

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**Модуль «Технології інженерії поверхні»  
дисципліни «Інженерія поверхні»**

методичні вказівки до вивчення курсу  
для студентів денної форми навчання  
за напрямом 6.050504 «зварювання»,  
спрямування 8.050504.03 «Відновлення та підвищення зносостійкості  
деталей і конструкцій»

*Затверджено Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»*

«Технології інженерії поверхні»: Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Інженерія поверхні» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.050504 «Зварювання», спрямування 8.050504.03 «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» / Уклад.: В. М. Пащенко, 2012. – 9 с.

*Гриф надано Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»  
(Протокол № від . . 2013 р.)*

Модуль «Технології інженерії поверхні»  
дисципліни «Інженерія поверхні»

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

для студентів денної форми навчання  
за напрямом 6.050504 «зварювання»,  
спрямування 8.050504.03 «Відновлення та  
підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»

Укладач: к.т.н., доц. Пащенко Валерій Миколайович  
Відповідальний редактор: д.т.н., проф. В. В. Квасницький  
Рецензент: д.т.н., проф. Р. М. Рижов

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Модуль «Технології інженерії поверхні» дисципліни «Інженерія поверхні» є дисципліною за вибором ВНЗ. Вона забезпечується наступними дисциплінами: Обладнання та технології ГТНП (ВНЗ 2.1.08), Технологія та обладнання для наплавлення (ВНЗ 2.1.09), Відновлення деталей машин і конструкцій (ВНЗ 2.1.10), Обладнання та технології ВКНП (ВНЗ 2.1.11), Технологія зміцнення поверхонь (СВС 2.2.2.04).

Мета дисципліни полягає у формуванні у студента системи сучасних уявлень та знань про методологію розробки технологій створення виробів із спеціальними функціональними поверхневими шарами та набуття студентами умінь розробляти технологічні процеси нанесення покриттів та створення модифікованих шарів методами інженерії поверхні.

Після вивчення дисципліни студент повинен вміти:

- проводити порівняльний аналіз методів і способів інженерії поверхні та призначати відповідний для нанесення конкретного функціонального покриття з урахуванням технологічних особливостей їх використання;
- складати структурні схеми процесів виготовлення виробу з покриттям відповідно до вимог до поверхневого функціонального шару;
- визначати основні характерні режимні параметри процесів нанесення покриття і зміцнення поверхні та встановлювати їх зв'язок з ефективністю процесу;
- визначати основні параметри якості функціональних поверхневих шарів та призначати методи визначення показників якості для відпрацювання конкретних технологій;
- розробляти методики визначення раціональних режимів нанесення покриттів виходячи із вибраних критеріїв оптимізації;
- розробляти технології нанесення функціональних покриттів з урахуванням технологічних особливостей нанесення покриттів із основних груп матеріалів;
- розробляти технології нанесення покриттів методами інженерії поверхні та зміцнення поверхонь плазовими методами у спеціальних випадках їх застосування.

Семестр	Всього	Розподіл на семестр та видами занять						Семестр атест.
		Лекц.	Практ.	Семін.	Лабор.	Індивід.	СРС	
10	90	18	9	-	9	КР	54	Диф. залік
Всього	90	18	9	-	9		54	

## II. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Вивчення курсу складається з наступних етапів:

1. самостійної роботи з навчально-методичною літературою;
2. виконання курсової роботи;
3. практичних занять;
4. лабораторних занять
5. слухання лекцій.

Призначення лекцій полягає в наданні допомоги студентам, що самостійно працюють за найбільш складними питаннями курсу. Однак лекції через обмеженість годин не є основною формою занять над курсом.

По кожній темі на початку приводиться короткий виклад програми відповідного розділу курсу, а потім даються методичні вказівки й питання для самоперевірки пройденого матеріалу. Вивчення зазначеної до теми літератури є для студента обов'язковим.

Після вивчення теми курсу студент повинен уміти відповісти на питання для самоперевірки.

