

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 Фізичного матеріалознавства

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор (перший проректор)



В. А. Дубушківський
20 19 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВ 06 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ
ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 «Матеріалознавство»

(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут, факультет Фізико-технічний інститут,

Інженерно-фізичний факультет

(найменування інституту, факультету)

мова навчання українська

2019 рік

Робоча програма «Матеріали для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів» «09» 09, 2019 року - 14 с.

Розробники: Гайдук С. В., д.т.н., професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри

фізичного матеріалознавства

Протокол від «09» 09 20 19 року № 4

Завідувач кафедри фізичного матеріалознавства

(найменування кафедри)

«09» 09 20 19 року  (Ольшанецький В.Ю.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією  факультету

(найменування факультету)

Протокол від «17» 09 20 19 року № 2

«17» 09 20 19 року Голова  (Хмелов О.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* _____

« » _____ 20 _____ року Керівник групи _____ (підпис) (прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невідпусковою кафедрою

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,0	Галузь знань 13 Механічна інженерія	Нормативна <u>(за вибором)</u>	
	Спеціальність <u>132</u> «Матеріалознавство»		
Модулів – 1	Освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 120		7-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента -	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		28 год.	-
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		14 год.	-
		Самостійна робота	
78 год.	-		
Індивідуальні завдання:		-	
		Вид контролю: екзамен	

Примітка.

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

- для денної форми навчання – (0,58) ; (25% до 75%).

1. Мета навчальної дисципліни

Мета дисципліни «Матеріали для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок» є розширення знань магістрів про жароміцні матеріали з врахуванням специфіки умов їх експлуатації при забезпеченні тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах, специфіка легування цих матеріалів, технології, які використовуються для виготовлення відповідальних деталей гарячого тракту різного функціонального призначення..

Завдання: основним завданням вивчення дисципліни «Матеріали для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок» є розвинення знань та навичок студентів щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових сплавів, так і вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей. При вивченні дисципліни використовуються результати науково-дослідних робіт співробітників кафедри фізичного матеріалознавства та аналізуються їх теоретична та практична значимість.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності:

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

КЗ.11. Здатність спілкуватися іноземною мовою в професійній (науково-технічній) діяльності.

фахові компетентності:

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

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

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

КС.17. Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та виробів, здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.

КС.18. Здатність розробляти програми, організовувати та проводити комплексні випробування матеріалів, напівфабрикатів та виробів.

КС.23. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування виробів з застосованими процесами термічної обробки.

Очікувані програмні результати навчання :

ПРНЗ. 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.

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

ПРН14. Уміти обґрунтовано призначати показники якості матеріалів та виробів.

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

Отримання знань щодо основних процесів термічної обробки жароміцних сплавів, які застосовують для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок, основних характеристик, які забезпечують необхідну температурну працездатність жароміцних матеріалів в екстремальних умовах; перспективних технологій, які застосовуються з метою здійснення термічної обробки відповідальних деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів різного функціонального призначення. Одержання знань про жароміцні сплави з врахуванням специфіки умов їх експлуатації для забезпечення тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах. Знання щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових, так і вдосконалення (модернізації) існуючих промислових технологій термічної обробки деталей, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом рівноосьової кристалізації (РК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

Вітчизняні і закордонні промислові серійні жароміцні нікелеві сплави з рівноосьовою структурою та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки нових та вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів металургійного перероблення та впливу режимів термічної обробки (ТО) на структуроутворення і властивості. Перспективи використання сплавів із рівноосьовою структурою.

Тема 2. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом спрямованої кристалізації (СК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

Вітчизняні та закордонні аналоги промислових серійних жароміцних нікелевих сплавів зі спрямованою структурою та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки та оптимізації складів нових сплавів і вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів металургійного перероблення та впливу режимів термічної обробки (ТО) на структуру і властивості. Перспективи використання

сплавів, отриманих методом спрямованої кристалізації.

Тема 3. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) різних поколінь для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка їх легування, структуро-утворення і режими термічної обробки.

Вітчизняні та закордонні аналоги різних поколінь промислових серійних жароміцних нікелевих сплавів з монокристалічною структурою та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки та оптимізації нових сплавів і вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів металургійного перероблення та специфіка впливу режимів термічної обробки (ТО) на структуроутворення і властивості. Перспективи використання сплавів із монокристалічною структурою.

Змістовий модуль 2.

Тема 4. Жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуро-утворення і режими термічної обробки.

Закордонні та вітчизняні промислові аналоги жароміцних кобальтових сплавів та чинники, що обмежують їх використання. Результати розробки та оптимізації нових складів сплавів і вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів і режимів термічної обробки (ТО) на структуру та властивості. Перспективи використання цих сплавів.

