



Обладнання для газотермічного нанесення покриття Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	заочна
Рік підготовки/Семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS (Лекції - 8 год., практичні - 2 год., лабораторні - 2 год., СРС – 108 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	РГР, МКР, залік
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: к.т.н., доцент Чорний Андрій Вячеславович, a.chorny@kpi.ua
Розміщення курсу	Лекції з дисципліни і методичні вказівки до практичних та лабораторних 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 розглянуті принципи побудови основних систем комплексів обладнання для нанесення газотермічних покриттів: розпилювальних пристроїв для нанесення покриття, систем підготовки робочих газів, систем енергоживлення, систем подавання матеріалу, що формує покриття, систем взаємного переміщення інструменту і об'єкту обробки, систем вентиляції та фільтрації, систем охолодження елементів конструкції; розглянуті принципи дії основних елементів згаданих систем; наведені приклади комплексів обладнання для газотермічного нанесення покриття.

Мета дисципліни – формування у студентів системи знань щодо принципу дії і особливостей побудови та конструкції компонентів обладнання і комплексів на їх основі для газотермічних методів нанесення покриття.

Предмет дисципліни – обладнання для газотермічного нанесення покриттів.

Вивчення освітнього компонента передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Загальні компетентності:

- 1) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1)
- 2) Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 2)
- 3) Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК 3)
- 4) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 4)
- 5) Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 7)
- 6) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 12)
- 7) Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 13)

Фахові компетентності:

- 1) Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки (ФК1)
- 2) Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів. (ФК3)
- 3) Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації (ФК4)
- 4) Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук. (ФК10)
- 5) Здатність використовувати знання в галузі фундаментальних наук для вирішення технічних задач пов'язаних з процесами газотермічної обробки матеріалів (ФК 11)
- 6) Здатність використовувати знання в галузі фізико-хімічних, термодформаційних та металургійних процесів для обґрунтованого призначення способів і технологічних параметрів зварювання і споріднених процесів (ФК 14)
- 7) Здатність використовувати знання в галузі фундаментальних наук для вирішення технічних задач зі зварювання та споріднених технологій (ФК15)

В результаті вивчення дисципліни студент деталізує такі програмні результати навчання:

- використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань (РН2);
- знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми (РН9);
- здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів (РН14);
- враховувати при прийнятті рішень основні фактори техногенного впливу на навколишнє середовище і основні методи захисту довкілля, охорони праці та безпеки життєдіяльності (РН 15);

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

Для успішного засвоєння «Обладнання для газотермічного нанесення покриття» студент повинен мати базові знання з дисциплін:

- Хімія;
- Загальна фізика;
- Матеріалознавство;
- Електротехніка та електроніка.

Знання, отримані в результаті вивчення дисципліни «Обладнання для газотермічного нанесення покриття» можуть бути використані у ході виконання курсових проектів та дипломного проекту за напрямом, який відповідає освітній програмі «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій».

3. Зміст навчальної дисципліни

- 1) Класифікація і структура обладнання для газотермічного нанесення покриття (ГТНП)
- 2) Системи підготовки робочих газів
- 3) Системи подавання матеріалу в зону формування покриття
- 4) Системи енергоживлення розпилювачів
- 5) Системи взаємного переміщення виробу і розпилювача. Організація робочої зони
- 6) Системи вентиляції та фільтрації
- 7) Системи охолодження теплонапружених елементів установок
- 8) Розпилювальні пристрої для нанесення покриттів
- 9) Керування установками ГТНП. Автоматизація процесу напilenня
- 10) Комплекси обладнання для ГТНП
- 11) Техніка безпеки та санітарне забезпечення процесів нанесення покриття

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Пащенко В.М. Обладнання для газотермічного нанесення покриттів. Навч.посібник.- К.: Політехніка, 2001.-416 с.

Навчальний посібник можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Додаткова література:

1. Пащенко В.М. Дугові генератори в технологіях інженерії поверхні. Монографія. – Харків: Мачулін, 2018. – 288 с.