Важливе значення для освоєння курсу має виконання контрольного завдання.

Вивчення модуля «Технології інженерії поверхні» дисципліни «Інженерія поверхні» закінчується диференційованим заліком. На заліку студент повинен показати знання по основних розділах курсу й уміти вирішувати завдання, подібні тим, які наведені в контрольному завданні.

## III. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

### Розділ 1. Загальні питання

Тема 1.1. Розвиток і стан теоретичних та практичних знань про технології відновлення та підвищення стійкості поверхонь деталей та конструкцій шляхом нанесення покриттів та модифікації поверхневих шарів.

Тема 1.2. Загальні питання застосування технологій інженерії поверхні.

### Основні поняття та визначення технологічного процесу нанесення покриття

Вступ. Сучасний стан розвитку технологій створення поверхневих шарів. Напрямки і перспективи розвитку. Роль вітчизняних вчених та організацій у розвитку теорії та практики методів. Ціль і завдання курсу, його роль у підготовці спеціалістів за фахом. Практичне використання знань у різних видах діяльності спеціаліста.

Основні поняття та визначення технологічного процесу нанесення покриття. Узагальнена схема технологічного процесу виготовлення виробу з покриттям. Маршрутний технологічний процес. Маршрутна карта. Операційний технологічний

процес. Операційна карта. Узагальнена схема технологічного процесу створення виробу з покриттям.

Методологія вибору методу нанесення покриття. Аналіз конструктивних особливостей виробів та умов їх експлуатації. Вимоги до підготовки поверхні виробу. Параметри ефективності процесу нанесення покриття.

Конспект лекцій стор. (2 – 10).

## **Розділ 2. Методологія розробки технологічних процесів газотермічного нанесення покриття**

### **Тема 2.1. Визначення вимог до процесу нанесення покриття та застосованих матеріалів**

#### **Визначення умов роботи виробу з покриттям**

Визначення вимог до процесу нанесення покриття або відновлення на основі анкетування поставленої задачі. Визначення механізмів спрацьовування деталі за існуючими класифікаціями залежно від умов експлуатації.

Конспект лекцій стор. (11 – 24).

#### **Методологія вибору матеріалу покриття та його тестування**

Вибір матеріалів для нанесення покриття на основі розроблених експертних баз даних вітчизняного та закордонного походження. Зносостійкі покриття: стійкі в умовах адгезійного спрацьовування (схоплювання), стійкі в умовах абразивного зношування, стійкі в умовах втомного спрацьовування поверхні, стійкі в умовах ерозійного спрацьовування.

Тепло- і жаростійкі високотемпературні покриття: для захисту в окиснювальних середовищах, для захисту від агресивних газових середовищ ( $T < 950$  °C), для захисту від розплавів, для створення теплових бар'єрів, для захисту від ерозії при ( $T > 850$  °C).

Корозієстійкі покриття: стійкі до атмосферної корозії, стійкі у воді і водних розчинах, для захисту від розплавів.

Покриття із спеціальними властивостями: електропровідні, електроізоляційні, екрануючі, оптичні.

Покриття для відновлення розмірів і конфігурації деталей: із чорних металів, із кольорових металів.

Покриття для саморегулювання зазорів у спряжених деталях машин: покриття, які спрацьовуються; покриття, які спрацьовують.

Тестування матеріалу для напилення.

Вибір обладнання на основі розроблених баз даних за критеріями потрібної достатньої якості нанесеного покриття та ціни обладнання.

Конспект лекцій стор. (25 – 29).

### **Тема 2.2. Відпрацювання раціональних режимних параметрів ведення процесу створення виробу з покриттям**

#### **Визначення параметрів оптимізації технологічного процесу. Визначення міцності зчеплення покриття з основою.**

Розробка раціонального режиму нанесення покриття (із використанням вибраного матеріалу і обладнання). Параметри оптимізації: показники якості покриття, показники ефективності процесу, характеристики енергетичного або фазового стану частинок матеріалу, що напилюється. План експерименту. Активний експеримент. Методи планування експерименту. Параметр оптимізації і фактори (змінні параметри проведення експерименту), функція відгуку. Планування екстремального експерименту.

