



Комбіновані та гібридні технології у зварюванні та інженерії поверхні

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Прикладна механіка
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ECTS; Лекції - 54 год., практичні - 18 год., СРС – 78 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен /МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., доцент Пащенко Валерій Миколайович, valnikpas@gmail.com Практичні, лабораторні: д.т.н., доцент Пащенко Валерій Миколайович, valnikpas@gmail.com
Розміщення курсу	Навчальний посібник в наявності в бібліотеці НТУУ «КПІ», лекції з дисципліни і методичні вказівки до лабораторних та практичних занять висилаються кожному студенту по електронній пошті. Контрольні примірники передаються методисту кафедри для збереження в електронній бібліотеці кафедри.

Програма навчальної дисципліни

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

У дисципліні розглядаються основні принципи побудови комбінованих та гібридних пристроїв, що застосовуються у зварюванні та інженерії поверхні. Наведено приклади практичної реалізації цих принципів у процесах та технологіях зварювання, наплавлення, нанесення покриттів, модифікації структури поверхні. викладено технологічні особливості і основні результати застосування гібридних систем для з'єднання матеріалів та створення функціональних поверхонь.

Мета дисципліни - формування у студента системи сучасних уявлень та знань щодо фізичних принципів побудови комбінованих та гібридних методів та технологій, основних принципів та конструктивних схем їх реалізації, механізмів металургійних, фазових і структурних перетворень у матеріалах у ході їх обробки, особливостей практичного застосування комбінованих та гібридних технологій обробки для зварювання, нанесення покриттів, легування, термообробки матеріалів тощо.

Предмет дисципліни – лазерно-плазмові, лазерно-дугові, лазерно-світлопроменні, плазмово-детонаційні, плазмово-газополуменеві, та інші технології зварювання та інженерії поверхні.

Вивчення освітнього компонента передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Прикладна механіка», яка розроблена з урахуванням Стандарту вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 13- Механічна інженерія, спеціальність 131 – Прикладна механіка. Затверджено і введено в дію наказом ректора КПІ ім. Ігоря Сікорського від 15.02. 2022 №НОН/75/2022.

Відповідно до освітньої програми студенти після засвоєння дисципліни підсилюють компетентності і деталізують результати навчання:

Загальні компетентності:

- 1) Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми (ЗК 1).
- 2) Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК 3).
- 3) Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 6).
- 4) Здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК 8).

Фахові компетентності:

- 1) Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог (ФК 1).
- 2) Здатність планувати і виконувати експериментальні й теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем, опрацьовувати і узагальнювати результати досліджень (ФК 5).
- 3) Здатність використовувати досягнення науки та передових технологій у галузі сучасних технологічних машин і обладнання, процесів їх проектування та виробництва, підвищення їх якості, автоматизації технологічних процесів; застосування комп'ютерних технологій (ФК 6).
- 4) Здатність застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування (ФК 7).
- 5) Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки (ФК 8).

Програмні результати навчання:

Здатність:

1. Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення (РН 5).
2. Вчитися і оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах (РН 8).
3. Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію (РН 10).
4. Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки (РН 11).
5. Застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування (РН 14).
6. Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки (РН 15).

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

Для успішного засвоєння «Комбіновані та гібридні технології у зварюванні та інженерії поверхні» студент повинен мати базові знання з дисциплін бакалаврської підготовки зі спеціальності «Прикладна механіка».

Результати навчання з «Комбіновані та гібридні технології у зварюванні та інженерії поверхні» можуть бути застосовані для науково-дослідної роботи за темою магістерської дисертації і виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

- 1) Загальні питання
- 2) Гібридні технології лазерного зварювання.
- 3) Комбіновані та гібридні плазмово-газополуменеві та плазмово-дугові технології інженерії поверхні.
- 4) Комбіновані та гібридні технології газотермічного напилення покриттів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Пащенко В.М. Комбіновані та гібридні технології у зварюванні та інженерії поверхні (навчальний посібник) – Харків: Мачулін, 2017. – 154 с.
2. Пащенко В.М. Дюгові генератори в технологіях інженерії поверхні. Монографія. – Харків: Мачулін, 2018. – 288 с.
3. Кузнецов В.Д., Пащенко В.М., Юценко К.А., Борисов Ю.С.. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні. Навч. посібник.- К.: ВІПОЛ, 2005.-372 с.

