МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут
Кафедра матеріалознавства і технології металів

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Матеріали для напилення

Materials for spraying

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*
тип дисципліни *вибіркова*
мова викладання *українська*

Миколаїв – 2023

Робоча програма навчальної вибіркової дисципліни «Матеріали для напилення»

«12» 10 2023 року. 15 с.

Розробник: Бобров М.М., канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалознавства і технології металів

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Матеріали для напилення» *розглянуто на засіданні кафедри матеріалознавства і технології металів*

Протокол № 3 *від «* 8 *»* 11 *2023 р.*

Завідувач кафедри _____ *О.М. Дубовий*

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Матеріали для напилення» *розглянуто Навчально-методичною комісією кораблебудівного навчально-наукового інституту*

Протокол № 2 *від «*21 *»* 11 *2023 р.*

Голова _____ *О.В. Бондаренко*

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Матеріали для напилення» *погоджено з навчальним відділом*

Начальник відділу _____ *А.В. Лабарткава*

Робоча програма навчальної дисципліни «Матеріали для напилення» *затверджена Навчально-методичною радою НУК*

Протокол № 10 *від «* 27 *»* 12 *2023 р.*

Голова НМР НУК _____ *С.О. Слободян*

© НУК, 2023

ЗМІСТ

Вступ 4
1. Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни 6
3. Передумови для вивчення дисципліни 6
4. Очікувані результати навчання 6
5. Програма навчальної дисципліни 6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування 10
7. Форми поточного та підсумкового контролю 11
8. Критерії оцінювання результатів навчання 13
9. Засоби навчання 14
10. Рекомендовані джерела інформації 14

ВСТУП

Анотація

Напилення покриттів використовують з метою відновлення та зміцнення деталей машин та механізмів, надання їм зносо-, корозійно- та жаростійкості, спеціальних властивостей. Різноманіття призначення покриттів потребує використання багатьох матеріалів. При цьому вид матеріалу визначає метод нанесення з нього покриттів, який вибирають залежно від призначення покриття, властивостей матеріалу стосовно його температури плавлення та інших теплофізичних характеристик, поведінки за високої температури і т. ін. Задача курсу розкрити суть методів отримання напилюваних матеріалів; встановити залежність методами подачі матеріалу в зону напилювання та властивостями покриттів та конструктивними особливостями використовуваного устаткування.

Курс в цілому зорієнтований на набуття навичок студентами інженерних спеціальностей визначення структури і властивостей напилюваних матеріалів, вибору технології їх підготовки та методу введення до високотемпературного струменя для отримання необхідних експлуатаційних характеристик покриття.

Ключові слова: напилення, властивості, напилювані матеріали, порошки, дроти.

Abstract

Spraying of coatings is used for the purpose of restoration and strengthening of parts of machines and mechanisms, providing them with wear, corrosion and heat resistance, special properties. The variety of coating purposes requires the use of many materials. At the same time, the type of material determines the method of applying coatings from it, which is chosen depending on the purpose of the coating, the properties of the material in relation to its melting point and other thermophysical characteristics, behavior at high temperatures, etc. The task of the course is to reveal the essence of the methods of obtaining sprayed materials; to establish the dependence of the methods of supplying the material to the spraying area and the properties of the coatings and the design features of the equipment used.

The course as a whole is focused on the acquisition of skills by students of engineering specialties in determining the structure and properties of sprayed materials, choosing the technology of their preparation and the method of introduction to a high-temperature jet to obtain the necessary operational characteristics of the coating.

Key words: spraying, properties, spaying materials, powders, wires.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td>Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5,0</td><td rowspan="3"></td><td>Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td>Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 3</td><td>4-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="7"></td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>8-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання - нема</td><td>Лекцій</td></tr>
<tr><td>30 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 150</td><td>Практичні</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4;
самостійної роботи студента – 6.</td><td>Освітній рівень:
перший (бакалаврський)</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td></tr>
<tr><td>Індивідуальні завдання:</td></tr>
<tr><td>Вид контролю: залік</td></tr>
<tr><td>Форма контролю: комбінована</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Матеріали для напилення» є пізнання фізико-хімічних основ виготовлення напилюваних матеріалів найбільш прийнятними методами, засвоєння основ вибору матеріалів у залежності від рівня необхідних фізико-механічних властивостей та умов експлуатації покриттів. В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- вміти застосовувати системний підхід для аналізу структури і властивостей напилюваних матеріалів;
- встановлювати зв’язок між особливостями структури напилюваних матеріалів та методом їх подачі до високотемпературного струменя при напиленні та рівнем фізико-механічних властивостей сформованих покриттів;
- вміти аналізувати область застосування покриттів з різних видів напилюваних матеріалів.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни відсутні

