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

Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів

Nanostructuring of deformed metals and alloys and sprayed coatings

рівень вищої освіти *другий (магістерський)*
тип дисципліни *вибіркова*
мова викладання *українська*

Миколаїв – 2023

Робоча програма навчальної вибіркової дисципліни «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів»

«11» 10 2023 року. 17 с.

Розробник: Дубовий О.М.., докт., техн. наук, професор, завідувач кафедри матеріалознавства і технології металів

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів» *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 «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів» *розглянуто Навчально-методичною комісією кораблебудівного навчально-наукового інституту*
Протокол № 2 *від «* 21 *»* 11 *2023 р.*

Голова _____ *О.В. Бондаренко*

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів» *погоджено з навчальним відділом*

Начальник відділу _____ *А.В. Лабарткава*

Робоча програма навчальної дисципліни «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів» *затверджена Навчально-методичною радою НУК*
Протокол № 10 *від «* 14 *»* 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 дисциплін ……..……. ….7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування…….....12
7. Форми поточного та підсумкового контролю …….....13
8. Критерії оцінювання результатів навчання ……...16
9. Засоби навчання ……... …17
10. Рекомендовані джерела інформації ……..….17

ВСТУП

Анотація

Одним із способів формування наномасштабних елементів у деформованих металах і сплавах та напилених покриттях є передрекристалізаційна термічна обробка, вивчення якого і покликана навчальна дисципліна «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів». Програма цієї навчальної дисципліни розрахована на студентів – магістрів, які здобули освітньо – кваліфікаційний рівень «бакалавр». Дисципліна «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів» носить міждисциплінарний характер, вона забезпечує підготовку студентів – магістрів до виконання дипломної роботи та формує у них новаторський підхід до формування високих фізико-механічних властивостей у конструктивних матеріалах і напилених покриттях.

Ключові слова: полігонізація, субзерна, субструктура, термічна обробка, фізико- механічні властивості, границі субзерен.

Abstract

One of the methods of forming nanoscale elements in deformed metals and alloys and sprayed coatings is pre-recrystallization heat treatment, the study of which is called the educational discipline "Nanostructuring of deformed metals and alloys and sprayed coatings". The program of this educational discipline is designed for master's students who have obtained the educational qualification level of "bachelor". The discipline "Nanostructuring of deformed metals, alloys and sprayed coatings" is interdisciplinary in nature, it prepares master's students for the completion of a diploma thesis and forms in them an innovative approach to the formation of high physical and mechanical properties in structural materials and sprayed coatings.

Key words: polygonization, subgrain, substructure, heat treatment, physical and mechanical properties, subgrain boundaries.

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>1-й</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="8"></td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>2-й</td></tr>
<tr><td>Лекцій</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Індивідуальне науково-дослідне завдання - нема</td><td>30 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні</td></tr>
<tr><td>30</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 150</td><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 6.</td><td rowspan="6">Освітній рівень: другий (магістерський)</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>

Мета та завдання навчальної дисципліни

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Наноструктурування деформованих металів і сплавів та напилених покриттів» є формування у студентів таких компетентностей:

1. Здатність обирати режими термічної обробки для формування наномасштабної субструктури з урахування матеріалу, проектувати сучасні технологічні процеси виробу.
2. Здатність розробляти технологічні процеси напилення функціональних покриттів інноваційного характеру, з наномасштабними елементами.
3. Здатність створювати інноваційні рішення технічних проблем шляхом підвищення фізико-механічних властивостей металів і сплавів та напилених покриттів наноструктуруванням.

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:

1. Знання основних принципів і методів розробки інноваційних технологічних процесів виробів із деформованих металів і сплавів та напилення покриттів.
2. Знання фізико-хімічних основ отримання наноструктурного стану удеформованих металах і сплавах та напилених покриттях.
3. Уміння розробляти технології отримання виробів із деформованих металів і сплавів та з наномасштабними елементами.
4. Уміння прогнозувати структуру та властивості деформованих металів і сплавів та напилених покриттів після передрекристалізаційної термічної обробки.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Полігонізація. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на властивості деформованих металів і сплавів.

Тема 1. Вступ. Полігонізація як процес здрібнення субструктури металів і сплавів [1], с. 17-31.

Тема 2. Вплив зовнішніх факторів при передрекристалізаційній термічній обробці на твердість металів на фізико-механічні властивості технічно чистого заліза [1], с. 31-48.

Тема 3. Мікроструктура пластично деформованого технічно чистого заліза до і після передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості кольорових сплавів [1], с. 48-62.