Додаткова література:

4. Геращук В.П. Основи фізики лазерів. Лазери для термічних технологій. Навчальний посібник. – К.:ІЕЗ ім. Є.О. Патона. 2005. – 244 с.
5. Пащенко В.М. Керування енергетичними параметрами потоків плазми систем N-O-C-H та N-O зовнішніми впливами та зміною розмірів дугового каналу. Автоматичне зварювання.2022. №11, С. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2022.11.01>
6. Пащенко В. М. (2022). ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАЗМОУТВОРЮВАЛЬНИХ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ СИСТЕМИ N-O-C-H ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГІБРИДНИХ ПЛАЗМОВИХ ПРИСТРОЇВ. Електронний журнал категорії Б «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Техніка»), випуск №12(12) 2022 С.178-188. ISSN: 2524-0102 [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-12\(12\)-178-188](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-12(12)-178-188)
7. V.M. Pashchenko. Control of energy parameters of plasma flows of N–O–C–H system // The Paton Welding Journal, 2022, №11, 27-33 pages, <https://doi.org/10.37434/tpwj2022.11.05>. (фахове видання категорії Б)
8. V.M. Pashchenko. Specialized plasma devices for producing gradient coatings by plasma powder spraying // The Paton Welding Journal, 2022, №10, 42-48 pages, <https://doi.org/10.37434/tpwj2022.10.07>. (фахове видання категорії Б)
9. Пащенко В.М. Керування середньомасовою ентальпією потоку плазми системи N–O–C–H з урахуванням енергетичної ефективності плазмотрона. Автоматичне зварювання. 2023. №7, С 54-60. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2023.07.07>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В межах вивчення дисципліни впродовж семестру заплановано проведення лекційних, практичних та лабораторних занять, а також навчальним планом передбачено виконання МКР.

Під час вивчення матеріалу застосовуються як основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, інтерактивний, практичний та дослідницький під час проведення лекційних та практичних занять, а також метод самостійної роботи. Означені методи використовуються в контексті застосування таких навчальних технологій:

1. Особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: колективні дискусії, інтерактивне спілкування тощо.
2. Інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).

5.1 Лекційні заняття (54 год.)

Назви теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Тема 1 Загальні питання (2 год.)

1-й тиждень

Лекція 1. Розвиток і стан теоретичних та практичних знань щодо застосування комбінованих та гібридних технологій у зварюванні та споріднених процесах та технологіях

Вступ. Історія розробок технологій, побудованих на одночасній дії кількох джерел енергії. Основні поняття та термінологія. Відмінність між комбінованими та гібридними процесами та технологіями. Класифікація гібридних та комбінованих методів у зварюванні та споріднених процесах та технологіях. Роль вітчизняних вчених та організацій у розвитку теорії та практики застосування комбінованих та гібридних методів обробки матеріалів. Ціль і завдання курсу, його роль у підготовці спеціалістів за фахом. Практичне використання знань у різних видах діяльності фахівця – 2 год.

Література: [1, стор. 5 – 12]

Тема 2 Гібридні та комбіновані технології зварювання із застосуванням лазерів (26 год).

2-й тиждень

Лекція 2. Лазерно-дугові системи у зварюванні

Ефекти сумісного впливу лазерного пучка та електричної дуги на виріб, що обробляється. Теоретичний опис процесу. Схеми реалізації процесу: лазерне випромінювання та електрична дуга із неплавким електродом (Л+ДНЕ); лазерне випромінювання та електрична дуга із плавким електродом у захисному газі (Л+ДПЕ); плазмотрон прямої дії для лазерно-плазмової (плазмова дуга) обробки металів (Л+ПД) – 2 год.

Література: [1 стор. 13 – 17]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 3. Основні енергетичні характеристики лазерно-дугового зварювання.