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- знання матеріалознавчих та технологічних основ виготовлення напилюваних матеріалів;
- уміння обирати матеріал для різних видів газотермічних покриттів відповідно до рівня властивостей та умов експлуатації;

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Порошки для газотермічного напилення покриттів.

Тема 1. Вимоги до порошків. Порошки металів. [1] с.31-67.

Тема 2. Порошки сплавів. [1] с. 67-85.

Тема 3. Порошки безкисневих тугоплавких сполук. [1] с. 85-105.

Тема 4. Порошки оксидів. [1] с. 105-107.

Тема 5. Композиційні порошки. [1] с. 107-120.

Тема 6. Подача та транспортування порошків при напиленні. Порошкові живильники.[2] с. 728-732, [3] с.42-47.

Змістовний модуль 2. Технологія виготовлення порошків для газотермічного напилення та методи визначення їх властивостей.

Тема 7. Виготовлення порошків розпиленням та механічним подрібненням. [2] с.678-689.

Тема 8. Виготовлення порошків спіканням та агломерацією. [2] с.689-697.

Тема 9. Механічне легування, сфероїдизації, плакування та інші перспективні технології виготовлення порошків. [2] с.697-716.

Тема 10. Властивості порошків. Розмір частинок, хімічний та фазовий склад. [3] с.35-39.

Тема 11. Внутрішня та зовнішня морфологія порошку. Поведінка при високих температурах. Насипна щільність та текучість. [3] с.39-42.

Змістовний модуль 3. Подача матеріалу в зону напилення за допомогою дротів, стрижнів, порошкових дротів та гнучких порошкових шнурів.

Тема 12. Дроти для напилення. Пристрої подачі дроту. [1] с.120-122, [2] с.734-736.

Тема 13. Стрижні та порошкові дроти для напилення. [1] с.122-129

Тема 14. Гнучкі порошкові дроти. [1] с.129-139

Тема 15. Загальні рекомендації щодо вибору матеріалу для напилення покриттів. [1] с.139-142, [2] с. 744-746.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п.р.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Порошки для газотермічного напилення покриттів.					
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Вимоги до порошків. Порошки металів.	10	2	2	-	6
Тема 2. Порошки сплавів.	10	2	2	-	6
Тема 3. Порошки безкисневих тугоплавких сполук.	10	2	2	-	6
Тема 4. Порошки оксидів.	10	2	2	-	6

Тема 5. Композиційні порошки.	10	2	2	-	6
1	2	3	4	5	6
Тема 6. Подача та транспортування порошків при напиленні. Порошкові живильники.	10	2	2	-	6
Разом за змістовим модулем 1	**60**	**12**	**12**		**36**
Змістовний модуль 2. Технологія виготовлення порошків для газотермічного напилення та методи визначення їх властивостей.					
Тема 7. Виготовлення порошків розпиленням та механічним подрібненням.	10	2	2	-	6
Тема 8. Виготовлення порошків спіканням та агломерацією.	10	2	2	-	6
Тема 9. Механічне легування, сфероїдизації, плакування та інші перспективні технології виготовлення порошків.	10	2	2	-	6
Тема 10. Властивості порошків. Розмір частинок, хімічний та фазовий склад.	10	2	2	-	6
Тема 11. Внутрішня та зовнішня морфологія порошку. Поведінка при високих температурах. Насипна щільність та текучість.	10	2	2	-	6
Разом за змістовим модулем 2	**50**	**10**	**10**		**30**
Змістовий модуль 3. Подача матеріалу в зону напилення за допомогою дротів, стрижнів, порошкових дротів та гнучких порошкових шнурів.					
Тема 12. Дроти для напилення. Пристрої подачі дроту.	10	2	2	-	6
Тема 13. Стрижні та порошкові дроти для напилення.	10	2	2	-	6
Тема 14. Гнучкі порошкові дроти.	10	2	2	-	6
Тема 15. Загальні рекомендації щодо вибору матеріалу для напилення покриттів.	10	2	2	-	6

