Форма № 4

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра Фізичне матеріалознавство

(назва кафедри, яка відповідає за дисципліну)

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Перший проректор
Прушківський В.Г.
"09" 09 2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теорія та практика створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах термодеформаційними методами

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 Матеріалознавство

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Термічна обробка металів

(назва спеціалізації)

інститут, факультет фізико-технічний, інженерно-фізичний

(назва інституту, факультету)

мова навчання українська

Запоріжжя – 2019 рік

Робоча програма «Теорія та практика створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах термодеформаційними методами»

(назва навчальної дисципліни)

для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство»,
освітня програма (спеціалізація) Термічна обробка металів
(назва спеціалізації)

„09" 09, 2019 року- 15 с.

Розробники: к.т.н., доц. Вініченко В.С., к.т.н. Ткач Д.В.
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізичного матеріалознавства

Протокол від "09" 09 2019 року № 1

Завідувач кафедри
фізичного матеріалознавства _____ (Ольшанецький В.Ю.)
(підпис) (прізвище та ініціали)
"09" 09 2019 року

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-фізичного факультету
Протокол від. "17" 09 2019 року № 1

"17" 09 2019 року Голова _____ (Кислов О.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* _____

"___" _____2019 року Керівник групи _____(_____)
(підпис) (прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

_____.

2019рік

Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 3,5</td><td>Галузь знань
13 «Механічна інженерія»
(шифр і назва)</td><td colspan="2">вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td rowspan="5">Спеціальність
132 Матеріалознавство
(код і назва)
Освітня програма:
Термічна обробка металів
(код і назва)</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне науково-дослідне завдання _____
(назва)</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин - 105</td><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 3
самостійної роботи студента – 6,6</td><td rowspan="9">Освітній ступінь:
магістр</td><td>30 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>год.</td><td>год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>14 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>61 год.</td><td>93 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання: год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: екзамен</td></tr>
</table>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 41% до -59%

для заочної форми навчання – 11 % до 89 %

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета формування у студентів фундаментальних знань з теорії та практики створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах термодеформаційними методами і відповідних загальних та професійних компетенцій.

Завдання дисципліни: підготовка фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані теоретичні завдання та прикладні проблеми, пов'язані з розробкою, моделюванням, створюванням нових та вдосконаленням наявних технологій термдеформаційної обробки металів, які застосовуються для створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах.

У результаті вивчення дисципліни «Теорія та практика створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах термодеформаційними методами» студент повинен отримати:

загальні компетентності:

К3.02. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

К3.05. Навички використання новітніх інформаційних технологій.

фахові компетентності:

КС.01. Здатність критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання та обробки.

КС.02. Спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик моделювання, розробки та дослідження матеріалів.

КС.04. Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретних умов експлуатації.

КС.15. Здатність інтерпретувати, презентувати і захищати результати науково-дослідницької діяльності в фаховому середовищі та публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

КС.16. Здатність виявляти об'єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей.

Очікувані програмні результати навчання.

ПРН3. Знати та застосовувати принципи проектування нових матеріалів і технологій їх оброблення, розробляти та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів, у тому числі і термічного оброблення.

ПРН5. Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються при розв'язанні складних матеріалознавчих задач (хімічний склад – технології термічного оброблення – структура – властивості).

ПРН6. Уміти організувати розробку програм та проведення комплексних досліджень та випробувань матеріалів, напівфабрикатів та виробів, отриманих при певних варіантах їх оброблення.

ПРН16. Демонструвати обізнаність та практичні навички в галузі технологічного забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.