Баланс енергії при лазерному зварюванні. Баланс енергії при зварюванні неплавким вольфрамовим електродом. Тепловий баланс при лазерно-дуговому зварюванні. Ефективний ККД. Термічний ККД. Повний ККД. Вплив параметрів режиму зварювання на повний тепловий ККД процесу лазерно-дугового зварювання. Фізичні процеси у дузі. Вплив лазерного випромінювання на умови горіння дуги. Провідність дугового проміжку. Взаємозв'язок потужності лазерного випромінювання та напругою на дузі. Умови переходу від теплопровідного проплавлення до режиму зварювання з кинджальним проплавленням. Ефект стабілізації дуги лазерним променем – 2 год..

Література: [1 стор. 18 – 25]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

3-й тиждень

Лекція 4. Особливості технологічного процесу лазерно-дугового зварювання та формування конфігурації шва

Механізм формування шва. Конфігурація і розміри зони проплавлення. Вплив енергетичних параметрів процесу на форму шва. Характер формування зони проплавлення. Режимні параметри процесу. Розрахунок глибини проплавлення. Залежності глибини проплавлення від режимних параметрів ведення процесу. Вплив на глибину проплавлення взаємного геометричного положення енергетичних центрів нагрівання. Ефективний тепловий ККД. Вимоги до точності конфігурації деталей, що зварюються. Залежності граничних величин зазорів при зварюванні від струму дуги та швидкості зварювання. Техніко-економічні переваги лазерно-дугового зварювання. – 2 год

Література: [1стор. 25 – 32]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

4-й тиждень

Лекція 5. Гібридне лазерно-світлопроменеве зварювання

Принципова схема процесу. Технологічні особливості лазерно-світлопроменеве зварювання. Области застосування. Практична реалізація метода. Переваги та недоліки метода зварювання – 2 год.

Література: [1 стор. 32 – 36]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 6. Двопроменеє лазерне зварювання. Схема способів обробки матеріалів двома променями лазера

Послідовний та паралельний способи. Вибір конкретного способу зварювання двома лазерними променями. Технологічні особливості двопроменевого лазерного зварювання. Нестабільності процесу зварювання. Шляхи запобігання появи дефектів зварного шва – 2 год.

Література: [1 стор. 37 – 41]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

5-й тиждень

Лекція 7. Двопроменеє лазерне зварювання. Лазерне зварювання суперпозиційними променями

Якість лазерного випромінювання. Коефіцієнт якості лазерного випромінювання. Діаметр сфокусованого променя. Глибина проплавлення та її залежність від режимних параметрів. Практична реалізація метода двопроменевого лазерного зварювання.– 2 год.

Література: [1 стор. 41 – 46]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

6-й тиждень

Лекція 8. Гібридне лазерно-індукційне зварювання.

Вплив індукційного нагріву на термічний цикл під час лазерного зварювання. Функціональна схема технічної реалізації метода. Переваги та недоліки способу – 2 год.

Література: [2 стор. 46 – 49]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 9. Гібридне лазерно-плазмове зварювання. Принцип організації способу

Переваги та недоліки складових способу. Механізм взаємодії лазерного випромінювання та плазми. Взаємний вплив джерел енергії різної фізичної природи. Синергетичний ефект. Нові оптичні ефекти як результат впливу лазерного пучка на плазму. Переваги лазерно-плазмowego зварювання. – 2 год.

Література: [1 стор. 49 – 55]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

7-й тиждень

Лекція 10. Гібридне лазерно-плазмове зварювання. Лазерно-дугові плазмотрони, їх схеми

Інтегровані плазмотрони. Принципові схеми інтегрованих плазмотронів. Класифікація за просторовим положенням дуги. Класифікація за режимом течії плазми. Основні компоненти конструкції інтегрованого плазмотрона для зварювання. – 2 год.

Література: [1 стор. 55 – 58]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Тема 3. Гібридні плазмове-газополуменеві технології нанесення покриттів та модифікації поверхні (8 год.)

8-й тиждень

Лекція 11. Фізичні принципи побудови плазмове-газополуменевих пристроїв

Схема плазмове-газополуменевого генератора плазми. Загальна потужність та питома енергія пристрою. Теплова потужність. Залежність складових потужностей від вмісту вуглеводню у вихідній плазмоутворювальній суміші. ККД гібридного генератора плазми. – 2 год.

