



ОБРОБКА ПОВЕРХОНЬ З ПОКРИТТЯМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131-- прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	Вибірковий
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	150/5 кредити ЄКТС: 54 год.-лекції, 18 год. - практичні заняття, 78 год. - СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Розклад занять	згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, професор Копилов Вячеслав Іванович, kopviacheslav@gmail.com ; практичні – Копилов В.І.
Розміщення курсу	Студенти отримують лекції у вигляді конференції з використанням платформи ZOOM

Програма навчальної дисципліни

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

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни на основі знань про фізико-технологічні властивості поверхневих процесів, визначивши спосіб створення з'єднання при зварюванні або спорідненому процесі, призначити спосіб обробки отриманого покриття; призначити режими обробки покриттів, отриманих, згідно з обраною технологією; оцінити для конкретних композицій і відповідних умов основні фізико-механічні характеристики покриттів, що відповідають за експлуатаційні властивості виробів та конструкцій в цілому, призначити матеріали для напилення та призначити відповідне обладнання.

Метою дисципліни є формування у студентів уявлень і знань щодо сучасних технологій обробки функціональних покриттів на деталях і конструкціях, отриманих за різними технологіями напилення; - управління параметрами механічної та термодифузійної обробки нових складів покриттів; - оптимізації процесу обробки з метою підвищення довговічності виробів при експлуатації.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення та розвиток у студентів **компетентностей, передбачених освітньо-професійною програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» другого (магістерського) рівня вищої освіти:**

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК 1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науковоприкладні проблеми.

Фахові компетентності (ФК):

ФК 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 5 Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань в зварюванні, лазерних та споріднених технологіях

ФК 9 Здатність застосування нових сучасних методів розроблення технологічних процесів для виготовлення виробів та об'єктів з визначенням раціональних технологічних режимів роботи устаткування.

Програмні результати навчання:

РН 5 Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення.

РН 8. Вчитися і оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах.

РН 10. Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію.

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

Перелік попередніх навчальних курсів, які необхідні фахівцю для успішного засвоєння дисципліни:

Загальна фізика; Матеріалознавство. Газотермічне нанесення покриття; Теорія процесів зварювання.

Знання, отримані за результатами вивчення дисципліни «Обробка поверхонь з покриттям» використовуються студентами при виконанні курсових проектів та магістерських дисертацій.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ З ПОКРИТТЯМИ

Тема 1.1. Особливості технології обробки покриттів

Тема 1.2. Інструментальні матеріали та лезові інструменти для обробки покриттів

РОЗДІЛ 2. МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРМІЧНИМ, ХІМІКО-ТЕРМІЧНИМ І ТЕРМОМЕХАНІЧНИМ ВПЛИВОМ

Тема 2.1. Класифікація методів модифікування поверхневих шарів

Тема 2.2. Комбіновані способи модифікування

РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ ПОТОКІВ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ

Тема 3.1. Модифікація поверхонь термічним впливом

Тема 3.2. Термічне зміцнення поверхні використанням лазерних технологій

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Інтегровані технології обробки матеріалів [Текст]: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.

2. Зенкін М.А., Оборський І.Л., Щербань Ю.Ю. Забезпечення працездатності та надійності машин: Навчальний посібник.- К: КДУТД, 2001.- 87 с.

3. Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Л17 Лазерна поверхнева обробка матеріалів / Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 100 с.

4. Конспект лекцій з дисципліни „Формування структури і властивостей при лазерній поверхневій обробці” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: Косинська О.Л. - Кам'янське, ДДТУ, 2019 р., 47 с.

5. Тарельник В.Б., Модернізація та ремонт роторних машин: Монографія / Тарельник В.Б., Марцинковський В.С. – Суми: Видавництво «Козацький вал» 2005. – 364 с.

6. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник. – Львів: Афіша, 2002. —304 с.

7. Розов Ю.Г., Селіверстов І.А., Сошко В.О. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник. – Херсон: Олді-плюс, 2010. – 338 с.

8. Дубовий О.М., Степанчук А.М. Технологія напилення покриттів. Підручник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.