Тема 4. Вплив тривісної деформації на ефект підвищення твердості технічно чистого заліза при передрекристалізаційній термічній обробці [1], с. 63-69.

Тема 5. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на показники міцності технічно чистого заліза, вуглецевих та легованих сталей і на фізичні властивості сталей [1], с. 69-90.

Змістовий модуль 2. Вплив комбінованого деформування на фізико-механічні властивості та структуру сталей.

Тема 6. Комбінована деформація як засіб підвищення термічної стійкості полігонізаційної субструктури. Вплив вуглецю та легувальних елементів та твердість комбіновано-деформованих сталей. [1], с. 91-109.

Тема 7. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості сталей. Вплив комбінованого деформування на твердість технічно чистих нікелю, заліза та вуглецевих сталей [1], с. 109-121.

Тема 8. Вплив комбінованого деформування на середній розмір областей когерентного розсіювання рентгенівських променів технічно чистого заліза, вуглецевих і легованих сталей [1], с. 121-133.

Тема 9. Вплив комбінованого деформування на відносну кількість наномасштабних субзерен та на середній кут розорієнтування субзерен технічно чистого заліза та сталей [1], с. 134-136.

Тема 10. Вплив комбінованого деформування на щільність дислокацій технічно чистого заліза та вуглецевих сталей. Порівняльний аналіз можливостей підвищення твердості за допомогою передрекристалізаційної термічної обробки з відомими аналогами [1], с. 136-142.

Тема 11. Порівняльний аналіз традиційної технології виготовлення пружин із запропонованою обробкою [1], с. 142-143.

Змістовий модуль 3. Підвищення фізико-механічних властивостей напилених покриттів формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури.

Тема 12. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико – механічні властивості електродугових покриттів .[1], с. 146-150,. .[2], с. 134-135.

Тема 13. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості плазмових покриттів. [1], с. 150-162,. .[2], с. 135-138.

Тема 14. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості газополуменевих покриттів. [1], с. 162-167.

Тема 15. Термічна стабілізація полігонізаційної субструктури у напилених покриттях та її вплив на властивості. [1], с. 167-181, [2], с. 138-140.

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. Полігонізація. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на властивості деформованих металів і сплавів**.**					
Тема 1. Вступ. Полігонізація як процес здрібнення субструктури металів і сплавів	6	2	-	-	4
Тема 2. Вплив зовнішніх факторів при передрекристалізаційній термічній обробці на твердість металів на фізико-механічні властивості технічно чистого заліза.	11	2	4	-	5
Тема 3. Мікроструктура пластично деформованого технічно чистого заліза до і після передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості кольорових сплавів.	10	2	4	-	4
Тема 4. Вплив тривісної деформації на ефект підвищення твердості технічно чистого заліза при передрекристалізаційній термічній обробці.	8	2	2	-	4
Тема 5. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на показники міцності технічно чистого заліза, вуглецевих та легованих сталей і на фізичні властивості сталей.	10	2	4	-	4
Разом за змістовим модулем 1	45	10	14	-	21
Змістовий модуль 2. Вплив комбінованого деформування на фізико-механічні властивості та структуру сталей.					
Тема 6. Комбінована деформація як засіб підвищення термічної стійкості полігонізаційної субструктури. Вплив вуглецю та легувальних елементів та твердість комбіновано-деформованих сталей	10	2	2	-	6
Тема 7. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості сталей. Вплив комбінованого	10	2	2	-	6

