



ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>денна, змішана, дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 год/ 5 кредитів ЄКТС Лекції - 12 год.; лабораторні – 2 год.; практичні - 4 год.; СРС - 132 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>згідно https://schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Чорний Андрій Вячеславович, a.chorny@kpi.ua Практичні: к.т.н., доцент, Чорний Андрій Вячеславович, a.chorny@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/6/c/NTk2MDIxMDgyMTc4</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Інноваційні методи інженерії поверхні" розроблена відповідно до освітньої програми підготовки магістра "Прикладна механіка". Вивчення дисципліни дозволяє на основі сукупності новітніх підходів, методів і способів інженерії поверхні, які забезпечуються сучасними засобами та матеріалами створювати нові технології виробництва з високими характеристиками якісних показників деталей та виробів з урахуванням експлуатаційних вимог.

Мета дисципліни - формування у студентів системи знань щодо інноваційних методів та технологій інженерії поверхні, набуття студентами умінь використовувати, впроваджувати та адаптувати до конкретних умов інноваційні технологічні процеси нанесення газотермічних покриттів та модифікації поверхні.

Предмет дисципліни – інноваційні методи та технології інженерії поверхні.

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 8 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

Фахові компетентності (ФК):

ФК 3 Застосування відповідних методів і ресурсів сучасної інженерії на основі інформаційних технологій для вирішення широкого кола інженерних задач із застосуванням новітніх підходів, методів прогнозування з усвідомленням інваріантності розв'язків.

ФК 7 Здатність поставити задачу і визначити шляхи вирішення проблеми засобами, прикладної механіки та суміжних предметних галузей, знання методів пошуку оптимального рішення за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

Програмні результати навчання:

РН 1 Знання основ менеджменту, методології, методів і методики розробки і постановки на виробництво нового виду продукції, зокрема на етапах виконання дослідно-конструкторських робіт та/або розробки технологічного забезпечення процесу її виготовлення.

РН 4 Знання методології самостійного вирішення поставлених задач інноваційного характеру (кваліфікаційна робота, курсове проектування), уміння аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення, зокрема і публічно..

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

Для успішного засвоєння дисципліни «Інноваційні методи інженерії поверхні» студент повинен мати базові знання з дисципліни:

- Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 1. Основи наукових досліджень.

Основні положення цієї дисципліни використовуються для підготовки та виконання магістерських дисертацій за напрямом методи інженерії поверхні.

Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальна характеристика поверхні твердого тіла.

Розділ 2. Електро - фізична модель поверхневого шару.

Розділ 3. Методи інженерії поверхні.

Розділ 4. Модифікування поверхні.

Розділ 5. Легування поверхні.

Розділ 6. Матеріали для модифікованих шарів та покриттів.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Інженерія поверхні: підручник / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – Київ, Наукова думка, 2007. –557 с.

2. Поверхневі фізико-хімічні процеси: навч. посіб / В.І. Копилов, І.В. Смирнов – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 284 с.

Додаткова література:

1. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні: навч. Посібник. – К.: ВІПОЛ, 2005. – 372с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

Під час вивчення матеріалу застосовуються такі основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, 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: мозковий штурм під час колективних дискусій, інтерактивне спілкування тощо.

2) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережових комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час дистанційного навчання).

4.1 Лекційні заняття (12 год.)

Лекція 1 Фізична та хімічна неоднорідність. Склад і будова поверхні.

Лекція 2 Атомна структура поверхні. Поверхнева енергія і поверхневий натяг.

Лекція 3 Основні способи створення чистої поверхні.

Лекція 4 Електрична модель поверхневого шару.

Лекція 5 Термодинамічний опис роботи виходу електронів із металів.

Лекція 6. Іонно-плазмове азотування (нітроцементация)

4.2 Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять: ознайомлення студентів з практичним використанням методів дослідження та випробовування для вирішення основних наукових та технічних задач, що дозволяють забезпечити отримання поверхневих шарів з покращеними властивостями.