Спеціальні знання з уявлень про молекулярно-кінетичну будову речовин та фундаментальних фізичних властивостей наноструктурних матеріалів; еволюції їх мікроструктури і властивостей в процесі виготовлення та експлуатації; термічної стабільності наноструктур; моделювання вказаних процесів; технологій виробництва та застосування термодеформаційних методів створення наноструктурних матеріалів; оцінки ефективності впровадження у виробництво досягнутих результатів. Вміння оцінити наукові основи організації технологічних процесів створення та застосування нових високоефективних методів термічної обробки з метою підвищеної експлуатаційної надійності виробів, розширення сировинної бази; оцінити основи управління технологічними процесами під час виробництва матеріалів та конструкцій; співставити теоретичні та експериментальні результати досліджень впливу структури матеріалів на комплекс фізико-механічних і експлуатаційних властивостей.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Характеристика методів створення наноматеріалів та процеси, що відбуваються при їх здійсненні.

Тема 1. Характеристика наноматеріалів, що отримуються термодеформаційними методами.

Вступ (об’єкт, предмет, задачі та зміст дисципліни). Термінологія (нанотехнологія, наноматеріали, наносистемна техніка, термодеформаційні методи). Історія та перспективи розвитку нанотехнологій з застосуванням термодеформаційних методів. Класифікація наноматеріалів.

Тема 2. **Методи отримання об’ємних наноструктурних матеріалів шляхом інтенсивної пластичної деформації (ІПД).**

Структура і її зв’язок з технологією отримання наноструктур. Метод рівно канального кутового пресування (РККП), всебічного кування, пакетної прокатки. Принципи методів кручення під тиском (КРТ) і рівноканального кутового пресування (РККП). Режими простого зсуву.

Тема 3. **Застосування великих пластичних деформацій для структуроутворення в наноматеріалах.**

Процес деформації і деформаційного зміцнення. Схема зміни деформаційної структури і ділення зерен, модельні уявлення щодо процесів зміни структури при здійсненні великих пластичних деформацій та комп’ютерне моделювання плину матеріалу при ІПД.

Тема 4. Розвиток процесів і методів здійснення інтенсивної пластичної деформації (ІПД).

Реалізація методу РККП з використанням зустрічного тиску та його оснащення. РККП в оснащенні з рухомими стінками. РККП з оснащенням, що обертається. РККП плоских заготовок. РККП шляхом бокової екструзії. РККП в багатоканальному оснащенні з паралельними каналами.

Безперервний процес РККП. РККП конформ процес. Компактування порошків методом РККП. Циклічна деформація (осадження – екструзія – осадження). Спосіб багатократного згину і випрямлення полоси. Гвинтова екструзія.

Тема 5. Дослідження змін наноструктури при застосуванні методу ІПД кручення. Вплив технологічних параметрів на розподіл структурних елементів за розмірами. Схема еволюції структури при ІПД крученням. Підвищення метастабільності даних матеріалів внаслідок зміни фазового складу та утворення пересичених твердих розчинів. Неоднорідність деформації, що викликана другою фазою в структурі. Ріст нерівноважності карбідів при ІПД крученням.

Тема 6. Дослідження закономірностей утворення наноструктур при здійсненні ІПД методом РККП. Вплив маршруту руху, кількості проходів, кута пересічення каналів, зовнішнього кута оснащення, швидкості пресування та температури на еволюцію структури. Результати дослідження впливу зворотнього тиску на інтенсивність подрібнення мікроструктури при РККП. Схема еволюції структури при здійсненні ІПД даним методом.

Тема 7. Процеси текстуро утворення при здійсненні ІПД методом РККП. Результати дослідження полюсних фігур металів при здійсненні ІПД методом РККП. Характер кристалографічної текстури в залежності від схеми деформації та температури. Моделювання процесів текстуроутворення при РККП.

Тема 8. Види процесів, що відбуваються в чистих металах та сплавах при здійсненні ІПД. Утворення твердих розчинів в системах без взаємної розчинності компонентів. Розвиток двійникування. Аморфізація в інтерметалідних з’єднаннях і відновлення дальнього порядку при наступному нагріванні. Вплив саморозігріву зразків при ІПД на формування їх структури.

Змістовий модуль 2. Дослідження змін структури та властивостей наноматеріалів при звичайних і підвищених температурах та можливості їх застосування в техніці.