деформування на твердість технічно чистих нікелю, заліза та вуглецевих сталей.					
Тема 8. Вплив комбінованого деформування на середній розмір областей когерентного розсіювання рентгенівських променів технічно чистого заліза, вуглецевих і легованих сталей.	10	2	-	-	8
Тема 9. Вплив комбінованого деформування на відносну кількість наномасштабних субзерен та на середній кут розорієнтування субзерен технічно чистого заліза та сталей	10	2	-	-	8
Тема 10. Вплив комбінованого деформування на щільність дислокацій технічно чистого заліза та вуглецевих сталей. Порівняльний аналіз можливостей підвищення твердості за допомогою передрекристалізаційної термічної обробки з відомими аналогами	10	2	2	-	6
Тема 11. Порівняльний аналіз традиційної технології виготовлення пружин із запропонованою обробкою.	10	2	2	-	6
Разом за змістовим модулем 2	60	12	8		40
Змістовий модуль 3. Підвищення фізико – механічних властивостей напилених покриттів формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури.					
Тема 12. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико – механічні властивості електродугових покриттів	11	2	2	-	7
Тема 13. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико –механічні властивості плазмових покриттів.	11	2	2	-	7
Тема 14. Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико –механічні властивості газополуменевих покриттів.	11	2	2	-	7
Тема 15. Термічна стабілізація полігонізаційної субструктури у напилених покриттях та її вплив на властивості.	12	2	2	-	8
Разом за змістовим модулем 3	45	8	8	-	29
Всього годин	**150**	**30**	**30**	**-**	**90**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження впливу зовнішніх факторів при передрекристалізаційній термічній обробці на твердість технічно чистого заліза.	4
2	Дослідження мікроструктури технічно чистого заліза до і після передрекристалізаційної термічної обробки.	4
3	Вплив тривісної деформації на ефект підвищення твердості технічно чистого заліза при передрекристалізаційній термічній обробці.	2
4	Дослідження впливу видів деформування на твердість технічно чистого заліза при передрекристалізаційній термічній обробці.	4
5	Вплив передрекристалізаційної термічної обробки на фізико-механічні властивості сталей.	4
6	Вплив комбінованого деформування на середній розмір субзерен та відносну кількість наномасштабних елементів технічно чистого заліза і сталей.	4
7	Дослідження впливу передрекристалізаційної термічної обробки на твердість електродугових та плазмових покриттів.	4
8	Дослідження можливостей стабілізації полігонізаційної субструктури напилених покриттів та наноструктурування.	4
	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 – 10 год. на 1 захід	50
4	Підготовка до заліку		10
	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 і підсумкового контролю.

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

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. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
2	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно з завданням, іноді після консультації викладача; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Роботи містить неточності та помилки.
0	Робота не виконувалася

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	12	10	8	7	6	5	4	3	2	1

Форма контролю	Максимальна кількість балів
Виконання практичних робіт	8 роб. × 3 балів = 24 балів
Поточний модульний контроль	3 МКР × 12 балів = 36 балів
Всього	**60**

Підсумковий контроль

Тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

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

Бал	Критерії оцінювання
10	Студент вільно володіє матеріалом, знає які процеси відбуваються при холодному деформування металів і в процесі напилення покриттів; знає які процеси відбуваються при нагріванні дефомованих металів і покриттів; вплив передрекристалізаційної термічної обробки на властивості деформованих металів і сплавів; знає вплив комбінованого деформування на фізико-механічні властивості та структуру сталей; знає особливості підвищення фізико-механічних властивостей напилених покриттів формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури.
8	Студент знає основні процеси, що відбуваються при холодному деформування металів і в процесі напилення покриттів; знає що таке полігонізація і її вплив на властивості деформованих металів і сплавів; знає вплив комбінованого деформування на фізико-механічні властивості та структуру сталей; знає особливості підвищення фізико-механічних властивостей напилених покриттів формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури.
6	Студент знає основні процеси холодного деформування металів і деформування в процесі напилення покриттів; має уявлення, що таке полігонізація і передрекристалізаційна термічна обробка; має уявлення про вплив комбінованого деформування на фізико-механічні властивості та структуру сталей та особливості підвищення фізико-механічних властивостей напилених покриттів формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури.
4	Студент має уявлення, що таке полігонізація і передрекристалізаційна термічна обробка; має уявлення про вплив комбінованого деформування на фізико-механічні властивості та структуру сталей та особливості формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури.
2	Студент має уявлення про способи підвищення фізико-механічних властивостей формуванням нанорозмірної структури передрекристалізаційною термічною обробкою.
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		
	Т4	Практична робота № 3	3
	Т5		
ПМК		Тест № 1	12
ЗМ 2	Т6	Практична робота № 4	3
	Т7		
	Т8	Практична робота № 5	3
	Т9		
	Т10	Практична робота № 6	3
	Т11		
ПМК		Тест № 2	12
ЗМ 3	Т12	Практична робота № 7	3
	Т13		
	Т14	Практична робота № 8	3
	Т15		
ПМК		Тест № 3	12
Підсумковий контроль		Залік, в тому числі	40
		тестування	10
		усна відповідь	30
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);
- ілюстративні матеріали (зокрема альбом структур та мікрофотографій);
- лабораторне обладнання для проведення передрекристалізаційній термічній обробки та дослідження фізико-механічних властивостей металів та сплавів;
- демонстраційні стенди, плакати, відеофільми.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Дубовий О.М., Карпеченко А..А.,Бобров М.М., Макруха Т.О. Підвищення фізико-механічних властивостей металів і сплавів та напилених покриттів формуванням полігонізаційної наномасштабної субструктури. Миколаїв: НУК, 2023. – 192 с.

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

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