Навчальний контент

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 мережових комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).*

5.1. Лекційні заняття

Лекція 1. Класифікація та структура обладнання для ГТНП.

Основні поняття та термінологія дисципліни. Класифікація методів ГТНП та їх коротка характеристика. Загальна комплектація комплексів обладнання для різних методів ГТНП. Основне та допоміжне обладнання. Системи підготовки робочих газів. Робочі гази. Плазмоутворювальні гази. Горючі гази. Горючі гази заміники ацетилену. Газорозподільчі пости (станції газоприготування). Системи енергоживлення розпилювачів. Системи подавання вихідного матеріалу – 2 год.

Література: [1 стор. 4 – 21]; **Література:** [1 стор. 58 – 64]; **Література:** [1 стор. 95 – 100];
Література: [1 стор. 64, 87-88]

Лекція 2. Плазмові розпилювачі.

Класифікація. Принцип дії. Основні принципові схеми. Основні процеси в дуговому каналі плазмотрона. Системи стабілізації дуги в дуговому каналі. Вихрова, магнітна стабілізація. «Холодні» та «гарячі» катоди. Термодіємні та термохімічні катоди. Ресурс електродів. Способи підвищення ресурсу катодів. Пряме та посереднє охолодження електродів. Схеми прямого та посереднього охолодження. Конструктивне виконання катодних вузлів. Схеми охолодження вузлів МЕР та вихідних електродів. Схеми компоновки систем охолодження плазмових розпилювачів. Схеми подавання плазмоутворювального газу. Аксіальне, тангенціальне та аксіально-тангенціальне подавання газу. Вузли подавання матеріалу у плазмовий струмінь. Плазмотрони до установок УПУ, УМП, «Київ-7». Дослідні і дослідно-промислові конструкції. Плазмотрони фірм “Metco”, “Tafa”, “Plasmatechnik”. Принципи побудови. Технічні характеристики. Особливості конструкції. – 2 год.

Література: [1 стор.241 – 290]; [1 стор.298 – 317]

Лекція 3. Електродугові розпилювачі. Детонаційно-газові розпилювачі. Газополуменеві розпилювачі.

Принцип дії. Схеми плавлення електродів-дротів. Особливості течії розпилювального газу. Типи соплових систем. Серійні конструкції електродугових розпилювачів. ЕМ-14, ЕМ-15, ЕМ-12, ЕМ-17. Конструктивні схеми Технічні характеристики. Дослідні і дослідно-промислові електродугові розпилювачі. Класифікація. Основні фізико-хімічні процеси в детонаційних гарматах. Робочий цикл детонаційно-газових розпилювачів. Конструктивні схеми детонаційно-газових розпилювачів. Схеми подавання вихідного матеріалу. Дослідні та дослідно-промислові конструкції детонаційно-газових розпилювачів. Класифікація Вимоги до газополуменевих розпилювачів. Основні фізико-хімічні процеси в газополуменевих розпилювачах. Стадії горіння горючої суміші. Окиснювально-відновний потенціал продуктів згоряння. Структура струменя продуктів згоряння. Серійні та дослідно-промислові конструкції газополуменевих розпилювачів. Надзвукові газополуменеві розпилювачі – 2 год.

Література: [1 стор.318 – 375]

Лекція 4. Комплекси обладнання для ГТНП.

Установки серій УМП, УПУ, Київ-7. Комплектація. Схема побудови. Технічні характеристики. Установки фірм "Metco", "Tafa", "Plasmatechnik",. Комплектація. Технічні характеристики. Установки газополуменового напilenня серій УПТР, УГПТ, УГМ, Л5405, "MTS" Комплектація. Технічні характеристики. Потенційні можливості модернізації. Повнокомплектна установка електродугового напilenня КДМ-2. Дослідно-промислові установки «Дніпро», ДПН. «Перун», «Прометей» та ін. Принципи побудови. Комплектація. Технічні характеристики. Спеціалізовані установки детонаційно-газового напilenня. – 2 год.

Література: [1 стор.378 – 408]

5.2 Практичні заняття

1. Методика розрахунку дугових плазових розпилювачів лінійної схеми – 2 год.