Тема 9. Дослідження структури металів отриманих консолідацією порошків з застуванням ІПД. Процеси консолідації ультрадисперсних порошків заліза, міді та вісмуту. Еволюція наноструктури при отриманні порошків методом кулькового розмолу та їх наступною консолідацією з використанням ІПД. Вплив ІПД на формування твердого розчину в даних матеріалах, що належать до систем з компонентами, які не розчиняються один в одному (Fe-Cu? Fe-Bi).

Тема 10. Нанокристалізація аморфних сплавів. Стабільність наноструктур при нагріванні. Еволюція наноструктур в чистих металах при нагріванні. Вплив умов здійснення ІПД на процеси повернення. Вплив виду термічної обробки на поведінку ультрадрібнозернистої структури (УДЗ) (відпалу при нагріванні з постійною швидкістю та ізотермічного відпалу). Парадоксальне підвищення термостабільності УМЗ в залізі і титані.

Особливості поведінки УМЗ структури в сплавах при термообробці (відсутність зародкоутворення).

Тема 11. Еволюція наноструктур при пластичній деформації.

Вплив схеми та умов здійснення пластичної деформації на закономірності зміни наноструктурного стану металів отриманих холодною прокаткою крупнокристалічного матеріалу при обтисках 20-95 % та матеріалу отриманого методом РККП.

Тема 12. Дослідження фундаментальних характеристик і властивостей наноструктурних матеріалів. Магнітні і електричні властивості. Дифузійні властивості. Пружні властивості. Внутрішні напруження, граткові дислокації, пружні модулі границь. Анізотропія модуля Юнга холоднокатаного наноструктурованого металу та її зміни в процесі відпалу. Внутрішнє тертя.

Тема 13. Механічні властивості наноматеріалів при звичайних температурах та структура, що їх забезпечує. Отримання матеріалів з високою міцністю і пластичністю шляхом створення наноструктур. Зерно граничне ковзання та обертання зерен. Чутливість напруження плину до швидкості деформації. Деформаційне зміцнення. Міграція границь зерен при їх рості в наноструктурних матеріалах.

Тема 14. Механічні властивості наноструктурних матеріалів при підвищенних температурах. Надпластичність сплавів отриманих методами РККП і ІПД крученням, зниження температури надпластичності, підвищення швидкості деформації в субмікрокристалічних сплавах з розміром зерен (0,5-1,0) мкм. Циклічна деформація і втома в субмікрокристалічних сплавах. Вплив розміру зерна і нерівноважності границь на втомну міцність.

Тема 15. Перспективи застосування наноструктурних матеріалів. Титанові наноструктурні матеріали для застосування в техніці і медицині. Властивості наноструктурного технічно чистого титану отриманого різними методами ІПД. Ультрадисперснозернисті тітанові сплави, особливості їх структури і механічних властивостей, що розширюють область їх застосування.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		лк	п	лаб	інд	с.р.		лк	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Характеристика методів створення наноматеріалів та процеси, що відбуваються при їх здійсненні.												
Тема 1. Характеристика наноматеріалів, що отримуються термодеформаційними методами.	8	2		2		4	11	1		2		8
Тема 2. Методи отримання об'ємних наноструктурних матеріалів шляхом інтенсивної пластичної деформації (ІПД).	7	2		2		3	8	1		2		5
Тема 3. Застосування великих пластичних деформацій для структуроутворення в наноматеріалах.	7	2				5	7	1				6
Тема 4. Розвиток процесів і методів здійснення інтенсивної пластичної деформації (ІПД).	4	2				2	7					7
Тема 5. Дослідження змін наноструктури при застосуванні методу ІПД кручення.	6	2				4	5					5

