості підведення металу у форму сифоном, по різним формам і з використанням щільних ливникових систем. Особливості заливання форм. Основні правила технології ливарної форми. Особливості фінішних операцій та термічного оброблення сталевих виливків. Література: 1, 2. Завдання на СРС: Вивчити конструкції ливникових систем для виробництва сталевих виливків
	Іспит

6. Самотійна робота студента

Самотійна 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.

Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт.

Таблиця 1. – Розподіл годин між аудиторною і самостійною роботою

Назви змістовних модулів	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Розділ 1. Нелеговані та леговані сталі для виготовлення виливків	18	8	–	–	10
Розділ 2. Технологічні особливості плавлення сталей для виливків	36	12	–	8	16
Календарний контроль 1	2	1	–	–	1
Розділ 3. Виробництво сталевих виливків	77	14	18	10	35
Календарний контроль 2	2	1	–	–	1
Іспит	30	–	–	–	30
ВСЬОГО	165	36	18	18	93

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.
- За відвідування практичних занять студенти не отримують бали: рейтинг студента формує активна участь на практичних заняттях й підготовленість до них, а також виконання завдань протягом заняття.
- Пропуск практичного заняття не дає можливості отримати студенту бали у семестровий рейтинг, проте кожен студент має право відпрацювати пропущені лише з поважної причини (лікарняний, офіційний дозвіл деканату) заняття за рахунок самостійної роботи під час консультацій, передбачених навчальним навантаженням викладача.
- 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; практичні роботи захищаються на наступному занятті, 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 плагиату (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)

Структура навчальної дисципліни

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	академічних годин	Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС	МКР	Семестрова атестація
7	5,5	165	36	18	18	93	1	іспит

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 4-х лабораторних робіт та 9-ти практичних 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:

$$R_C = 0,35 \sum_{i=1}^2 MKP + 0,5 \sum_{i=1}^4 LP + 0,4 \sum_{i=1}^9 PP + TP^* - 1,2 \cdot k,$$

де МКР – сума балів за виконання модульної контрольної роботи;

ЛР – сума балів за виконання лабораторних робіт;

ПР – сума балів за виконання практичних робіт;

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

k – кількість лабораторних робіт, які захищені несвоєчасно; ваговий коефіцієнт дорівнює 1,2.

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 45 питань (5 балів)

2 тест складається із 58 питань (5 балів)

Час написання тесту складає 60 хв.

Отже максимальна оцінка МКР складає 5 балів. Максимальний бал за дві МКР складає 10 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 – 2 бали;
- незначні невідповідності (відсутній рисунок, таблиця тощо) або незадовільне знання виконання роботи – 1 бал;
- 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 0,25 бала за кожну неділю несвоєчасного захисту.

Отже максимальна оцінка однієї лабораторної роботи складає 4 бали.

Максимальний бал за лабораторної роботи складає $4 \cdot 4 = 16,0$ балів.

Практичні роботи. Студент самостійно (в рамках СРС) готується до виконання практичних робіт. Оцінка складається з оцінювання здобувача до виконання практичної роботи в рамках аудиторних годин:

- бездоганно написаний зміст практичної роботи із усіма необхідними рисунками, таблицями, формулами для розраховувань та задовільна підготовка до її виконання – 4 балів;
- бездоганно написаний зміст практичної роботи із усіма необхідними рисунками, таблицями, формулами для розраховувань але незадовільна підготовка до її виконання – 3,5 балів;
- незначні невідповідності (відсутній рисунок, таблиця тощо) але задовільне знання виконання роботи – 3 бал;
- незначні невідповідності (відсутній рисунок, таблиця тощо) і незадовільне знання виконання роботи – 2 бали;
- задовільний протокол але студент не готовий до виконання практичної роботи, не володіє лекційним матеріалом і не зміг виконати відповідні розрахунки – 1 бал;
- відсутній протокол і студент не готовий до виконання практичної роботи, не володіє лекційним матеріалом – 0 балів;

За несвоєчасне виконання та захист практичної роботи без поважних причин віднімається 0,5 бала за кожний тиждень.

Отже максимальна оцінка однієї практичної роботи складає 4 балів.