9. Нанесення покриття: Навч. посібник / В.М., Корж, В.Д. Кузнецов, Ю.С. Борисов, К.А. Ющенко, за ред. К.А. Ющенка. – К.: Арістей, 2005. – 204 с.

Додаткова

1. Копилов В.І., Смирнов І.В. Поверхневі фізико-хімічні процеси. Київ: НТУУ «КПІ», 2012.- 285 с.

2. Тарельник В.Б. Сучасні методи формоутворення поверхонь тертя деталей машин: Монографія / Тарельник В.Б., Марцинковський В.С., Анташевський Б. – Суми::Видавництво «МакДен», 2012. – 28

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЇ (54 години)

РОЗДІЛ 1. ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ З ПОКРИТТЯМИ

Тема 1.1. Особливості технології обробки покриттів.

Лекція 1. Загальна характеристика зміцнюючих методів обробки поверхонь

Лекція 2. Обробка наплавлених і газотермічних покриттів лезовими інструментами.

Лекція 3. Обробка тонких покриттів лезовими інструментами.

Лекція 4. Обробка покриттів абразивними інструментами.

Лекція 5. Особливості операцій шліфування покриттів.

Лекція 6. Абразивна обробка газотермічних та наплавлених покриттів абразивними інструментами

Тема 1.2. Інструментальні матеріали та лезові інструменти для обробки покриттів

Лекція 7. Вибір матеріалу ріжучого інструменту.

Лекція 8. Стійкість інструменту при обробці покриттів.

Лекція 9. Особливості обробки деталей з покриттями.

Лекція 10. Використання інструменту з полікристалічних надтвердих матеріалів.

РОЗДІЛ 2. МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРМІЧНИМ, ХІМІКО-ТЕРМІЧНИМ І ТЕРМОМЕХАНІЧНИМ ВПЛИВОМ

Тема 2.1. Класифікація методів модифікування поверхневих шарів

Лекція 11. Обробка поверхонь пластичним деформуванням.

Лекція 12. Хіміко-термічна обробка матеріалів і виробів.

Лекція 13. Термічна і термомеханічна обробка газотермічних покриттів

Тема 2.2. Комбіновані способи модифікування

Лекція 14. Електрофізична і електрохімічна обробка

Лекція 15. Обробка шляхом Імплантації, термодифузії.

Лекція 16. Особливості іонного азотування.

Лекція 17. Способи підвищення якості напилення газотермічних покриттів.

Лекція 18. Газотермічне нанесення покриттів з подальшим рідко фазним (просочуванням) спіканням

РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ ПОТОКІВ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ

Тема 3.1.Модифікація поверхонь термічним впливом

Лекція 19. Плазмово – дугова обробка.

Лекція 20. Поверхнева електронно-променева термічна обробка

Лекція 21. Обробка покриттів в твердій.

Лекція 22. Нанесення покриттів в рідкій фазі.

Лекція 23. Нанесення покриттів паровій фазі.

Лекція 24. Іонно-плазмова модифікуюча обробка.

Тема 3.2. Термічне зміцнення поверхні використанням лазерних технологій

Лекція 25. Поверхнева лазерна термічна обробка.

Лекція 27. Лазерна обробка газотермічних покриттів. Теплові явища при лазерній обробці.

Лекція 28. Легування металевих поверхонь з використанням лазера

Практичні заняття (18 годин)

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ – 2 год.

МЕТА РОБОТИ: Набуття основних принципів визначення режимів різання під час токарної обробки поверхонь лезвійним інструментом

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ ОБРОБКИ НАПЛАВЛЕНИХ І ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ ЛЕЗВІЙНИМ ІНСТРУМЕНТОМ – 4 год.

МЕТА ЗАНЯТТЯ: На основі заданих режимів лезвійної обробки зробити розрахунки і вибрати умови точіння і фрезерування покриттів на основі різних матеріалів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ АЛМАЗНО -АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ПОКРИТТІВ – 4 год.

МЕТА ЗАНЯТТЯ: На основі отриманих знань щодо поверхневої абразивної обробки оцінити зношування і працездатність шліфувального інструменту при його застосуванні до газотермічних та наплавлених покриттів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. ОБРОБКА ПОКРИТТІВ КОНЦЕНТРОВАНИМИ ПОТОКАМИ ЕНЕРГІЇ – 2 год.