Лабораторна робота №1 - 2 год.

Дослідження методу плазмово – порошкового наплавлення

4.3 Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: практичні заняття направлені на закріплення одержаних на лекціях студентами знань щодо вирішення конкретних технологічних і експлуатаційних завдань в інженерії поверхні.

Практичне заняття №6 - 2 год.

Визначення моделі і механізму створення покриття

Вибір способу нанесення композиційних покриттів

Модульна контрольна робота - 2 год.

5. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента, яка складає 132 год., полягає:

- підготовці до лекційних, практичних, лабораторних занять та модульної контрольної роботи опрацюванням рекомендованої літератури і підготовці відповідей на контрольні запитання;
- у підготовці до екзамену, що передбачає опрацювання лекційного матеріалу та рекомендованої літератури для СРС.

Види самостійної роботи:

6.1. Підготовка до лекцій, закріплення лекційного матеріалу – 2 години на кожну лекцію (всього $2 \times 6 = 12$)

6.2. Обробка і оформлення даних, отриманих під час виконання лабораторних робіт – 2 години на кожну лабораторну роботу (всього $2 \times 1 = 2$ год.)

6.3. Підготовка до практичних занять, обробка і оформлення даних, отриманих при їх виконанні – 2 години на кожне заняття (всього $2 \times 2 = 4$ год.)

6.4. Підготовка до МКР – 4 год.

6.5 Назва теми, що виноситься на для самостійного вивчення (всього – 80 год.), за наступною програмою:

- Контакт двох металів. Контактна різниця потенціалів. Вимірювання контактної різниці потенціалів.
 - Методи інженерії поверхні. Класифікація методів інженерії поверхні. Основні поняття та визначення.
 - Модифікування поверхні лазером.
 - Модифікування поверхні електронним променем.
 - Іонно-плазмова нітроцементация
 - Іонна імплантация
 - Обробка плазмою.
 - Легування поверхні. Закономірності електроіскрового легування, Формування і властивості покриттів. Дифузійне насичення. Структура і властивості покриттів.
 - Плазмова хіміко-термічна обробка.
 - Плазмові зміцнення виробів після наплавлення.
 - Обробка шляхом об'ємного термічного загартування і плазмового зміцнення.
 - Обробка струмами високої частоти (СВЧ) і плазмовим зміцненням.
 - Плазмово-детонаційне зміцнення.
 - Нанесення дискретних покриттів.
 - Фізичні моделі опису роботи електронів.
 - Матеріали для модифікованих шарів та покриттів. Зносостійкі матеріали, фрикційні і антифрикційні матеріали..
 - Корозієстійкі матеріали.
 - Жароміцні та термобар'єрні матеріали
 - Некристалічні та квазікристалічні матеріали.
- 6.6. Підготовка до екзамену – 30 год.

Всього на СРС $12+2+4+4+80+30 = 132$ год

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення навчальної дисципліни відбувається згідно графіку навчального процесу. Відвідування всіх видів занять рекомендовано для успішного засвоєння навчальних матеріалів.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опановувати дисципліну у **змішаному режимі**: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача.

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

Штрафні бали не передбачені.

Заохочувальні бали не нараховуються.

Пропущені контрольні заходи:

Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини), студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання протягом найближчого тижня. В разі порушення термінів і невиконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання заліку в основну сесію.

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.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль.

На лекціях студент виконує письмову модульну контрольну роботу - надає відповіді на контрольні питання. На практичних заняттях студент розв'язує індивідуальне завдання. Перед виконанням лабораторної роботи студенти проходять опитування для встановлення рівня теоретичної підготовки до виконання роботи, наявності бланків протоколів.

Семестровий контроль.

В якості контролю знань, які опановані студентами за семестр викладання освітнього компонента, навчальним планом передбачено складання екзамену, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в РСО освітнього компонента.