Література: [1 стор. 108 – 112]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 12. Керування енергетичними параметрами плазмове-газополуменевих генераторів

Залежність питомої енергії та загальної потужності від режимних параметрів генерації плазми. Особливості процесів перетворення енергії у гібридних плазмове-газополуменевих генераторах. Вплив режимних параметрів на хімічний склад робочого середовища. Поля температур та швидкостей у потоці плазми гібридного пристрою – 2 год.

Література: [1 стор. 112 – 118]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

9-й тиждень

Лекція 13. Плазмотрони на активних газах системи N-O-C-H

Матеріал електродів. Термохімічні катоди. Стабілізація положення електричної дуги на електродах та в дуговому каналі. Системи охолодження елементів конструкції генератора плазми. Принципові схеми та практична реалізація цих принципових схем у реальних конструкціях. – 2 год.

Література: [1 стор. 119 – 123]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

10-й тиждень

Лекція 14. Технологічні особливості застосування гібридних плазмово-газополумених генераторів високотемпературних газових потоків

Показники ефективності процесу нанесення покриттів. Коефіцієнт використання матеріалу. Особливості обробки матеріалів із різними фізико-хімічними властивостями. Адаптація властивостей робочого середовища до властивостей матеріалу, який обробляється. – 2 год.

Література: [1 стор. 123 – 124]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Тема 4. Гібридні плазмово-детонаційні технології створення функціональних поверхонь (6 год.)

Лекція 15. Принципова схема процесу та її конструкторська реалізація

Переваги та недоліки детонаційно-газових технологій обробки матеріалів. Принципова схема гібридного плазмово-детонаційного пристрою. Реакційні камери для застосування пристрою в технологіях нанесення покриттів. Промислові плазмово-детонаційні установки. Варіанти установок для зміцнення інструменту, нанесення покриттів тощо. – 2 год.

Література: [1 стор. 125 – 129]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

11-й тиждень

Лекція 16. Основні параметри імпульсної плазми

Фізичні процеси формування імпульсних високоенергетичних плазмових струменів. Залежності основних енергетичних параметрів від геометричних та режимних характеристик плазмово-детонаційного пристрою. Параметри створених потоків плазми. Оцінка температури та швидкості нагрівання поверхонь виробів. – 2 год.

Література: [1 стор. 129 – 133]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

12-й тиждень

Лекція 17. Особливості плазмово-детонаційної обробки матеріалів

Обробка сплавів на основі заліза. Структура обробленого матеріалу. Фізико-механічні характеристики. Плазмо-детонаційне легування. Параметри отриманих шарів. Дуплексне модифікування поверхні. Модифікування поверхні твердих сплавів. Модифікування сплавів на основі титану. – 2 год.

Література: [1 стор. 133 – 142]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Тема 5. Гібридні способи наплавлення з використанням лазерного випромінювання (4 год)

Лекція 18. Лазерно-дугове наплавлення

Недоліки технологій дугового наплавлення. Схема гібридного процесу. Конкретна реалізація технології, склад установки. Структура та морфологія наплавлених зразків. Дефекти валиків та засоби їх усунення. – 2 год.

Література: [1 стор. 142 – 148]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

13-й тиждень

Лекція 19. Лазерно-плазмове наплавлення

Переваги комбінації лазерного випромінювання та плазмової дуги. Особливості конструктивного виконання гібридних плазмотронів для наплавлення з використанням лазерного випромінювання. Схеми подавання присадкового матеріалу. Структура наплавлених валиків. Залежність структури від співвідношення між потужністю лазера та плазмової дуги. – 2 год.

Література: [1 стор. 148 – 152,]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Тема 6. Комбіновані та гібридні методи нанесення покриттів

14-й тиждень

Лекція 20. Комбіноване лазерно-плазмове нанесення покриттів

Метод LAAPS. Схема лазерно-плазмового процесу LAAPS. Параметри отриманих покриттів. Структура покриттів. Вимоги до вихідних матеріалів для отримання покриття. Технічні характеристики та комплектація промислових установок, які реалізують технологію LAAPS. – 2 год.