МЕТА РОБОТИ: Підвищення фізико-механічних властивостей і ущільнення напилених газотермічних покриттів шляхом подальшої газополуменевої обробки

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ – 2 год.

МЕТА РОБОТИ: Розробка оптимальної технології підвищення когезійно-адгезійної стійкості алюмінієвих сплавів та відновлення бронзових деталей

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІОННОГО АЗОТУВАННЯ І КАРБОНІТРУВАННЯ – 2 год.

МЕТА РОБОТИ: Провести регресивний статистичний аналіз та багатокритеріальну оптимізацію технології іонного азотування

Модульна контрольна робота - 2 год.

3. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота спрямована на засвоєння лекційного матеріалу, рекомендованої літератури, підготовки до експрес-контролю на лекціях, до модульної роботи та екзамену.

Види самостійної роботи (78 год.):

5.1. Підготовка до практичних занять, обробка і оформлення даних, отриманих при виконанні практичних занять (всього – 20 год.).

5.2. Підготовка до лекційних занять (всього – 26 год.)

5.3. Підготовка до МКР – 2 год.

5.4. Підготовка до екзамену – 30 год.

Політика та контроль

4. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Вивчення кредитного модуля відбувається згідно графіку навчального процесу з обов'язковим відвідуванням всіх видів занять. є можливість опановувати кредитний модуль у змішаному режимі: ознайомлюватись з теоретичним матеріалом лекцій – самостійно, з можливістю проведення консультацій викладачем.

Правила поведінки на заняттях.

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

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

Поточний контроль.

На лекціях студент виконує письмову самостійну роботу у вигляді Експрес тестів - надає відповіді на контрольні питання.

Календарний контроль.

Календарний контроль не передбачено.

Семестровий контроль.

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання **екзамену**.

Умови позитивного календарного контролю.

Для отримання «зараховано» з першого календарного контролю (8 тижень) студент повинен набрати не менше ніж 20 балів (лекцій- 12 балів, практичні заняття – 8 балів). Зараховано 10 балів (50%).

Для отримання «зараховано» з другого календарного контролю (14 тиждень) студент повинен набрати не менше ніж 53 бали (лекцій- 21 балів, практичні заняття 14 балів, МКР – 16 балів). Зараховано 27 балів (50%).

Умови допуску до екзамену.

Стартовий рейтинг $R_c \geq 30$

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:

Система нарахування рейтингових (вагових) балів і критерії оцінювання.

1. Експрес-контроль на лекції.

Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів, які можна одержати за позитивні результати експрес-контролю на лекціях (26 занять): $1 \times 26 = 26$ балів.

На одній з лекцій виконується МКР.

2. Робота на практичних заняттях.

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів, які можна одержати за позитивні результати на практичних заняттях (9 занять): $2 \times 9 = 18$ балів.

3. Модульна контрольна робота.

Максимальна кількість балів складає: $16 \text{ балів} \times 1 = 16$ балів:

Повна вичерпна відповідь на питання контрольної роботи дає 20 балів, неповна або частково неправильна — 10, відсутність відповіді або неправильна відповідь — 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

– За несвоєчасне виконання певного виду робіт знімається 20% від максимального балу. Штрафні бали не нараховуються на період дії воєнного стану.

– Заохочувальні бали нараховуються за розв'язок студентом індивідуальних завдань (за бажанням студента/аспіранта) з дисципліни «+1...5 балів».

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = \sum r_k = 26 + 18 + 16 = 60 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює — 40 балів

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає $R = R_c + R_{екз.} = 100$ балів

Необхідною умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менший 50% від R_c тобто 30 балів.

Критерії екзаменаційної оцінки:

Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та тестового завдання. Правильна відповідь на теоретичне питання оцінюється в 10 балів, а за тестове завдання нараховується 20 балів.

Оцінка R_e за відповідь на іспиті розраховується в такий спосіб:

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3,$$

де R_1 та R_2 – бали за відповідь на теоретичні питання;

R_3 – бали за виконання тестового завдання.