Рейтингова система оцінювання з дисципліни складається з двох складових:

- ✓ стартової – призначена для оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру;
- ✓ екзаменаційної – призначена для оцінювання окремих запитань (завдань) на екзамені.

Стартова складова РСО включає:

- ✓ контроль на лекціях - відповіді на контрольні питання;
- ✓ контроль на практичних заняттях - складається з контролю та оцінюванню виконання практичного заняття;
- ✓ контроль на лабораторних роботах - складається з контролю, оцінювання виконання та захисту лабораторної роботи;
- ✓ модульна контрольна робота;

1. Лекції

Оцінюється самостійна робота студента, яка полягає у відповіді на контрольні питання.

Ваговий бал – 2 за вірну відповідь на питання.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відповіді на контрольні питання до всіх лекцій: $6 \times 2 = 12$ балів.

2. Практичні заняття

Ваговий бал – 6

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання і захист всіх практичних занять (2 заняття): $2 \times 6 = 12$ балів

3. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 4

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання і захист всіх лабораторних робіт (1 робота): $1 \times 4 = 4$ бали.

Захист лабораторної роботи оцінюється в 1 бал, який нараховуються за правильні відповіді на питання, поставлені під час захисту роботи студентом.

3. Модульна контрольна робота

Проводиться на останньому лекційному занятті, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Ваговий бал – 22. Максимальна кількість балів складає: $22 \text{ бали} \times 1 = 22$ бали.

Варіант модульної контрольної роботи складається з 2 завдань: 2 теоретичні питання.

Правильна відповідь на кожне теоретичне питання оцінюється в 11 балів.

Бали R_m за відповідь на МКР розраховується у такий спосіб:

$$R_m = R_1 + R_2 = 11 + 11 = 22$$

де R_1 - бали за відповідь на перше теоретичне питання, R_2 - бали за відповідь на друге теоретичне питання.

Шкали оцінювання відповіді на питання модульної контрольної роботи:

R_1 (R_2) = 0 - відповідь відсутня

R1 (R2) = 3-1- відсутні логічні кроки, є фрагменти необхідних формул, формулювання (потрібної інформації $\geq 25\%$);
 R1 (R2) = 5-4 - наведено декілька логічних кроків, деякі формули, формулювання (потрібної інформації $\geq 40\%$);
 R1 (R2) = 7-6 - неповна відповідь (потрібної інформації $\geq 70\%$)
 R1 (R2) = 9-8- відповідь вірна і повна, але містить 1-2 неточності (потрібної інформації $\geq 80\%$);
 R1 (R2) = 11-10 - відповідь вірна і повна (потрібної інформації $\geq 90\%$);

Екзаменаційна складова PCO

Умовою допуску до екзамену є виконання повного комплексу практичних занять та модульної контрольної роботи.

Екзаменаційний білет складається з 2 теоретичних питань і 1 практичного завдання. Правильна відповідь на кожне теоретичне питання оцінюється в 15 балів, за правильне вирішення практичного завдання нараховується 20 балів.

Бали Re за відповідь на іспиті розраховується у такий спосіб:

$$Re = R_1 + R_2 + R_3 = 15 + 15 + 20 = 50$$

де R_1 - бали за відповідь на перше теоретичне питання, R_2 - бали за відповідь на друге теоретичне питання, R_3 - бали за вирішення практичного завдання (табл. 2).