Література: [2 стор. 59 – 64]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 21. PORTAL –процес

Недоліки традиційних методів організації процесу нанесення функціональних покриттів. Переваги процесу PORTAL порівняно із традиційними технологіями. Схеми процесу PORTAL для нанесення покриттів та збирання сплетів. Морфологія та мікроструктура отриманих поверхонь. Залежності характеристик створених поверхонь від параметрів процесу. Практична реалізація процесу PORTAL. – 2 год.

Література: [1 стор. 137 – 143]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

15-й тиждень

Лекція 22. Високошвидкісне газополуменеве напilenня покриттів + Лазер. Холодне газодинамічне напilenня + лазер.

Схеми процесу HVOF+лазер. Переваги гібридного процесу порівняно із процесом HVOF. Мікроструктура отриманих покриттів. Зовнішній вид сплетів, отриманих HVOF та HVOF+лазер. Параметри процесу комбінованого високошвидкісного лазерно-газополуменевого напilenня. Cold Spray + лазер. Переваги методу порівняно із альтернативними. Схема процесу. Режимні параметри процесу. Морфологія поверхні після обробки. – 2 год.

Література: [1 стор. 70 – 77]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

16-й тиждень

Лекція 23. Електродугове + газополуменеве напilenня покриттів

Недоліки електродугового способу нанесення покриттів. Принципова схема гібридного способу із застосуванням енергії горючого газу. Промислова конструкція гібридного розпилювального пристрою. Характеристики отриманих покриттів. Вплив режимних параметрів ведення процесу на характеристики покриттів. – 2 год.

Література: [1 стор. 101 – 108]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 24. Гібридний лазерно-плазмовий процес нанесення покриттів

Характеристики лазерно-дугового розряду. Умови його виникнення. Інтегрований лазерно-дуговий плазмотрон (ІЛДП) для нанесення покриттів, його принципова схема. Застосування ІЛДП для нанесення покриттів із алмазною структурою. Морфологія поверхні отриманих плівок. Промислові конструкції ІЛДП. Характеристики плазмотрона ІЛДП-01 – 2 год.

Література: [1 стор. 92 – 100]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

17-й тиждень

Лекція 25. Лазерно-плазмовий PVD-процес нанесення алмазоподібних покриттів. Плазмове напилення + CVD

Схема гібридного PVD-процесу. Параметри компонентів установки. Режимні параметри ведення процесу. Характеристики отриманих покриттів. Схема процесу плазмове напилення + CVD (Plasma/CVD). Особливості організації введення реагентів. Морфологія поверхні отриманих покриттів.. Приклади об'єктів, сформованих методом Plasma/CVD. – 2 год.

Література: [1 стор. 88 – 92]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

18-й тиждень

Лекція 26 ВЧ-плазмове напилення +фізичне осадження із парової фази. Плазмове напилення +фізичне осадження із парової фази

Схема процесу ВЧ-плазмового напилення + фізичного осадження із парової фази (RF Plasma/PVD). Параметри процесу. Характеристики отриманих покриттів. Схема процесу плазмове напилення + фізичне осадження із парової фази (Plasma/PVD). Параметри процесу. Структура отриманих покриттів. Практична реалізація принципової схеми. – 2 год.

Література: [1 стор. 82 – 88]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 27. Високошвидкісне газополуменеве +плазмове напилення. Високошвидкісне газополуменеве + електродугове напилення

Недоліки HVOF та переваги гібридного способу із додаванням генератора плазми. Схема гібридного процесу Oxi-Fuel Ionization комбінації плазмового та високошвидкісного газополуменевого напилення. Параметри гібридного пристрою. Структура отриманих покриттів. Гібридний процес HVOF + Arc spraying. Схема процесу. Структура та властивості отриманих покриттів. Параметри процесу. – 2 год.

Література: [1 стор. 77 – 82]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

5.2 Практичні заняття (18 год.)