Максимальний бал за практичні роботи складає $9 \cdot 4 = 36,0$ балів.

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:

$$R_c = 2 \cdot 5,0 + 4 \cdot 4,0 + 9 \cdot 4,0 = 60 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала, R_c , з дисципліни складає 60 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 40 балів.

За умови, коли $R_d < 0,4 R_c$, тобто $R_d < 40$ балів, студента не допускають до іспиту. Для складання іспиту студент повинен через виконання додаткових завдань набрати рейтинг більше 40 балів.

Іспит складається із 80-ти тестових завдань теоретичного характеру в системі Classtime.. Максимальна кількість балів – 40. 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:

$$R = R_C + 0,9 \cdot R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

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:

- Властивості ливарних сталей: загальна характеристика.
- Внесок вітчизняних учених у розвиток сталеливарного виробництва.
- Водень у сталях та сталевих виливках. Джерела попадання водню в розплав та заходи боротьби з ним.
- Вплив властивостей металу і ливарної форми на утворення гарячих тріщин.
- Вплив ливарної форми на процеси усадки вуглецевої сталі.
- Вплив умов заливання форм розплавом на його рідкотекучість та виготовлення якісних виливків.
- Вплив фізико-хімічних властивостей ливарної форми на процеси первинної кристалізації.
- Вплив фізико-хімічних властивостей ливарної форми на рідкотекучість вуглецевих сталей.
- Вплив фізико-хімічних властивостей металу на усадку в рідкому стані, під час кристалізації та в твердому стані.
- Вплив фізико-хімічних властивостей рідкого металу на рідкотекучість вуглецевих сталей.
- Вторинна кристалізація. Фактори, які впливають на процеси вторинної кристалізації.
- Газу у сталях і сталевих виливках. Загальна характеристика.
- Газові дефекти у сталевих виливках та механізм їх утворення.
- Гарячі тріщини у сталевих виливках. Механізм утворення гарячих тріщин.
- Етапи розвитку та перспективи сталеливарного виробництва.
- Загальна характеристика технологічного процесу виробництва сталевих виливків.
- Заходи боротьби з гарячими тріщинами в сталевих виливках.
- Заходи боротьби з дефектами усадкового походження в сталевих виливках.
- Заходи боротьби з джерелами попадання газів у розплав та з газовими дефектами у виливках.
- Заходи боротьби з неметалевими вкрапинами різного хімічного складу і походження.
- Заходи щодо підвищення рідкотекучості вуглецевих сталей, які пов'язані із станом розплаву і ливарної форми.
- Кисень і азот у сталях та сталевих виливках. Джерела попадання цих газів у розплав і заходи боротьби з ними.
- Класифікація сталевих виливків.
- Класифікація сталей для виробництва литих заготовок.
- Конструкційні леговані сталі для виливків. Загальна характеристика, різновиди, галузі використання.
- Ливарні напруження у сталевих виливках. Їх різновиди і механізм утворення.