Шкала оцінювання теоретичного питання (R_1 та R_2):

0 - відповідь відсутня;

1-4-відсутні логічні кроки, немає необхідних формулювань;

5-7-відповідь неповна, наведені деякі не логічні міркування, формулювання;

8-9-відповідь правильна, але містить 1-2 неточності;

10-відповідь правильна і повна.

Шкала оцінювання тестового завдання (R_3):

0 – відповідь невірна;

8-14 - відповідь вірна на 10-40%;

15-17 - відповідь вірна на 41-70%;

18-20 – відповідь вірна на 71-100%.

Таблиця для переведення рейтингової оцінки по навчальній дисципліні.

<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

6. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклад білета на екзамен

Білет № 7

1. Інструментальні матеріали та лезові інструменти для обробки покриттів.
2. Загальні відомості про різні способи подальшої обробки газотермічних покриттів (ХТО, ТО, ТМО).
3. Тестове завдання.

Приклад завдання на МКР

Завдання №5

Проаналізувати процеси електрофізичної і електрохімічної обробки:

- Визначити режими електромеханічної обробки поверхонь; проаналізувати ефективність електроерозійної обробки особо міцних і важкооброблюваних матеріалів;
- Проаналізувати процес і продуктивність електроіскрової обробки покриттів; дати оцінку електро імпульсної обробка покриттів, відмінність від електроіскрової;

Перелік питань, які виносяться на екзамен:

1. Загальна характеристика методів обробки поверхонь.
2. Види розмірної обробки деталей (обдирання, чорнова обробка і тому подібне).
3. Методи обробки лезвийними інструментами (тонка обробка різцями, тонке точіння і тому подібне
4. Методи діамантово – абразивної обробки. Шліфування.
5. Методи діамантово – абразивної обробки. Хонінгування.
6. Методи діамантово – абразивної обробки. Притирання, суперфінішування, мікрофінішування, полірування, обробка абразивними стрічками.
7. Особливості технології обробки деталей з покриттями.
8. Інструментальні матеріали і лезвийные інструменти для обробки покриттів.
9. Інструменти з полікристалічних стверхтвердых матеріалів.
10. Обробка наплавлених і газотермічних покриттів лезавоми інструментами. Температура різання.
11. Вибір умов обробки покриттів. Стійкість інструменту при обробці покриттів. (порівняльний аналіз різців з твердих сплавів і ПСТМ).
12. Деякі особливості і сфери застосування операцій шліфування покриттів. Абразивний інструмент для шліфування покриттів.
13. Дефекти при шліфуванні покриттів і їх попередження.
14. Хонінгування і суперфінішування покриттів. Полірування.
15. Абразивна обробка газотермічних і наплавлених покриттів. Комбіновані методи обробки покриттів різанням.
16. Загальні відомості про різні способи подальшої обробки газотермічних покриттів (ХТО, ТО, ТМО).

- 17.Хіміко-термічна обробка матеріалів.
- 18.Електромеханічна обробка. Плазмово-механічна обробка.
19. Електрофізична (електроерозійна) обробка. Електроіскрова обробка покриттів.
20. Електроімпульсна обробка покриттів. Відмінність від електроіскрової.
- 21.Анодно-механічна обробка.
- 22.Обробка електроконтакта, електрохімічної, електроабразивна обробка.
- 23.Ультразвукова обробка.
- 24.Просочення покриттів. Суть рідкофазного спікання.
- 25.Переваги і особливості обробки покриттів висококонцентрованими потоками енергії.
- 26.Оплавлення і обробка покриттів з використанням низькотемпературної плазми. Обробка ГТП електронним променем.
- 27.Використання технологічного лазера для обробки покриттів. Оплавлення покриттів.
- 28.Використання технологічного лазера для обробки покриттів. Легування покриттів.

В умовах **on-line** лекційні заняття проводяться з використанням платформи дистанційного навчання – ZOOM.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: д.т.н., професор Копилов Вячеслав Іванович

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол №5 від 17.11.2023)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 5/23 від 11.12.2023)