Визначення якості нанесеного покриття. Визначення міцності зчеплення покриття з основою. Якісні методи: метод полірування, метод кравцювання, метод

навивання, метод нанесення подряпин, метод вигинання, метод втискування, метод розпилювання, метод тертя, метод удару. Кількісні методи. Штифтовий метод. Переваги і недоліки. Клейова методика. Переваги і недоліки. Випробування на зрізання.

Міцність покриття.

Конспект лекцій стор. (30 – 39).

**Визначення параметрів оптимізації технологічного процесу. Визначення товщини покриття.** Вимірювання товщини покриття. Неруйнівні (фізичні) методи і методи вимірювання товщини із руйнуванням виробу. Хімічні методи, які викликають руйнування тільки покриття, і фізичні, які призводять до руйнування виробу з покриттям. Хімічні: метод зняття, метод краплі, метод струмини. Фізичні методи: мікроскопічний метод, метод прямого вимірювання, метод вимірювання мас, магнітні методи, термоелектричний метод.

Конспект лекцій стор. (40 – 44).

**Визначення параметрів оптимізації технологічного процесу. Визначення пористості покриттів. Визначення твердості покриттів.**

Визначення пористості покриттів. Відкрита пористість покриття. Наскрізна пористість покриття. Закрита пористість покриття. Корозійні методи: метод накладання, електрографічний метод. Методи гідростатичного зважування, ртутної порометрії і металографії.

Визначення густини матеріалу методами пікнометрії та флотаційним методом.

Визначення твердості покриття методами Роквела, Бринеля, Вікерса. Вимірювання мікротвердості.

Визначення стійкості покриття до спрацьовування.

Конспект лекцій стор. (45 – 51).

**Визначення параметрів оптимізації технологічного процесу. Визначення параметрів оптимізації технологічного процесу. Показники ефективності процесу. Параметри частинок, що напилюються.**

*Показники ефективності процесу:* екологічна безпечність процесу нанесення покриття та безпека праці, якість покриття, продуктивність процесу напilenня, коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) і енергомiсткiсть процесу.

*Визначення характеристик енергетичного або фазового стану частинок матеріалу, які утворюють покриття. Швидкість частинок. Температура частинок.*

Конспект лекцій стор. (52 – 57).

### **Розділ 3. Управління якістю покриттів.**

#### **Тема 3.1. Основні підходи до керування якістю покриттів**

##### **Параметри процесу напilenня та їх взаємозв'язок із якістю покриттів.**

Фактори, що впливають на якість газотермічних покриттів. Два контури формування якості покриттів: внутрішній контур, зовнішній контур.

Схема впливу параметрів зовнішнього та внутрішнього контурів на показники якості покриттів.

Способи керування якістю покриттів, що напилюються. Керуючі впливи. Хіміко-термічні та фізико-механічні способи впливу: перегрівання частинок, що напилюються; активація основи; охолодження покриття, що формується, та заготовки; напilenня у контрольованій атмосфері, сепарація частинок, що напилюються, за швидкістю; термомеханічна обробка покриття; накладення коливань на заготовку; активація основи та покриття електроіскровими і дуговими розрядами.

Конспект лекцій стор. (58 – 68).

Тема 3.2. Підвищення якості покриттів шляхом створення керованих автоматизованих технологічних процесів нанесення покриттів

**Автоматизовані системи управління.**

Етапи та задачі створення керованих автоматизованих технологічних процесів нанесення газотермічних покриттів. Використання ЕОМ при керуванні процесом напылення. Автоматизовані системами управління (АСУ). Переваги застосування АСУ. Рівень АСУ.