Таблиця 2

Шкали оцінювання відповіді на питання співбесіди семестрового контролю

Шкала оцінювання теоретичних питань	Шкала оцінювання вирішення практичного завдання
$R_1 (R_2) = 0$ - відповідь відсутня	$R_3 = 0$ - завдання не вирішено
$R_1 (R_2) = 1-3$ - відсутні логічні кроки, є фрагменти необхідних формул, формулювання (потрібної інформації $\geq 25\%$);	$R_3 = 3-8$ - наведено алгоритм розв'язання завдання, але рішення не має (потрібної інформації $\geq 35\%$);
$R_1 (R_2) = 4-6$ - наведено декілька логічних кроків, деякі формули, формулювання (потрібної інформації $\geq 55\%$);	$R_3 = 9-14$ - наведені рішення завдання, але є помилки (потрібної інформації $\geq 65\%$);
$R_1 (R_2) = 7-9$ - неповна відповідь (потрібної інформації $\geq 70\%$);	
$R_1 (R_2) = 10-12$ - відповідь вірна і повна, але містить 1-2 неточності (потрібної інформації $\geq 80\%$);	$R_3 = 15-20$ - завдання вирішено правильно (потрібної інформації $\geq 85\%$);
$R_1 (R_2) = 13-15$ - відповідь вірна і повна (потрібної інформації $\geq 90\%$);	

До екзаменаційної відомості заносяться сума стартової та екзаменаційної складової PCO (табл. 3), а також оцінка за університетською шкалою (табл. 4).

Таблиця 3

Розрахунок сумарного семестрового рейтингу

Складові семестрового рейтингу R_c	Кількість занять у семестрі	Вагові бали за контрольні заходи	Сума вагових балів за контрольні заходи
Стартова складова PCO			
Контроль на лекціях	6	2	12
Контроль на практичних заняттях	2	6	12
Контроль на лабораторних роботах	1	4	4

Модульна контрольна робота	1	22	22
Стартова складова			50
Екзаменаційна складова PCO			50
РАЗОМ:			100

Таблиця 4

Відповідність 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
Менше 25 або не виконані умови допуску	Не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У процесі **дистанційного навчання** використовуються дистанційний курс, реалізація якого здійснюється за допомогою платформи *Google classroom*, через які надається доступ до електронних ресурсів здобувачам вищої освіти.

В умовах **on-line** лекційні заняття, практичні заняття та екзамен проводяться з використанням платформи Zoom, GoogleMeet.

Під час **змішаного навчання** засвоєння знань, умінь, навичок відбуваються за допомогою аудиторних лекційних та практичних занять з використанням електронних освітніх ресурсів системи управління навчанням для методичного та інформаційного забезпечення здобувачів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцентом, к.т.н., доцентом Чорним Андрієм Вячеславовичем

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)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (екзамен)

1. Що таке поверхневі явища?
2. Які процеси відносяться до поверхневих явищ?
3. В чому полягає поняття і визначення поверхні твердого тіла?
4. Основна відмінність поверхневих шарів від об'ємних.
5. У чому полягає суть фізичної неоднорідності поверхні?
6. У чому полягає суть хімічної неоднорідності поверхні?
7. Які положення можуть займати атоми на поверхні?
8. Однакові чи ні числа сусідів атома та енергії зв'язку в різних поверхневих станах?
9. Що являють собою сходинки на поверхні?
10. Суть особливостей поверхневих перекичувань.
11. Що таке поверхневий шар?
12. Що таке зміщені і перебудовані поверхні?
13. Суть згущення поверхневої енергії.
14. Поняття поверхневої енергії, її розмірність.
15. Поняття поверхневого натягу.
16. Які параметри впливають на величину поверхневого натягу?
17. Що таке повна енергія кристала?
18. Які існують способи одержання чистої поверхні?
19. Які ефекти пов'язані з видаленням електронів з поверхні твердого тіла?
20. В чому суть електричної моделі поверхневого шару?
21. Як пояснити існування подвійного електричного шару на поверхні твердого тіла?
22. Що таке сили електричного зображення, що діють на електрони?
23. Що таке робота виходу електронів з металу?
24. Що таке емісія електронів, і як змінюється густина електронів на поверхні металу?
25. У чому суть температурної залежності роботи виходу?
26. Який зв'язок між поверхневим натягом і роботою виходу електронів?
27. Що відбувається на поверхні двох металів при їх зближенні?
28. Що називається контактною різницею потенціалів?
29. Як вимірюється контактна різниця потенціалів?
30. Які основні напрямки інженерії поверхні, їх суть?
31. За якими ознаками класифіковано методи інженерії поверхні?
32. У чому полягає суть механічних методів обробки (створення) поверхневих шарів?
33. У чому полягає суть термомеханічних методів обробки (створення) поверхневих шарів?
34. У чому полягає суть термічних методів обробки (створення) поверхневих шарів?
35. У чому полягає суть хіміко-термічних методів обробки (створення) поверхневих шарів?
36. У чому полягає суть електрохімічних і хімічних методів обробки (створення) поверхневих шарів?
37. У чому полягає суть фізичних методів обробки (створення) поверхневих шарів?
38. У чому полягає фізична суть лазерного випромінювання?
39. Які особливості поглинання і передавання енергії при лазерному випромінюванні?
40. У чому полягає суть лазерного зміцнення?
41. Які основні закономірності визначають глибину загартування при лазерному зміцненні?
42. Охарактеризуйте основні види лазерного зміцнення?
43. Які шари розрізняють залежно від мікроструктури і мікротвердості, а також при зміцненні поверхні?
44. Наведіть приклади властивостей зміцнених матеріалів?
45. У чому полягає суть лазерного легування матеріалів?
46. У чому полягає суть модифікування поверхні електронним променем?
47. Які особливості передавання і поглинання енергії при дії електронного променя?