5.3. Лабораторні заняття

1. Визначення вольт-амперних характеристик плазмотрона ПУН-1 та втрат в елементи конструкції – 2 год.

5. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (108 год.):

- Підготовка до практичних занять, обробка і оформлення даних, отриманих при виконанні практичних занять – 2 години на кожне практичне заняття (всього – 2 год.).
- Підготовка до лабораторних робіт, обробка і оформлення даних, отриманих при їх виконанні – 2 години на кожну лабораторну роботу (всього – 2 год.).
- Підготовка до лекційних занять – 1 година на кожну лекцію (всього – 4 год.)
- Виконання РГР – 15 год.
- Підготовка до МКР – 4 год.
- Опанування матеріалу та написання рефератів по темам, які винесені на самостійне вивчення – 75 год.
- Підготовка до заліку – 6 год.

Назви тем для самостійного опрацювання та посилання на навчальну літературу

1. Системи підготовки робочих газів. Арматура для газових пультів та комунікацій.

Покажчики витрати. Покажчики тиску. Змішувачі. Регулятори витрати та редуктори. Електромагнітні клапани. Запобіжні пристрої. Реле тиску та потоку. Фільтри. Ущільнення та з'єднання. Газові балони. **Література: [1, стор.21 – 63]**

2. Системи подавання матеріалу, що утворює покриття. Класифікація дозаторів-живильників. Порошкові дозатори-живильники безперервної дії. Дозатори без рухомого робочого органу. Дозатори-живильники з робочим органом, що обертається. Пристрої з вібраційним спонуканням потоку матеріалу. Дозатори-живильники періодичної дії. Механізми подавання дроту. **Література: [1 стор.64 – 95]**

3. Системи енергоживлення розпилювачів. Джерела живлення плазмотронів для нанесення покриттів. Стійкість горіння електричної дуги та вимоги до джерел живлення. Спеціалізовані джерела живлення плазмотронів для нанесення покриттів: ІПН 160/600, ВПН-630, ІПН-301, БЕП-40, БЕП- 80. Принципові схеми. Принципи керування параметрами. Зовнішні характеристики. **Література: [1 стор.96 – 121]**

4. Системи енергоживлення розпилювачів. Джерела живлення апаратів плазмового різання. Джерела живлення апаратів повітряно-плазмового різання АПР-401, АПР-403, АПР-404. Принципові схеми. Принципи керування параметрами. Зовнішні характеристики. Індуктивно-ємні перетворювачі. Апарат плазмового різання «Київ-4». **Література: [1 стор.121 – 141]**

5. Системи енергоживлення розпилювачів. Системи запуску плазмотронів. Осциляторне підпалювання дуги. Схеми включення осциляторів. Захист елементів системи від високої напруги осцилятора. Типові електричні схеми осциляторів: ВІР-101У3, ОБ 1948–У4. Схеми збудження розряду в плазмотронах із МЕВ. **Література: [1 стор.143 – 160]**

6. Системи енергоживлення розпилювачів. Джерела живлення електродугових розпилювачів. Вимоги до джерел. Зовнішні характеристики. Принципові схеми та принципи керування параметрами. Загальнопромислові джерела живлення ВДУ, ВДГ, ВСЖ. **Література: [1 стор.160 – 171]**

7. Системи взаємного переміщення виробу і розпилювача. Маніпулятори на основі верстатів. Загальнопромислові та спеціалізовані маніпулятори. Маніпулятори з багатьма ступнями свободи. Спеціалізовані маніпулятори для колінчастих валів, відновлення опор підшипників, напилення тіл обертання та нанесення покриттів на листові вироби. **Література: [1 стор.176 – 184]**

8. Організація робочої зони ГТНП. Схеми конструкцій та розміщення локальних вентиляційних пристроїв. Місцеві гнучкі витяжні системи. Захисні шафи, камери та бокси. Їх конструкція та комплектація. Системи вентиляції та фільтрації. Вентилятори, циклони, комбіновані механічно-електростатичні фільтри. **Література: [1 стор.184 – 203]**