- Ліквация у виливках із вуглецевих сталей. Різновиди ліквации та їх вплив на властивості металу і якість виливків.
- Марганцеві конструкційні сталі, їх хімічний склад та галузі використання.
- Механізм ліквацийних процесів у металі сталевих виливків.
- Механізм формування ливарних напружин у сталевому виливку. Заходи боротьби із залишковими напружинами.
- Наведіть переваги і недоліки виплавляння сталей в індукційних печах у порівнянні з дуговими.
- Наведіть причини руйнування футеровки печей, матеріали для її заправлення та технологію заправлення печей з різними футеровками.
- Наведіть складові металевої частини шихти для виплавлення конструкційних ливарних сталей.
- Наведіть складові неметалевої частини шихти для виплавляння ливарних сталей у печах з різними футеровками та їх призначення.
- Наведіть техніко-економічні показники роботи дугових електропечей з різною футеровкою. Як їх покращити?
- Наведіть фактори, на які суттєвий вплив справляє якість шихтових матеріалів.
- Наведіть феросплави, які використовують для виплавлення ливарних сталей, та вимоги до них.
- Недоліки ливарних сталей у порівнянні із сірими чавунами.
- Неметалеві вкраплини в сталевих виливках. Їх різновиди і класифікація.
- Низьковуглецеві ливарні сталі, їх хімічний склад та особливості виробництва із них литих заготовок.
- Низьковуглецеві сталі для виливків, хімічний склад, галузі використання та особливості виготовлення із них виливків.
- Номенклатура ливарних властивостей сталей та їх характеристика.
- Опишіть вимоги, які пред'являють до електродів та технологію їх виготовлення.
- Опишіть конструкцію, принцип роботи індукційних печей та особливості виплавляння в них сталей.
- Опишіть матеріали, які використовують для футерування сталеплавильних печей, та технології виконання процесу футерування.
- Опишіть методику визначення температури металу в печі перед його випусканням та її вимірювання.
- Опишіть окиснювальний період, його призначення та технологію здійснення.
- Опишіть основні операції та періоди, які мають місце під час виплавляння конструкційних ливарних сталей.
- Опишіть процес плавлення шихти та основні завдання сталевара під час його здійснення.
- Опишіть технології завантажування шихти в дугову та індукційну печі.
- Опишіть фактори, які справляють суттєвий вплив на процес виплавляння ливарної сталі.
- Особливості ливарної форми під час виробництва сталевих виливків.
- Особливості первинної кристалізації вуглецевої сталі. Теорія послідовної кристалізації за Г.Ф.Баландіним.
- Особливості розливання вуглецевої сталі під час виробництва якісних сталевих виливків.
- Особливості фінішних операцій під час виробництва виливків із вуглецевих сталей.
- Охарактеризуйте матеріали, які використовують для науглецювання ливарних сталей.
- Охарактеризуйте матеріали, які використовують для окиснення домішок під час окиснювального періоду.
- Охарактеризуйте особливості випускання розплаву із плавильних агрегатів різних типів.
- Охарактеризуйте особливості розливання сталей у ливарні форми в умовах різного характеру виробництва та визначення температури розплаву.
- Охарактеризуйте особливості технології виплавляння сталей в індукційних печах.
- Охарактеризуйте печі, які використовують для виплавляння сталей різного хімічного складу.

- Охарактеризуйте призначення та виконання відновлювального періоду під час виплавляння сталей у дугових електропечах.
- Охарактеризуйте сталевий брукхт, який використовують для виплавлення конструкційних ливарних сталей.
- Охарактеризуйте шлакоутворювальні матеріали, які використовують під час виплавляння ливарних сталей.
- Переваги сталевих виливків перед чавунними.
- Переваги сталевих литих заготовок перед заготовками, виготовленими куванням, штампуванням і прокатуванням.
- Правила підведення рідкого металу в ливарну форму.
- Режимми термічного оброблення виливків, виготовлених із вуглецевих сталей.
- Рідкотекучість вуглецевих сталей. Різновиди рідкотекучості за Ю.А.Нехенді.
- Розкрийте особливості та методи виплавляння ливарних сталей в печах з основною футеровкою.
- Розкрийте особливості та методи виплавляння ливарних сталей в печах з кислою футеровкою.
- Розміри та форма неметалевих вкраплин. Умови видалення НВ із рідкої сталі.
- Середньовуглецеві ливарні сталі, їх хімічний склад, особливості виготовлення виливків, властивості та галузі використання.
- Середньовуглецеві сталі для виливків, їх місце в сталеливарному виробництві, хімічний склад, властивості та галузі використання.
- Технологічні властивості ливарних сталей: оброблюваність, зварюваність, прокатуваність.
- Усадка металу у виливках із вуглецевих сталей. Різновиди лінійної і об'ємної усадок.
- Фактори, які впливають на рідкотекучість вуглецевих сталей.
- Фактори, які впливають на утворення ливарних напружин.
- Фактори, які суттєво впливають на процеси первинної кристалізації з боку розплаву.
- Характеристика неметалевих вкраплин за їх походженням і хімічним складом.
- Хімічний склад вуглецевих ливарних сталей і його вплив на властивості та якість сталевих виливків.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ЛВ (протокол № 12 від 11.06.25 р)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 11/25 від 26.06.2025 р.)