48. Охарактеризуйте основні схеми електронно-променевого модифікування поверхні?
49. У чому полягає суть іонної імплантації?
50. Які особливості передавання і поглинання енергії при іонній імплантації?
51. Що є спільним. І чим розрізняються передавання і поглинання енергії при іонній імплантації, дії електронного променя і лазерному випромінюванні?
52. Які основні технологічні варіанти плазмового зміцнення?
53. Які основні закономірності структурних перетворень при плазмовому зміцненні?
54. Охарактеризуйте основні комбіновані способи зміцнення з використанням плазми?
55. У чому полягає суть електроіскрового легування поверхні?
56. Охарактеризуйте основні схеми утворення легованого шару при електроіскровому легування поверхні.
57. Чим визначається електроерозійна стійкість матеріалів у процесі електроіскрового легування поверхні?
58. Які особливості формування покриттів при електроіскровому легуванні поверхні та їх властивості?

Приклади варіантів завдань на МКР

Варіант № 1

1. Що таке поверхневі явища?
2. Які особливості формування покриттів при електроіскровому легуванні поверхні та їх властивості?
3. На основі заданої деталі, з урахуванням її призначення, умов експлуатації, виду зношення, матеріалу, визначити інноваційний метод зміцнення (відновлення), накреслити структуру поверхневого шару та/або покриття, що будуть отримані, описати технологічний процес інноваційного методу (деталь, матеріал деталі та умови експлуатації надаються індивідуально).

Варіант № 2

1. Які процеси відносяться до поверхневих явищ?
2. Чим визначається електроерозійна стійкість матеріалів у процесі електроіскрового легування поверхні?
3. На основі заданої деталі, з урахуванням її призначення, умов експлуатації, виду зношення, матеріалу, визначити інноваційний метод зміцнення (відновлення), накреслити структуру поверхневого шару та/або покриття, що будуть отримані, описати технологічний процес інноваційного методу (деталь, матеріал деталі та умови експлуатації надаються індивідуально).

Варіант № 3

1. В чому полягає поняття і визначення поверхні твердого тіла?
2. Охарактеризуйте основні схеми утворення легованого шару при електроіскровому легування поверхні.
3. На основі заданої деталі, з урахуванням її призначення, умов експлуатації, виду зношення, матеріалу, визначити інноваційний метод зміцнення (відновлення), накреслити структуру поверхневого шару та/або покриття, що будуть отримані, описати технологічний процес інноваційного методу (деталь, матеріал деталі та умови експлуатації надаються індивідуально).