Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни

Теорія процесів зварювання

Шифр та назва спеціальності
G8 – Матеріалознавство

Інститут
ННІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація
–

Освітня програма
Прикладне матеріалознавство та новітні технології

Кафедра
Зварювання (145)

Рівень освіти
Бакалавр

Тип дисципліни
Вибіркова

Семестр
4

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники

СИТНИКОВ Павло Андрійович
Pavlo.Sytnykov@mit.khpi.edu.ua
Асистент кафедри зварювання НТУ "ХПІ",

Доктор філософії (PhD) за спеціальністю 132 Матеріалознавство,
Магістр за спеціальністю 131 Прикладна механіка.
Лауреат академічної стипендії Президента України, а також премії Національної академії наук України молодим вченим та студентам за кращі наукові роботи.
Автор та співавтор понад 35 наукових публікацій та патентів.
Викладає курси: «Здатність до зварювання конструкційних матеріалів», «Теорія процесів зварювання», «Інноваційні технології у зварюванні», «Основи проектування дільниць і цехів відновлення та зміцнення деталей машин», «Новітні технології в галузі»; «Інноваційні технології в інженерії поверхні»

Детальніше про викладача на сайті кафедри за посиланням:
https://web.kpi.kharkov.ua/svarka/vykladachi-kafedry/

Загальна інформація

Анотація

Курс «Теорія процесів зварювання» призначений на вивчення загальних теоретичних та практичних відомостей загальної теорії зварювання, основ фізичної хімії (математичне вираження другого закону термодинаміки), зварювальних джерел теплоти та моделюванню їх фізичної дії, а також вивчення деяких питань теплових та металургійних процесів, що виникають при зварюванні, формуванні структури та властивостей металу зварних з’єднань, можливостей утворення та розвитку зварювальних деформацій та напружень, технологічної зварюваності металів та ін.

Мета та цілі дисципліни

Оволодіти теоретичними знаннями з теорії процесів зварювання, закономірностей плавлення, переносу та формування металу в зварному з'єднанні, особливостей металургійних процесів та питанням якості зварного з'єднання при різних способах зварювання.

Формат занять

Лекції, практичні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – диференційований залік.

Компетентності

КС 02 Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів.
КС 12 Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів.

Результати навчання

РН 01 Демонструвати володіння логікою та методологію наукового пізнання.
РН 22 Демонструвати знання методів та навички практичного застосування методів експериментальних досліджень хімічних, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів та виробів.
РН 27 Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 годин (4 кредити ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Дисципліна базується на навчальних дисциплінах: Вступ до спеціальності. Ознайомча практика. Кристалографія і дефекти кристалічної будови; Основи фізичної хімії; Фазові співвідношення в металевих матеріалах; Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Застосовуються активні форми проведення занять: лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, практичні заняття, співбесіда, консультація. На заняттях використовується компетентністний підхід до навчання..

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Фізичні основи зварювання металів Підтеми/перелік питань: Фізичні основи процесу зварювання металів; Класифікація способів зварювання; Основні способи зварювання металів.	4
Тема 2. Основи фізичної хімії Підтеми/перелік питань: Перший закон термодинаміки; Другий закон термодинаміки (математичне вираження закону); Термодинамічні потенціали; Зворотність та рівновага хімічних реакцій; Розрахунок констант рівноваги хімічних реакцій; Термічна дисоціація; Деякі явища в рідких середовищах та поверхні розподілу фаз.	4