Тема 6. Дослідження закономірностей утворення наноструктур при здійсненні ІПД методом РККП.	7	2		2		5	8					8
Тема 7. Процеси текстуро утворення при здійсненні ІПД методом РККП.	6	2				4	5					5
Тема 8 Види процесів, що відбуваються в чистих металах та сплавах при здійсненні ІПД.	5	2				3	6					6
Разом за змістовим модулем 1	52	16		6		30	57	3		4		50
Змістовий модуль 2. Дослідження змін структури та властивостей наноматеріалів при звичайних і підвищених температурах та можливості їх застосування в техніці.												
Тема 9. Дослідження структури металів отриманих консо-лідацією порошків з застуванням ІПД.	10	2		4		4	9	1		2		6
Тема 10. Нанокрис-талізація аморфних сплавів.	7	2				5	8	1				7
Тема 11. Еволюція наноструктур при пластичній деформації.	5	2				3	7	1				6
Тема 12. Дослідження фундаментальних характеристик і властивостей наноструктурних матеріалів.	7	2				5	7					7
Тема 13. Механічні властивості наноматеріалів при звичайних	10	2		2		6	6					6

температурах та структура, що їх забезпечує.												
Тема 14. Механічні властивості наноструктурних матеріалів при підвищенних температурах.	8	2		2		4	5					5
Тема 15. Перспективи застосування наноструктурних матеріалів.	6	2				4	6					6
Разом за змістовим модулем 2	53	14		8		31	48	3		2		43
Усього годин	105	30		14		61	105	6		6		93

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи дослідження наноматеріалів (електронна мікроскопія, рентгеноструктурний аналіз, іона мікроскопія).	4
2	Дослідження властивостей ультрадрібнозернистих конструкційних сталей, отриманих з застосуванням методів ІПД.	2
3	Порівняння структури та властивостей наноматеріалів отриманих методами рівноканального кутового пресування та крутінням під тиском.	2
4	Дослідження можливості застосування технологій порошкової металургії для виробництва наноматеріалів з наступною їх консолідацією за допомогою термодеформаційних методів (ІПД кручення та РККП).	2
5	Механічні властивості наноматеріалів при звичайних температурах та структура, що їх забезпечує.	2

6	Дослідження стабільності структури та властивостей консолідованих наноматеріалів при підвищених температурах.	2
	Усього	14

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кіль-кість годин
1	Критерії віднесення об’єктів до наноматеріалів.	2
2	Сутність методу ІПД, що здійснюється крученням у бойках з порожниною.	2
3	Особливості плину металів при здійсненні ІПД.	2
4	Переваги методів ІПД порівняно з МПМ при отриманні наноструктурних матеріалів	2
5	Технологія здійснення консолідації ультрадисперсних порошків застосуванням термодеформаційних методів.	2
6	Можливості АСМ при дослідженні металів.	2
7	Різниця в фізиці процесів, що відбуваються в звичайному світловому мікроскопі (МИМ8) та БСОМ	1
8	Можливості використання зондової літографії	2
9	Можливості СТМ при дослідженні матеріалів.	2
10	Різниця у стркуктурі та властивостях міді і сплаву ВТ1-0 традиційного виробництва та після ІПД	2
11	Застосування рентгеноструктурного аналізу (РСА) для дослідження розміру зерен і пружніх мікровикревлень даних матеріалів.	2
12	Результати дослідження еволюції структури даних матеріалів методом зворотнього розсіювання електронів при ІПД крученням.	2
13	Ступінь узгодження результатів вимірювання розмірів структурних параметрів з застосуванням електронної мікроскопії, що просвічує та рентгеноструктурного аналізу.	2
14	Причини, що обумовлюють різницю у магнітних властивостях між наночастинками та масивними матеріалами.	2
15	Типи поверхонь поділу в наноматеріалах.	2

