

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

**Модуль «ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ»
(дисципліна Інженерія поверхні)**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання»
професійного спрямування «Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій»

Затверджено Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»

Київ 2013

Технології інженерії поверхні (дисципліна «Інженерія поверхні»):
Методичні вказівки до самостійної роботи для студентів денної
форми навчання за напрямом 050504 «Зварювання», професійного
спрямування «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і
конструкцій»/ Уклад.: В.М.Пащенко, 2013. – 27 с.

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

**Модуль «ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ»
(дисципліна Інженерія поверхні)**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

для студентів наряду підготовки 6.050504 «Зварювання»
професійного спрямування «Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій»

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

Зміст

Зміст	3
Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	6
1.1. Загальна характеристика навчальної дисципліни	6
1.2. Рейтингова система оцінки з дисципліни	6
1.3. Види самостійної роботи	9
2. Методичні вказівки до вивчення розділів курсу	10
3. Методичні вказівки до інших видів самостійної роботи	19
4. Навчально-методичні матеріали	20
4.1. Основна література	20
4.2. Додаткова література	20

Вступ

Модуль «Технології інженерії поверхні» дисципліни «Інженерія поверхні» є однією із дисциплін у підготовці спеціалістів по інженерії поверхні для машинобудування, ремонтних виробництв, приладобудування, виробництв по виготовленню конструкцій різного призначення тощо.

Загальний обсяг вивчення модуля на одного студента дорівнює 90 годин. Згідно з навчальним планом дисципліна викладається у двох семестрах: студенти прослуховують курс лекцій, виконують цикл лабораторних занять, беруть участь у практичних заняттях, виконують КР і складають залік у 10-му семестрі.

Мета модуля 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 плазмовими методами у спеціальних випадках їх застосування.

У даному методичному посібнику наведено вказівки щодо організації самостійної роботи з модуля «ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ» (дисципліна Інженерія поверхні)

1 Опис навчальної дисципліни

1.1 Загальна характеристика модуля «Технології інженерії поверхні» навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

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

Напрямок підготовки: 050504 – зварювання.

Професійне спрямування: «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр.

Цикл, до якого відноситься дисципліна: за вільним вибором ВНЗ.

1.2 Рейтингові системи оцінки з дисципліни

Положення про рейтингову систему оцінки успішності студентів з модуля «Технології інженерії поверхні» дисципліни «Інженерія поверхні» розроблені згідно з Положенням про кредитно-модульну організацію навчального процесу в НТУУ «КПІ», а також відповідно до робочої програми дисципліни кафедри.

Розмір шкали рейтингових оцінок – 100 балів.

Відповідність між рейтинговими оцінками, оцінками ECTS та традиційними наведена в таблицях.

Для 10-го семестру

RD	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95...100	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	задовільно
60...64	E	
RD < 60	F _x	незадовільно
R _c < 40 балів	F	не допущено

1.3 Види самостійної роботи

1. Вивчення розділів курсу з використанням рекомендованої літератури і матеріалів лекцій.
2. Виконання курсової роботи.
3. Підготовка до практичних робіт.
4. Підготовка до лабораторних робіт.

2 Методичні вказівки до вивчення розділів курсу

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.

Питання, що розглядаються у даній темі

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.

[5], стор. (2 – 12).

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть логіці вибору методу створення поверхневого шару виходячи із аналізу вихідних даних.

Контрольні запитання до теми 1.1 та 1.2

1. Які основні складові виробничого процесу виготовлення виробу з покриттям?
2. Із яких етапів складається технологічний процес виготовлення виробу з покриттям ?
3. Яка відмінність маршрутного технологічного процесу від операційного ?
4. Які основні фактори лежать в основі методології вибору методу нанесення покриття ?
5. Які обмеження на застосований метод накладають конструктивні особливості виробів та умови їх експлуатації ?
6. Які вимоги висуваються до матеріалу покриття ?
7. Які фактори враховуються під час вибору (розрахунку) товщини покриття ?
8. Які обмеження накладають на метод нанесення покриття вимоги до попередньої підготовки поверхні та необхідність її фінішної обробки ?
9. Яким принцип вибору методу нанесення покриття із ряду альтернативних ?

Розділ 2. Методологія розробки технологічних процесів газотермічного нанесення покриття

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

Питання, що розглядаються у даній темі

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.

[5], стор. (13 – 28).

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 ($T < 950\text{ }^{\circ}\text{C}$), для захисту від розплавів, для створення теплових бар'єрів, для захисту від ерозії при ($T > 850\text{ }^{\circ}\text{C}$).

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.

[5], стор. (29 – 36).