Комплекс завдань, які необхідно вирішити під час розробки автоматизованих технологічних процесів показаний. Етапи створення автоматизованих технологічних процесів. Математична модель процесу. Стабільність роботи обладнання.

Конспект лекцій стор. (69 – 74).

#### **IV Навчально-методичні матеріали**

1. Пашенко В.М., Кузнецов В.Д. Технологія газотермічного та вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів. К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 272 с.
2. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 360 с.
3. Тюрин Ю.Н., Жадкевич М.Л. Плазменные упрочняющие технологии. – К.: Наукова думка, 2008. – 216 с.
4. Папырин А.Н., Болотина Н.П., Боль А.А. Новые материалы и технологии. Теория и практика упрочнения материалов в экстремальных процессах – Новосибирск: ВО Наука, 1992 – 200 с.

#### **V. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА:**

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) ведення конспекту і присутність на лекції;
- 2) ритмічності виконання курсової роботи
- 3) відповіді на практичних заняттях;
- 4) своєчасного виконання та здачі лабораторних робіт
- 5) результатів заліку, що проводиться в письмовому вигляді.

##### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

###### **1) Робота на лекціях**

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: 3 бали × 9 = 27 балів.

Присутність на одній з академічних годин лекції оцінюється 1,0 балом.

###### **2) Практичні заняття**

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях

складає: 3 бали × 4 = 12 балів.

3 балами оцінюються повні відповіді на поставлені запитання під час проходження практичного заняття.

1 балом оцінюються неповні відповіді та відповіді не на всі запитання, поставлені під час проходження практичного заняття.

0 балами оцінюється відсутність відповідей на поставлені запитання під час практичної роботи або відсутність на занятті.

### **3) Лабораторні роботи**

Ваговий бал – 3 бали. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях: 3 бали × 4 = 12 балів.

3 балами оцінюється своєчасне виконання лабораторної роботи і здача звіту на наступному занятті.

1 балом оцінюються своєчасне виконання лабораторної роботи без здачі звіту на наступному занятті.

### **4) Контроль ходу виконання курсової роботи**

Ваговий бал – 3 бали. 4 перевірки на практичних заняттях.

12 балів – виконання КР згідно із графіком; 6 балів – неритмічне виконання КР із задачею роботи у визначений термін;

### **5) Контрольні заходи (експрес-контроль)**

Ваговий бал – 5 (4). Максимальна кількість балів за результатами всіх контрольних заходів складає: 5 балів × 7 + 2 бали × 1 = 37 балів.

5 (2) балами оцінюються повні відповіді на поставлені запитання під час проходження контрольного заходу.

2 (1) балами оцінюються неповні відповіді та відповіді не на всі запитання, поставлені під час проходження контрольного заходу.

0 балами оцінюється відсутність відповідей на поставлені запитання під час контрольного заходу.

### **Розрахунок шкали (R) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 27 + 12 + 12 + 12 + 37 = 100 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R_D = R_c = 100 \text{ балів.}$$

Студенти, які отримали попередню рейтингову оцінку менше 40 балів, до заліку не допускаються.

Студенти, які набрали протягом семестру 60 і більше балів мають можливість отримати залік «автоматом» або виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки.

Студенти, які набрали від 40 до 60 балів зобов'язані виконувати залікову контрольну роботу.

Завдання контрольної роботи складається із трьох питань різних розділів робочої програми.

Кожне питання контрольної роботи оцінюється у 33 балів відповідно до системи оцінювання:



- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 33-30 балів.
- «добре», достатньо повна відповідь або повна відповідь із незначними неточностями (не менше 75 % потрібної інформації) – 29-23 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) – 23-20 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею:

<b>RD</b>	<b>Оцінка ECTS</b>	<b>Традиційна оцінка</b>
95...100	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	задовільно
60...64	E	
<b>RD &lt; 60</b>	F <sub>x</sub>	незадовільно
<b>R<sub>c</sub> &lt; 40 балів</b>	F	не допущено