16	Фактори, що визначають нерівноважний стан наноматеріалів.	2
17	Параметри, що застосовуються при вимірюванні розмірів зерен, частинок та пор.	2
18	Математичні закони, що застосовують для описання розподілу зерен за розмірами.	2
19	Мінімальний розмір кристалітів в наноструктурних матеріалах та причини. Що їх обумовлюють.	2
20	Зв'язок між законами розподілу розмірів частинок та зерен з механізмами їх росту.	2
21	Можлива кількість дефектів (нуль вимірних та двовимірних) в малорозмірних об'єктах.	2
22	Причини, що приводять до утворення нових фаз при зменшенні розміру частинок речовини.	2
23	Причини утворення метастабільних структур в наноматеріалах.	2
24	Вплив добавок бору на термостабільність, взаємодія атомів бору з дислокаціями і границями зерен в процесі термообробки матеріалів після ІПД.	2
25	Термостабільність металевих нанокомпозитів, що містять дисперсні керамічні частинки.	2
26	Переваги та недоліки різних способів ІПД при отриманні наноструктурних матеріалів.	2
27	Доцільність підшихтовки ультрадисперсних порошків до суміші звичайних.	2
28	Особливості отримання мало пластичних матеріалів з наноструктурою методом РККП	1
29	Залежність інтенсивності процесу повернення від хімічного складу деформуємого матеріалу.	2
30	Вплив температури відпалу на мікротвердість, ступінь упорядкованості, внутрішні напруження і розмір кристалів досліджений за допомогою методу РСА.	2
31	Вплив тривалості ізотермічних витримок на мікротвердість наноструктурних матеріалів і аномальний ріст зерен на стадії звороту та процеси, що їх викликають.	2
32	Перспективи застосування ультрадрібнозернистих титанових сплавів. Наноструктурні матеріали з ефектом пам'яті фоми. Наноструктурні важкоплавкі метали (Та, W).	1
	Разом	61

6. Методи навчання

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:
- розповідь – для описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація –для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

7. Очікувані результати навчання з дисципліни

Здійснюється контроль навчання при активній роботі студентів на лекціях, виконанні та захисті лабораторних робіт, контролі та здачі екзамену.

8. Методи контролю

Для студентів денної форми навчання: усне опитування на лабораторних заняттях, аудиторна контрольна робота, тестування, екзамен.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, тестування, екзамен.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота															Підсумковий тест (екза-мен)	Підсумкова серед-ньозважена оцінка
Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2								
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	Т13	Т14	Т15		100
12	13	13	12	12	13	12	13	14	14	14	15	14	15	14		

Т1, Т2 ... Т15 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

<table>
<tr><td rowspan="2">Сума балів за всі види навчальної діяльності</td><td rowspan="2">Оцінка ECTS</td><td colspan="2">Оцінка за національною шкалою</td></tr>
<tr><td>для екзамену, курсового проекту (роботи), практики</td><td>для заліку</td></tr>
<tr><td>90 – 100</td><td>A</td><td>відмінно</td><td rowspan="5">зараховано</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td>B</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td>D</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60-69</td><td>E</td></tr>
<tr><td>35-59</td><td>FX</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td><td>не зараховано з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>1-34</td><td>F</td><td>незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td><td>не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td></tr>
</table>

10. Методичне забезпечення

Плани проведення лабораторних робіт, контрольні питання для підготовки і захисту лабораторних робіт, перелік літературних джерел з дисципліни «Теорія та практика створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах термодеформаційними методами», для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», за освітньою програмою (спеціалізацією) «Термічна обробка металів» денної і заочної форм навчання.

11. Рекомендована література

Базова

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объёмные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства : М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.398 с.

2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. 272. с.

3. Балоян Б.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения / Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов – М.: Дубна, 2007. – 127 с.

4. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля – М.: Академия, 2005. – 192 с.

Допоміжна

1. Добаткин С.В. Наноматериалы. Объёмные металлические материалы, полученные интенсивной пластической деформацией : Учеб. Пособие. М.: МИСиС, 2007. 36 с.

2. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы нанотехнологий и наноматериалов : Учеб. Пособие. Харьков, 2009. 66 с.

3. Кабаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кабаяси пер. с японск. – 2е изд. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2008 –134 с.

4. Новые материалы [под науч. ред. Ю.С. Карабасова] – М.: МИСИС, 2002. – 734 с.

5. Пул Ч. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии / Ч. Пул Ф. Оуэнс [пер. с англ.] – М.: Техносфера, 2004. – 328с.

6. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы: методы получения свойства / А. И. Гусев – Екатеринбург: 1998 – 201с.

12. Інформаційні ресурси

1. Google Академія http://scholar.google.com.ua/

2. Библиотека машиностроителя http://lib-bkm.ru/load/2

3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадского http://www.nbuv.gov.ua/

СИЛЛАБУС
ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА СТВОРЕННЯ НАНО- ТА СУБМІКРОКРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУР В МЕТАЛАХ І СПЛАВАХ ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

Тип: вибіркова

Курс (рік навчання): 1(1)

Семестр: 2

Кредити: 3,5

Викладач: Вініченко Валерій Степанович, канд. техн. наук, доцент; Ткач Дар'я Володимирівна, канд. техн. наук

Розподіл годин: загальна кількість 105 годин (30 лекцій, 14 практичних занять, 61 годин самостійної роботи).

Лекції, лабораторні роботи.

Метою курсує формування у студентів фундаментальних знань з теорії та практики створення нано- та субмікрокристалічних структур в металах і сплавах термодеформаційними методами і відповідних загальних та професійних компетенцій.

Вміст курсу:. молекулярно-кінетична будова речовин; еволюція структури та властивостей в умовах отримання та експлуатації матеріалів з наноструктурними елементами; сутність термодеформаційних процесів, що відбуваються при здійсненні технологій в яких використовується інтенсивна пластична деформація (ІПД).

Структура курсу:

1. Вступ (об'єкт, предмет, задачі та зміст дисципліни). Термінологія (нанотехнологія, наноматеріали, наносистемна техніка, термодеформаційні методи). Історія та перспективи розвитку нанотехнологій із застосуванням термодеформаційних методів. Класифікація наноматеріалів.

2. Методи отримання об’ємних наноструктурних матеріалів шляхом інтенсивної пластичної деформації. Структура і її зв’язок з властивостями та технологією отримання наноструктури. Методи рівно канального кутового пресування (РККП), всебічного кування, пакетної прокатки. Принципи методів кручення під тиском (КРТ) і рівноканального кутового пресування (РККП). Режими простого зсуву.

3. Застосування великих пластичних деформацій для структуроутворення в наноматеріалах. Процес деформації і деформаційного зміцнення. Схема зміни деформаційної структури і ділення зерен, модельні уявлення щодо процесів зміни структури при здійсненні великих пластичних деформацій та комп’ютерне моделювання плину матеріалу при ІПД.

4. Розвиток процесів і методів здійснення інтенсивної пластичної деформації. Реалізація методу РККП з використанням зустрічного тиску та його оснащення. РККП в оснащенні з рухомими стінками. РККП з оснащенням, що обертається. РККП плоских заготовок. РККП шляхом бокової екструзії. РККП в багатоканальному оснащенні з паралельними каналами. Безперервний процес РККП. РККП конформ процес. Компактування порошків методом РККП. Циклічна деформація за наступною схемою: осадження – екструзія – осадження. Спосіб багатократного згину і випрямлення полоси. Гвинтова екструзія.

5. Дослідження змін наноструктури при застосуванні методу ІПД крученням. Вплив технологічних параметрів на розподіл структурних елементів за розмірами. Схема еволюції структури при ІПД крученням. Підвищення метастабільності даних матеріалів внаслідок зміни фазового складу та утворення пересичених твердих розчинів. Неоднорідність деформації, що викликана другою фазою в структурі. Ріст нерівноважності карбідів при ІПД крученням.

6. Дослідження закономірностей утворення наноструктур при здійсненні ІПД методом РККП. Вплив маршруту руху, кількості проходів, кута пересічення каналів, зовнішнього кута оснащення, швидкості

пресування та температури на еволюцію структури. Результати дослідження впливу зворотнього тиску на інтенсивність подрібнення мікроструктури при РККП. Схема еволюції структури при здійсненні ІПД даним методом.