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть аналізу умов роботи та характерних видів спрацьовування типових деталей, вузлів та конструкцій. Крім того, використовуючи табл.3.1, з'ясуйте перелік найбільш розповсюджених матеріалів, які забезпечують отримання функціональних поверхонь широкого діапазону призначення.

Контрольні запитання до теми 2.1

1. За якою схемою здійснюється, зазвичай, розробка технології ГТНП ?
2. У чому сутність визначення вимог до процесу нанесення покриття шляхом анкетування поставленої задачі ?
3. Яка послідовність визначення механізму спрацьовування деталі залежно від умов експлуатації ?
4. Як проводиться вибір матеріалу залежно від виду спрацьовування ?

5. Яким чином проводиться тестування матеріалів для створення покриття ?
6. Які параметри вихідного матеріалу контролюються ?
7. Які міркування враховуються під час вибору обладнання для створення поверхневого шару ?

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

Питання, що розглядаються у даній темі

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.

[5], (37 – 47).

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.

[5], (48 – 53).

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.

[5], (54 – 62).

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 напилення, коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) і енергомісткість процесу.

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

[5], (63 – 69).

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть методології оптимізації режимних параметрів процесу нанесення покриття.

Контрольні запитання до теми 2.2

1. Які підходи застосовуються під час оптимізації режимів нанесення покриття ?
2. Що може слугувати параметром оптимізації ?
3. Які параметри характеризують якість покриття ?
4. Які основні методи визначення міцності зчеплення покриття з основою ?
5. Яка відмінність між кількісними та якісними методами визначення міцності зчеплення покриття з основою ?
6. Як класифікуються методи визначення товщини покриття ?
7. Які методи визначення пористості покриття найбільш розповсюджені у практиці ГТНП ?
8. Які методи визначення твердості покриття застосовуються у практиці ГТНП ?

9. Які основні методи визначення стійкості поверхонь до спрацьовування застосовуються у практиці ГТНП ?
10. Які показники ефективності застосовуються для характеристики процесу нанесення покриття ?
11. Який показник ефективності є найбільш універсальним ?
12. Які характеристики енергетичного стану матеріалу застосовуються під час оптимізації процесу напилення ?
13. Які методи визначення енергетичного стану матеріалу застосовуються у практиці ГТНП ?

Розділ 3. Управління якістю покриттів.

Тема 3.1. Основні підходи до керування якістю покриттів

Питання, що розглядаються у даній темі

Параметри процесу напилення 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; напилення у контрольованій атмосфері, сепарація частинок, що напилюються, за швидкістю; термомеханічна обробка покриття; накладення коливань на заготовку; активація основи та покриття електроіскровими і дуговими розрядами.

[5], (70 – 82).

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть класифікації факторів, що впливають на якість газотермічних покриттів.

Контрольні запитання до теми 3.1

1. Які фактори впливають на якість газотермічних покриттів ?
2. Чим визначаються властивості покриття ?

3. Які основні шляхи покращання якості покриття ?
4. Які способи керування якістю покриття застосовуються на сьогодні ?
5. Що дає перегрівання частинок, що напилюються ?
6. Які основні переваги активації основи ?
7. Що дає охолодження покриття ?

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

Питання, що розглядаються у даній темі

Автоматизовані системи управління.

Етапи та задачі створення керованих автоматизованих технологічних процесів нанесення газотермічних покриттів. Використання ЕОМ при керуванні процесом напилення. Автоматизовані системи 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.

[5], (83 – 89).

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть сучасним способам підвищення якості покриттів шляхом автоматизації технологічного процесу.

Контрольні запитання до теми 3.2

1. Які рівні автоматизації виробничих процесів можна визначити ?
2. Який комплекс завдань вирішується під час розробки автоматизованих технологічних процесів ?
3. Які етапи створення автоматизованих технологічних процесів ?
4. Від чого залежить ефективність систем керування ?
5. Які системи не підлягають автоматизації ?

Література

1. Пащенко 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.
5. Пащенко В.М. Технології інженерії поверхні (дисципліна Інженерія поверхні).Текст лекцій. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 89 с.
6. Пащенко В.М. Технології інженерії поверхні (дисципліна Інженерія поверхні). Методичні вказівки до виконання курсової роботи. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 89 с.

3. Методичні вказівки до інших видів самостійної роботи

3.1. Виконання курсової роботи

Метою виконання курсової роботи є набуття практичних навичок у розробці реального технологічного процесу із виконанням всіх етапів методики розробки та оптимізації технології нанесення покриття.

Виконання курсової роботи здійснюють згідно методичних вказівок [6].