1. Визначення енергетичних параметрів генератора плазми та ефективності перетворення вхідної електричної енергії в енергію плазмового струменя – 4 год.
2. Визначення показників ефективності процесу нанесення покриття плазмою повітря – 2 год.
3. Визначення енергетичних параметрів генератора плазми та ефективності перетворення вхідних потоків енергії в енергію плазмового струменя у випадку застосування суміші горючих газів з повітрям – 6 год.
4. Визначення показників ефективності процесу напилення у разі застосуванні сумішей повітря із вуглеводнями та проведення порівняльного аналізу із показниками ефективності процесу у випадку застосування плазмоутворювального повітря – 2 год.
5. Оцінка синергетичного ефекту через застосування двох різних за фізичною природою джерел енергії в одному пристрої – 2 год.
6. Модульна контрольна робота – 2 год.

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (78 год.):

6.1 Підготовка до практичних занять, обробка і оформлення даних, отриманих при виконанні практичних занять – 12 год.

6.2 Підготовка до лекційних занять – 18 год.

6.3 Самостійне опанування лекційного матеріалу – 14 год.

6.4 Підготовка до МКР – 4 год.

6.5 Підготовка до екзамену – 30 год.

Назви тем для самостійного опрацювання та посилання на навчальну літературу

1. Плазмове зміцнення виробів після наплавлення. Література: [3 стор. 296 – 299]
2. Обробка струмами високої частоти та плазмою. Література: [3 стор. 302 – 304]
3. Обробка об'ємним термічним загартуванням та плазмою. Література: [3 стор. 300 – 302]
4. Процеси перетворення енергії в плазмових генераторах із комбінованим підведенням енергії. Література: [2 стор. 146 – 154]

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Комбіновані та гібридні технології у зварюванні та інженерії поверхні» є складовою частиною загальної політики в галузі якості КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.

- ✓ Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання практичних завдань.
- ✓ Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом і виконання практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача.
- ✓ Студенти зобов'язані дотримуватись термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.
- ✓ На лекціях та практичних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На екзамені забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ Практичні заняття повинні бути виконані і захищені до початку екзаменаційної сесії. Перездачі екзамену допускаються не більше двох разів під час додаткової сесії.
- ✓ Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин, студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання протягом найближчого тижня. У разі порушення термінів виконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до екзамену в основну сесію.
- ✓ Академічна доброчесність є базовим принципом освітнього процесу і підлягає беззаперечному виконанню викладачем і студентами.
- ✓ Викладач є лідером і гарантом підготовки методичних матеріалів, навчання, контролю і поліпшення дисципліни на сучасному рівні з урахуванням вимог міжнародних стандартів з використанням кращої практики підприємств та університетів світу.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

- ✓ Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування по темі попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку практичного заняття.
- ✓ Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- ✓ Семестровий контроль: екзамен.
Умови допуску до семестрового контролю та принцип оцінювання викладено в PCO освітнього компоненту.

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:

- Підготовка до лекцій оцінюється ваговим балом – 1. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: $1 \text{ балів} \times 27 = 27 \text{ балів}$.
- Розв'язування задач на практичних заняттях оцінюється ваговим балом – від 1 до 2. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття складає: $2 \text{ бали} \times 8 = 16 \text{ балів}$.
- Виконання МКР оцінюється від 0 до 14 балів.
- Заохочувальні бали нараховуються за активність на практичних роботах: від 1 до 3.

Таким чином стартовий рейтинг R_c становить: $R_c = 27 + 16 + 14 + 3 = 60$ балів.

Розмір шкали рейтингу дисципліни: $RD = R_c + R_E = 60 + 40 = 100$ балів.

Де стартова шкала $R_c = 60$ балів, екзаменаційна шкала $R_E = 40$ балів.

Умови проміжної позитивної атестації – календарного контролю.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент повинен набрати не менше 9 балів стартової шкали (18 балів максимальне досяжне значення).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент повинен набрати не менше 18 балів стартової шкали (36 балів максимальне досяжне значення).

Умови допуску до екзамену:

1. Відпрацьовані всі практичні завдання
2. Зарахована МКР.
3. Стартовий рейтинг ≥ 30 балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання.

Екзаменаційний білет складається з трьох питань. Правильна відповідь на перше питання оцінюється у 10 балів. Відповіді на друге і третє дають по 5 балів відповідно.