7. Процеси текстуроутворення при здійсненні ІПД методом РККП. Результати дослідження полюсних фігур металів при здійсненні ІПД методом РККП. Характер кристалографічної текстури в залежності від схеми деформації та температури. Моделювання процесів текстуроутворення при РККП.

8. Види процесів, що відбуваються в чистих металах та сплавах при здійсненні ІПД. Утворення твердих розчинів в системах без взаємної розчинності компонентів. Розвиток процесу двійникування. Аморфізація в інтерметалідних з'єднаннях і відновлення дальнього порядку при наступному нагріванні. Вплив саморозігріву зразків при ІПД на формування їх структури.

9. Дослідження структури металів отриманих консолідацією порошків з застуванням ІПД. Процеси консолідації ультрадисперсних порошків заліза, міді та вісмуту. Еволюція наноструктури при отриманні порошків методом кулькового розмолу та їх наступною консолідацією з використанням ІПД. Вплив ІПД на формування твердого розчину в даних матеріалах, що належать до систем з компонентами, які не розчиняються один в одному (Fe-Cu, Fe-Bi).

10. Стабільність наноструктур при нагріванні. Еволюція наноструктур в чистих металах при нагріванні. Вплив умов здійснення ІПД на процеси повернення. Вплив виду термічної обробки на поведінку ультрадрібнозернистої структури (УДЗ) (відпалу при нагріванні з постійною швидкістю та ізотермічного відпалу). Нанокристалізація аморфних сплавів. Парадоксальне підвищення термостабільності в залізі і титані. Особливості поведінки УДЗ структури в сплавах при термообробці (відсутність зародкоутворення).

11. Еволюція наноструктур при пластичній деформації.

Вплив схеми та умов здійснення пластичної деформації на закономірності зміни наноструктурного стану металів отриманих холодною прокаткою крупнокристалічного матеріалу при обтисках 20-95 % та матеріалу отриманого методом РККП.

12. Дослідження фундаментальних характеристик і властивостей наноструктурних матеріалів. Магнітні і електричні властивості. Дифузійні властивості. Пружні властивості. Внутрішні напруження, граткові дислокації, пружні модулі границь. Анізотропія модуля Юнга холоднокатаного наноструктурованого металу та її зміни в процесі відпалу. Внутрішнє тертя.

13. Механічні властивості наноматеріалів при звичайних температурах та структура, що їх забезпечує. Отримання матеріалів з високою міцністю і пластичністю шляхом створення наноструктур. Зернограничне ковзання та обертання зерен. Чутливість напруження плину до швидкості деформації. Деформаційне зміцнення. Міграція границь зерен при їх рості в наноструктурних матеріалах.

14. Механічні властивості наноструктурних матеріалів при підвищенних температурах. Надпластичність сплавів отриманих методами РККП і ІПД крученням, зниження температури надпластичності, підвищення швидкості деформації в субмікрокристалічних сплавах з розміром зерен (0,5-1,0) мкм. Циклічна деформація і втома в субмікрокристалічних сплавах. Вплив розміру зерна і нерівноважності границь на втомну міцність.

15. Перспективи застосування наноструктурних матеріалів. Титанові наноструктурні матеріали для застосування в техніці і медицині. Властивості наноструктурного технічно чистого титану отриманого різними методами ІПД. Ультрадисперснозернисті титанові сплави, особливості їх структури і механічних властивостей, що розширюють область застосування.

Результати навчання:

загальні компетентності:

К3.02. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

К3.05. Навички використання новітніх інформаційних технологій.

фахові компетентності:

КС.01. Здатність критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання та обробки.

КС.02. Спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик моделювання, розробки та дослідження матеріалів.

КС.04. Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретних умов експлуатації.

КС.15. Здатність інтерпретувати, презентувати і захищати результати науково-дослідницької діяльності в фаховому середовищі та публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

КС.16. Здатність виявляти об’єкти для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей.

Очікувані програмні результати навчання.

ПРН3. Знати та застосовувати принципи проектування нових матеріалів і технологій їх оброблення, розробляти та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів, у тому числі і термічного оброблення.