9. Системи охолодження елементів конструкції установок ГТНП та виробів. Теплонапружені компоненти установок ГТНП. Примусове охолодження водою. Системи охолодження установок плазмового нанесення покриття. Відкриті та замкнені системи охолодження. Системи охолодження виробу в процесі нанесення покриття. Труба Ранка-Хілша. **Література: [1 стор.203 – 209]**

10. Керування установками ГТНП. Причини нестабільності процесу напилення. Конструкційні та технологічні збурення. Нестабільності першого, другого та третього порядків. Економічна доцільність механізації та автоматизації обладнання ГТНП. **Література: [1 стор.209 – 214]**

11. Автоматизація установок ГТНП. Вимоги до автоматизованого обладнання, етапи його створення. Технічні засоби систем автоматичного керування. Датчики струму, напруги, тиску та витрати газів, вторинні вимірювальні перетворювачі. Автоматичний запуск установок та вихід на заданий режим. Стабілізація режиму роботи установок ГТНП. Приклади промислових автоматизованих систем. **Література: [1 стор.214 – 240]**

12. Насадки. Класифікація. Призначення. Принципові схеми. Приклади практичного виконання. Переваги та недоліки застосування. **Література: [1 стор.291 – 298]**

13. Конструкційні матеріали для виготовлення розпилювачів для ГТНП. Вимоги до матеріалів для виготовлення плазмових розпилювачів. Вимоги до матеріалів для виготовлення електродугових розпилювачів. Вимоги до матеріалів для виготовлення газополуменевих розпилювачів. Марки матеріалів. Способи нерознімного з'єднання та присадкові матеріали. Ізоляційні матеріали для роботи в умовах нормальних та високих температур. **Література: [1 стор.375 – 378]**

14. Техніка безпеки та санітарне забезпечення процесів ГТНП. Шкідливі фактори, які супроводжують процеси ГТНП. Класифікація. Особливості прояву для різних методів ГТНП. Способи профілактики та захисту обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища. Вимоги до устаткування і оснащення установок ГТНП. **Література: [1 стор.408 – 412]**

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Обладнання для газотермічного нанесення покриття» 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 семестрового індивідуального завдання (РГР). 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. Лабораторні роботи виконуються у груповому режимі під керівництвом відповідального 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, лабораторних роботах та практичних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На заліку забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ На лекціях, лабораторних та практичних заняттях студенти проявляють активність. На лекціях виникаючі питання задаються у відведений викладачем час. На практичних заняттях питання вирішуються у міру виникнення в діалоговій формі.
- ✓ Практичні заняття та лабораторні роботи повинні бути виконані і захищені до початку екзаменаційної сесії. Перездачі заліку 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 заліку 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.

Поточний контроль проводиться за рішенням викладача у формах: експрес-опитування по темі попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку практичного заняття та лабораторної роботи, написання рефератів по темам, які винесені на самостійне вивчення.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю та принцип оцінювання викладено в РСО освітнього компоненту.

Розрахунок рейтингових балів

- Підготовка до лекцій оцінюється ваговим балом – 2. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: $2 \text{ бали} \times 4 = 8 \text{ балів}$.

- Активність на практичних заняттях оцінюється ваговим балом – від 1 до 3. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття складає: 3 бали $\times$ 1 = 3 бали.
- Активність і якість виконання лабораторних робіт оцінюється ваговим балом від 1 до 4 і за всі лабораторні складає: 4 бали $\times$ 1 = 4 бали
- Позитивний результат виконання МКР від 1 до 5 балів: 6 балів $\times$ 1 = 5 балів
- Заохочувальні бали за своєчасну здачу РГР: 10 балів
- Написання рефератів $5 \times 14 = 70$ балів
- Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:
 $RC = 8 + 3 + 4 + 5 + 10 + 70 = 100$ балів.
- Рейтингова шкала з дисципліни складає: $R = RC = 100$ балів.

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.т.н., доц. Пащенко Валерієм Миколайовичем;

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 18.11.23)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.23)