Бали R_E за відповідь на екзамені розраховуються наступним чином: $R_E = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot 2 = (10 + 5 + 5) \cdot 2 = 40$, де R_1 - бали за відповідь на перше питання, R_2 - бали за відповідь на друге питання, R_3 - бали за відповідь на третє питання.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за складання екзамену - 40 балів.

Шкала оцінювання другого та третього питань	Шкала оцінювання першого питання
$R_{2,3}=0$ - відповідь відсутня	$R_1=0$ – відповідь відсутня
$R_{2,3}=1$ - відсутні логічні кроки, є фрагменти необхідних формул, формулювання	$R_1=2$ - відсутні логічні кроки, є фрагменти необхідних формул, формулювання
$R_{2,3}=2$ - наведено декілька логічних кроків, деякі формули, формулювання	$R_1=4$ - наведено декілька логічних кроків, деякі формули, формулювання
$R_{2,3}=3$ - неповна відповідь	$R_1=6$ - неповна відповідь
$R_{2,3}=4$ - відповідь вірна і повна, але містить 1-2 неточності	$R_1=8$ - відповідь вірна і повна, але містить 1-2 неточності
$R_{2,3}=5$ - відповідь вірна і повна	$R_1=10$ - відповідь вірна і повна

Сума стартових балів та балів за екзамен переводиться у рейтингову оцінку згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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 семестровий контроль:

1. *Передумови та історія становлення комбінованих і гібридних технологій зварювання та інженерії поверхні*
2. *Основні ознаки комбінованих процесів зварювання та наплавлення*
3. *Основні ознаки гібридних процесів зварювання та наплавлення*
4. *Основні поняття та визначення, що застосовуються в КГТ*
5. *Лазерно-дугове зварювання: основні схеми, переваги порівно з альтернативними методами*
6. *Основні енергетичні характеристики процесу лазерно-дугового зварювання*
7. *Електричні характеристики дуги при лазерно-дуговому зварюванні*
8. *Особливості формування конфігурації шва при лазерно-дуговому зварюванні*
9. *Особливості технологічного процесу лазерно-дугового зварювання*
10. *Технологічна підготовка виробництва при лазерно-дуговому зварюванні*
11. *Гібридне лазерно-світлопроменеве зварювання (схема процесу, переваги, недоліки)*
12. *Двопроменеве лазерне зварювання (схема процесу, переваги, недоліки)*
13. *Способи обробки двома лазерними променями*
14. *Технологічні особливості двопроменевого лазерного зварювання*
15. *Лазерно-індукційне зварювання (схема процесу, переваги, недоліки)*
16. *Гібридне лазерно-плазмове зварювання (схема процесу, переваги, недоліки)*
17. *Комбіновані лазерно-плазмові технології нанесення газотермічних покриттів*
18. *PROTAL-процес*
19. *Високошвидкісне газополуменеве напилення + лазер*
20. *Холодне газодинамічне напилення + лазер*
21. *Високошвидкісне газополуменеве напилення + плазмове напилення*
22. *Високошвидкісне газополуменеве напилення + електродугове напилення*
23. *Плазмове напилення + Фізичне осадження із парової фази*
24. *ВЧ-плазмове напилення + Фізичне осадження із парової фази*
25. *Плазмове напилення + CVD*
26. *Лазерно-плазмовий PVD-процес нанесення алмазоподібних покриттів*
27. *Гібридні плазмово-газополуменеві технології нанесення покриттів та модифікації поверхні*
28. *Фізичні принципи побудови плазмово-газополуменевих пристроїв*
29. *Технологічні особливості застосування гібридних плазмово-газополуменевих генераторів високотемпературних газових потоків*
30. *Гібридні плазмово-детонаційні технології створення функціональних поверхонь*
31. *Принципова схема процесу плазмово-детонаційної обробки та її конструкторська реалізація*
32. *Основні параметри імпульсної плазми*
33. *Особливості плазмово-детонаційної обробки різних матеріалів*
34. *Лазерно-дугове наплавлення*
35. *Лазерно-плазмове наплавлення*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором, д.т.н., доц. Пашенко Валерієм Миколайовичем;

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 28.11.2022)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №5/22 від 12.12.2022)