ПРН5. Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв’язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються при розв’язанні складних матеріалознавчих задач (хімічний склад – технології термічного оброблення – структура – властивості).

ПРН6. Уміти організувати розробку програм та проведення комплексних досліджень та випробувань матеріалів, напівфабрикатів та виробів, отриманих при певних варіантах їх оброблення.

ПРН16. Демонструвати обізнаність та практичні навички в галузі технологічного забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.

Спеціальні знання з уявлень про молекулярно-кінетичну будову речовин та фундаментальних фізичних властивостей наноструктурних матеріалів; еволюції їх мікроструктури і властивостей в процесі

виготовлення та експлуатації; термічної стабільності наноструктур; моделювання вказаних процесів; технологій виробництва та застосування термодеформаційних методів створення наноструктурних матеріалів; оцінки ефективності впровадження у виробництво досягнутих результатів. Вміння оцінити наукові основи організації технологічних процесів створення та застосування нових високоефективних методів термічної обробки з метою підвищеної експлуатаційної надійності виробів, розширення сировинної бази; оцінити основи управління технологічними процесами під час виробництва матеріалів та конструкцій; співставити теоретичні та експериментальні результати досліджень впливу структури матеріалів на комплекс фізико-механічних і експлуатаційних властивостей

1. **Оцінювання:** за результатами засвоєння дисципліни складається екзамен. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати оптимальні варіанти технологій з застосуванням термомеханічної обробки для створення наноструктурного стану з метою підвищення властивостей матеріалів, що необхідні для визначених умов експлуатації; вміння оцінити розміри наноструктурних елементів та їх ефективність в кожному конкретному випадку застосування даного матеріалу.

При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності.

У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх завдань може бути використана наступна схема оцінювання (за засвоєння тем курсу):

Поточне тестування та самостійна робота															Підсум-ковий тест (екза-мен)	Підсумкова серед-ньозважена оцінка
Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2								
Т 1	Т 2	Т 3	Т 4	Т 5	Т 6	Т 7	Т 8	Т 9	Т 10	Т 11	Т 12	Т 13	Т 14	Т 15		100
12	13	13	12	12	13	12	13	14	14	14	15	14	15	14		

Т1, Т2 ... Т15 – теми змістових модулів.

У разі невідвідування певних тем та несвоєчасного виконання розділів оцінка може знижуватись шляхом віднімання певної кількості балів у відповідності до вищевказаної таблиці. Зниження оцінки може бути скомпенсоване шляхом відпрацювання пропущених занять та виконання додаткових завдань.

Академічна доброчесність: студент повинен виконувати роботи самостійно, не допускається залучення при виконанні завдань інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

Література

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объёмные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства : М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.398 с.

2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. 272. с.

3. Балоян Б.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения / Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов – М.: Дубна, 2007. – 127 с.

4. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля – М.: Академия, 2005. – 192 с.

5. Добаткин С.В. Наноматериалы. Объёмные металлические материалы, полученные интенсивной пластической деформацией : Учеб. Пособие. М.: МИСиС, 2007. 36 с.

6. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы нанотехнологий и наноматериалов : Учеб. Пособие. Харьков, 2009. 66 с.

7. Кабаяси Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кабаяси пер. с японск. – 2е изд. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2008 –134 с.

8. Новые материалы [под науч. ред. Ю.С. Карабасова] – М.: МИСИС, 2002. – 734 с.

9. Пул Ч. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии / Ч. Пул Ф. Оуэнс [пер. с англ.] – М.: Техносфера, 2004. – 328с.

10. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы: методы получения свойства / А. И. Гусев – Екатеринбург: 1998 – 201с.

Інформаційні ресурси

1. Google Академія http://scholar.google.com.ua/

2. Материаловедение и ТКМ http://www.twirpx.com/files/machinery/material/

3. Библиотека машиностроителя http://lib-bkm.ru/load/2

4. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадского http://www.nbuv.gov.ua/