1	2	3	4	5	6
Разом за змістовим модулем 2	**40**	**8**	**8**	**-**	**24**
Всього годин	**150**	**30**	**30**	**-**	**90**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження властивостей та застосування газотермічних покриттів з порошків простих речовин.	2
2	Дослідження властивостей та застосування газотермічних покриттів з порошків сплавів.	2
3	Дослідження властивостей та застосування газотермічних покриттів з карбідами хрому, титану та цирконію.	2
4	Умови отримання та властивості покриттів з порошків оксидів.	2
5	Газотермічні покриття з плакованих порошків.	2
6	Будова та робота порошкових живильників.	2
7	Дослідження будови та робота барабанного млину для механічного подрібнення порошків.	2
8	Дослідження морфології та застосування наноструктурованих агломерованих порошків.	2
9	Дослідження властивостей та застосування газотермічних покриттів з плакованих порошків.	2
10	Визначення гранулометричного складу порошків сплавів для газотермічного напилення.	2
11	Визначення фактору форми порошків сплавів для газотермічного напилення	2
12	Дослідження властивостей та застосування електродугових покриттів з суцільних сталевих дротів.	2
13	Дослідження властивостей та застосування електродугових покриттів з порошкових дротів.	2
14	Дослідження властивостей та застосування полімерних газотермічних покриттів.	2
15	Вибір напилюваного матеріалу для зносостійкого покриття.	2
Разом		**30**

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Норматив	Денна форма
1	Підготовка до лекційних занять	1 год. на 1 лек.	15
2	Підготовка до практичних робіт	підготовка до практичних робіт – до 2 год. на 1 роб.	15
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – 15 год. на 1 захід	45
4	Підготовка до заліку		15
	Разом		**90**

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання, які використовуються для засвоєння програмного матеріалу та активізації навчального процесу:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольно-корекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;

пояснення - словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;

- ілюстрування - показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символьному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

- відеометод - використання відеоматеріалів для активізації наочно-чуттєвого сприймання; забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості;

- інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця;

практична робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;

Методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- комплексний залік;
- стандартизовані тести.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку.

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок - ***40 балів***. Право здавати заключний залік дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного заліку набирає не менше ***60 балів***. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заключного заліку.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті за результатами оформленого звіту та питань для самоконтролю, передбачає оцінювання теоретичної підготовки за тематикою роботи та проблемних питань щодо виконання практичного завдання.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Практична робота

Бал	Критерії оцінювання
3	Робота виконана у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв’язує її. Може розв’язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
2	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує розрахунки комбінованих задач, іноді після консультації

	викладача.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент наводить потрібні формули. Розв'язує задачу користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки
0	Студент не розв'язує задачі.

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	80	60	40	20	0
Бал	5	4	3	2	1	0

Форма контролю	Максимальна кількість балів
Виконання практичних робіт	15 роб. × 3 балів = 45 балів
Поточний модульний контроль	3 МКР × 5 балів = 15 балів
Всього	**60**

Підсумковий контроль

Тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Бал	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0

Усна відповідь (1 питання - 10 балів**)**

Бал	Критерії оцінювання
20	Студент вільно володіє матеріалом, знає основні види матеріалів для напилення та надає інформацію щодо методів їх виготовлення. Вміє розгорнуто пояснити вплив методу виготовлення порошкових напилюваних матеріалів на їх фізико-механічні та технологічні властивості. Знає методи визначення властивостей порошків. Може надати інформацію щодо основних доступних дротяних напилюваних матеріалів. Надає інформацію щодо можливих методів подачі порошкових та дротяних напилюваних матеріалів до високотемпературних газових струменів при газотермічному напиленні. Може навести приклади застосування відповідних матеріалів для напилення для вирішення конкретної проблеми на виробництві.
16	Студент знає основі види матеріалів для напилення та способи їх подачі до високотемпературних газових струменів при газотермічному напиленні. Володіє знаннями щодо основних методів виготовлення та підготовки порошкових напилюваних матеріалів. Розуміє взаємозв'язок