Тема 3. Зварювальні джерела тепла Загальні вимоги до зварювальних джерел тепла; Газозварювальне полум'я; Зварювальна дуга; Нагрівання електричним струмом при дії певного контактного опору; Електрошлакове джерело тепла; Нові зварювальні джерела тепла; Порівняльні характеристик різних джерел тепла для зварювальння плавленням.	4
Тема 4. Нагрівання металу зварювальними джерелами тепла Підтеми/перелік питань: Загальні положення та основи теплових розрахунків відповідно до умов зварювання; Основі розрахунки схем нагрівання металу зварювальними джерелами; Термічні розрахунки відповідно до зварювання масивного тіла тепловими джерелами тепла; Температура поля в пластині при її проплавленні на всю товщину; Температурні поля розподілу джерелом тепла; Використання теплових розрахунків для умов зварювання.	4
Тема 5. Металургійні процеси при зварюванні плавленням Підтеми/перелік питань: Загальна характеристика металургійних процесів при зварюванні плавленням; Взаємодія металу з киснем при зварюванні плавленням; Взаємодія металу з азотом та воднем при зварюванні плавленням; Взаємодія металу при зварюванні з складними газами, що містяться в повітрі; Процеси розкислення металу при зварюванні плавленням; Легування металу при зварюванні плавленням; Рафінування металу при зварюванні плавленням.	4
Тема 6. Зварювальна ванна, кристалізація металу при зварюванні та формування металу шва Підтеми/перелік питань: Зварювальна ванна, її утворення та основні характеристики; Основні закономірності процесу кристалізації; Особливості кристалізації металу в зварювальній ванні; Ліквація домішок при кристалізації металу зварювальної ванни; Характерні зони металу шва при одно та багато прохідному зварюванні.	4
Тема 7. Вплив термічного циклу зварювання на структуру та властивості металу в зварних з'єднаннях Підтеми/перелік питань: Характерні зони металу в зварному з'єднанні (Фізична модель термічного циклу об'ємів металу, відповідно розташованого по лінії переміщення джерела теплоти); Зона термічного впливу при зварюванні маловуглецевих сталей; Структура та властивості металу зони термічного впливу при зварюванні сталей, що гартуються та чавуну; Зміни властивостей металу в біляшовній зоні високолегованих сталей; Особливості зміни структури та властивостей металу зони термічного впливу при зварюванні різних кольорових металів та сплавів; Особливості структури зварних зєднань, які виконано багатошаровими швами; Холодні тріщини в зварних з'єднаннях; Вплив термічної обробки зварних зєднань на їх структуру та властивості.	4
Тема 8. Технологічна зварюваність металів та фактори, що її визначають Підтеми/перелік питань: Уявлення про зварюваність металів та сплавів, методи її оцінювання; Вибір способів зварювання металів з різною технологічною зварюваністю; Принципи вибору матеріалів для різних випадків зварювання.	4
Загальна кількість годин	**24**

Практичні роботи

Теми практичних робіт

	Кількість годин	Вагові коефіцієнти
Тема 1. Вплив швидкості охолодження на структур та властивості зварних з'єднань	4	1
Тема 2. Вплив повторного нагріву на властивості зони термічного впливу сталей	4	1
Тема 3. Вивчення класифікації, структури та зварюваності сталей з особливими властивостями	4	1
Тема 4. Розрахунок зварювального струму та визначення площі поперечного перерізу наплавленого металу при ручному дуговому зварюванні	4	1
Загальна кількість годин	**16**	$\sum_{i=1}^{n} a_i = 4$

Контрольні роботи

Комплексний тест

	Вагові коефіцієнти
Тема 1. Розрахунок параметрів ручного дугового зварювання	1
Тема 2. Визначення температури дуги при зварюванні	1
Загальна кількість годин	$\sum_{i=1}^{n} b_i = 2$

Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання (розрахункового завдання).

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

	Кількість годин
Тема 1. Електричний дуговий розряд – основне джерело нагріву при зварюванні Фізичні процеси в анодній області? Анодне падіння напруги? Енергетичний баланс енергії на катоді; Аноді, в стовпі дуги, загальний баланс дуги? Термо- та автоелектронна емісія? Щільність струму емісії?	7
Тема 2. Променеві джерела теплоти Електронно-променеве зварювання? Фізичні процеси нагрівання металу електронним променем? Принципи отримання, формування електронних променів? Конструкція установок для електронно-променевого зварювання?	7
Тема 3. Нагрівання електричним струмом Електричний опір твердих провідників? Контактний опір; Особливості та ефективність нагрівання при контактному стиковому зварюванні, зварювання оплавленням, точковому, шовному та рельєфному зварюванні?	7

Тема 4. Хімічні та механічні джерела тепла Газозварювальне полум'я; Процеси горіння вуглеводів та будова полум'я? Горючі гази; Енергетичні характеристики газового зварювання? Механічна енергія як джерело тепла при зварюванні? Способи перетворення механічної енергії в теплову? Зварювання тертям, ударом, вибухом?	7
Тема 5. Реакційна зона та перенос електродного металу Реакційна зона при різних способах зварювання? Змінна хімічного складу металу у зварювальній реакційній зоні? Стадії «ванна» та стадія «крапля»? Вплив розмірів електродних крапель на ефективність фізико-хімічних взаємодій на стадії краплі? Переніс електродного металу та його види?	7
Тема 6. Хімічна термодинаміка Хімічна спорідненість, кількісна міра хімічної спорідненості? Вільна енергія; Наближені методи розрахунку зміни вільної енергії при реакціях, які відбуваються, які відбувається в ізобаро-ізотермічних умовах?	7
Тема 7. Рівноваги хімічних реакції Поняття про термодинамічну рівновагу та його використання для аналізу процесів у газовій та металевих фазах? Закон діючих мас для гетерогенного та гомогенного середовища? Константа рівновага; Методи розрахунку констант рівноваги?	7
Тема 8. Захист металу шва від повітря Взаємодія газ-метал? Взаємодія метала з киснем; Спорідненість до кисню? Пружність дисоціації оксиду? Окиснення чистого металу та сплавів? Вплив кисню на властивості металу; Розкислення зварного шва?	7
Тема 9. Явище на поверхні розподілу фаз при зварюванні Природа поверхневої енергії, явище адгезії? Вплив адсорбції газів на зварюваність металів в твердій фазі? Процес утворення шлакових включень в металі шва?	7
Загальна кількість годин	**65**

Тематика індивідуальних завдань

Індивідуальне завдання (розрахункове завдання) передбачає виконання індивідуального завдання, розкривати обрану тематику, демонструвати вміння аналізувати інформацію та оформлювати текстові документи відповідно до мети навчальної дисципліни. Кожен студент виконує свій варіант індивідуального завдання (розрахункового завдання), який відрізняється від інших.

Обсяг індивідуального завдання (розрахункового завдання) 14–16 сторінок основного тексту. Індивідуальне завдання (розрахункове завдання) має бути оформлене

відповідно до вимог, наведених у літературному джерелі. Завдання виконується протягом навчальних тижнів і подається на перевірку до диференційованого заліку.

Тема індивідуального завдання

Тема 1. Розрахунок та вибір параметрів режиму зварювання та геометричних розмірів шва при дуговому зварюванні електродом, що плавиться.	
Розрахункове завдання виконується за варіантами.	
Загальна кількість годин	**7**

Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни.
Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Носов Д. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньо-професійною програмою «Прикладна механіка» усіх форм навчання. Кам'янське : ДДТУ, 2019. 171 с.
2. Сливінський О. А., Коперсак В. М. Теорія процесів зварювання. Лабораторний практикум: навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2022. 69 с.
3. Теорія процесів зварювання : практикум до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітніх програмам «Прикладна механіка», «Зварювання і споріднені процеси»/ С. В. Жаріков, О. Г. Гринь, Д. М. Голуб. – Краматорськ : ДДМА, 2025. – 96 с.
4. Hu G., Cai X., Rong Y. Materials Science. Vol. 2: Phase transformation and properties. De Gruyter, 2021. 350 p.
5. Бурда, М. Й., Матвієнків О. М. Металознавство і зварювання: конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 136 с.
6. Кодекс етики академічних взаємовідносин та доброчесності Національного Технічного Університету «Харківський Політехнічний Інститут» СУЯ ХПІ-ВЗЯОД-МР/10.1:2023. https://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/wp-content/uploads/sites/43/2024/04/Kodeks-etyky-akademichnyh-vzayemovidnosyn-ta-dobrochesnosti-Natsionalnogo-tehnichnogo-universytetu-Harkivskyj-politehnichnyj-instytut-.pdf
7. Система стандартів з організації навчального процесу. ТЕКСТОВІ ДОКУМЕНТИ У СФЕРІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ. Загальні вимоги до виконання. СТЗВО-ХПІ-3.01-2021. http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2021/12/STZVO-HPI-3.01-2021-SSONP.-Tekstovi-dokumenti-u-sferi-navchalnogo-protsesu.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо відповідно до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх видів навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показниківk:

Поточний контроль (практичні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3
0,3	0,4	0,3

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.
Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3,$$

де: *П*– середньозважена середня оцінка за поточний контроль,
І– оцінка за виконання індивідуального завдання,
К– середньозважена оцінка за контрольні роботи,
Пк– оцінка за підсумковий контроль.

$$П = \frac{П_1 \cdot a_1 + П_2 \cdot a_2 + \ldots + П_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^{8} a_i},$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за практичне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1}{\sum_{i=1}^{1} b_i},$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (П,*К*, *І*,...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої *О* з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.
Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/

Погодження

Силабус погоджено	Дата погодження, підпис 29.08.2025	**Завідувач кафедри** Сергій ЛУЗАН
	Дата погодження, підпис 29.08.2025	**Гарант ОП** Ганна КНЯЗЄВА