	методу виготовлення порошку з його хімічним та фазовим складом, морфологією, текучістю та насипною щільністю. Знає основні елементи будови порошкових живильників та пристроїв для подачі дротів. Надає приклади застосування газотермічних покриттів з відповідних напилюваних матеріалів.
12	Студент знає основі види матеріалів для напилення та способи їх подачі до високотемпературних газових струменів при газотермічному напиленні. Розуміє взаємозв'язок методу виготовлення порошку з його хімічним та фазовим складом, морфологією, текучістю та насипною щільністю. Надає інформацію щодо переваг порошкових дротів та гнучких шнурів над традиційними суцільнотягнутими дротами. Знає основі області застосування покриттів з конкретних напилюваних матеріалів.
8	Студент знає основні види порошкових та дротяних напилюваних матеріалів та способи їх виготовлення. Розуміє основні закономірності впливу методу виготовлення порошкових матеріалів на їх властивості. Знає основні елементи будови обладнання для подачі напилюваних матеріалів до високотемпературних струменів при напиленні.
4	Студент знає основні види напилюваних матеріалів та методи їх виготовлення. Орієнтується у питаннях щодо застосування газотермічних покриттів з відповідних напилюваних матеріалів.
0	Студент не орієнтується у матеріалах питання, не може відповісти на додаткові питання за змістом навчальної дисципліни

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№№ змістового модуля і теми		Денна форма	
		Вид робіт	Кількість балів
ЗМ 1	Т1	Практична робота № 1	3
	Т2	Практична робота № 2	3
	Т3	Практична робота № 3	3
	Т4	Практична робота № 4	3
ПМК		Тест № 1	5
ЗМ 2	Т5	Практична робота № 5	3
	Т6	Практична робота № 6	3
	Т7	Практична робота № 7	3
	Т8	Практична робота № 8	3
	Т9	Практична робота № 9	3

	Т10	Практична робота № 10	3
ПМК		Тест № 2	5
ЗМ 3	Т11	Практична робота № 11	3
	Т12	Практична робота № 12	3
	Т13	Практична робота № 13	3
	Т14	Практична робота № 14	3
	Т15	Практична робота № 15	3
ПМК		Тест № 3	5
Підсумковий контроль		Залік, в тому числі	40
		тестування	20
		усна відповідь	20
Сума			**100**

9. Засоби навчання

Для засвоєння дисципліни застосовуються:

- конспект лекцій (електронний ресурс);
- методичні вказівки до виконання практичних робіт (електронний ресурс);
- конспект лекцій (електронний ресурс);
- методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (електронний ресурс);
- нормативна документація, що регламентує методи термічної обробки кольорових металів і сплавів (ДСТУ, технічні умови тощо);
- електронний каталог мікрофотографій кольорових металів і сплавів;
- ілюстративні матеріали (зокрема альбом структур та мікрофотографій);
- лабораторні зразки кольорових металів та сплавів;
- лабораторне обладнання для проведення термічної обробки та дослідження властивостей і структури;
- демонстраційні стенди, плакати, відеофільми.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Дубовий О.М. Технологія напилення покриттів: Підручник / Дубовий О.М., Степанчук А.М. - □ Миколаїв: НУК, 2007. - 236 с.

2. Pierre L. Thermal Spray Fundamentals: From Powder to Part / Pierre L. Fauchais, Joachim V.R. Heberlein, Maher Boulos. — Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2014. - 1566 p.

3. Pawlowski, L. The science and engineering of thermal spray coatings / L. Pawlowski. – Wiley, 2008 – 626 p.

Допоміжна

1. Фізико-хімічні основи створення покриттів / Кузнєцов В.Д., Пащенко В.М. – Київ – 1999 - 176с.

2. Технологія газотермічного і вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів : Підручник / О. М. Дубовий,А. А. Карпеченко,М. М. Бобров. — Миколаїв : видавець Торубара В. В.,2018. — 202 р

3. Espallargas N. Future Development of Thermal Spray Coatings: Types, Designs, Manufacture and Applications / N. Espallargas. - Woodhead Publishing, 2015. — 301 p.

Інформаційні ресурси в інтернет: http:// nuos. edu. ua