Тема 5. Зносостійкі і зварювальні жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) і жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

Закордонні і вітчизняні промислові аналоги зносостійких і зварювальних жароміцних нікелевих і кобальтових сплавів та чинники, що визначають їх використання. Результати розробки та оптимізації складів нових сплавів та вдосконалення (модернізація) складів існуючих промислових марок. Вплив технологічних факторів і режимів термічної обробки (ТО) на структуру та властивості. Перспективи використання цих сплавів.

Тема 6. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів при використанні їх для роботи в екстремальних умовах ГТУ.

Основні перспективні напрямки розвитку жароміцних матеріалів, призначених для роботи в екстремальних умовах ГТУ, специфіка технології виготовлення з цих матеріалів відповідальних деталей різноманітного функціонального призначення.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1.												
Тема 1. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом рівноосьової кристалізації (РК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	4		3		13						
Тема 2. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом спрямованої кристалізації (СК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	5		2		13						
Тема 3. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) різних поколінь для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	5		2		13						
Разом за змістовим модулем 1	60	14		7		39						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 2.												
Тема 4. Жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	5		2		13						
Тема 5. Зносостійкі і зварювальні жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) і жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	20	5		3		12						
Тема 6. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів при використанні їх для роботи в екстремальних умовах ГТУ.	20	4		2		14						
Разом за змістовим модулем 2	60	14		7		39						
Усього годин	120	28		14		78						
Модуль 2												
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
Усього годин												

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

6. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість
---	------------	-----------

з/п		годин
1	Застосування аналітичних методів для розрахунку параметрів структурної стабільності жароміцних нікелевих сплавів	3
2	Моделювання термодинамічних процесів фазових перетворень в сплавах за їх хімічним складом. Розрахунки типу і кількості фаз та їх хімічного складу в структурі сплавів.	2
3	Розрахунки фізичних властивостей на основі хімічного складу сплавів з використанням моделювання термодинамічних процесів.	2
4	Розрахунки критичних температур за хімічним складом сплавів з використанням моделювання термодинамічних процесів і за методикою «КРАМ».	2
5	Вплив системи легування сплавів на їх корозійні властивості. Розрахунки корозійних характеристик за методикою «КРАМ».	3
6	Вплив системи легування сплавів на їх механічні властивості. Розрахунки границь короточасної і тривалої міцності за методикою «КРАМ».	2
	Разом	14

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Тема 1. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом рівноосьової кристалізації (РК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	12
2	Тема 2. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом спрямованої кристалізації (СК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	13
3	Тема 3. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) різних поколінь для отримання литих деталей з моно-кристалічною (МК) структурою. Специфіка їх легування, структуро-утворення і режими термічної обробки.	13
4	Тема 4. Жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуро-утворення і режими термічної	13

	обробки.	
5	Тема 5. Зносостійкі і зварювальні жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) і жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.	14
6	Тема 6. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів при використанні їх для роботи в екстремальних умовах ГТУ.	13
	Разом	78

8. Індивідуальні завдання

-

9. Методи навчання

- розповідь для оповідної, 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);
- лабораторні роботи 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.

10. Очікувані результати навчання з дисципліни

Для студентів денної форми навчання (**ПРН16**): отримання знань щодо основних процесів термічної обробки жароміцних сплавів, які застосовують для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок, основних характеристик, які забезпечують необхідну температурну працездатність жароміцних матеріалів в екстремальних умовах; перспективних технологій, які застосовуються з метою здійснення термічної обробки відповідальних деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів різного функціонального призначення. Одержання знань про жароміцні сплави з врахуванням специфіки умов їх експлуатації для забезпечення тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах. Знання щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових, так і вдосконалення (модернізації) існуючих промислових технологій термічної обробки деталей, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

11. Засоби оцінювання

Для студентів денної форми навчання: тестування з кожного змістовного модулю, письмові завдання, усне опитування, екзамен.

12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6		
30	30	40	30	40	30		

T1, T2 ... T6 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

13. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Матеріали для роботи в екстремальних умовах ГТУ» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 89 с.

2. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина I / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 76 с.

3. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. «Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина II / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 66 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Гайдук, С.В. Наукові основи проектування ливарних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей / С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 80 с.

2. Гайдук, С.Б. Розвиток і застосування наукових принципів легування для розробки жароміцних нікелевих сплавів з гарантованими властивостями : дисертація на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.02.01 / Гайдук Сергій Валентинович. - Запоріжжя, 2018. - 404 с.

3. Saunders, N. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behavior / N. Saunders, Z. Guo, X. Li [et al.] // JOM, 55. - 2003. - № 12. – P. 60-65.

4. Гайдук, С.В. Расчет фазового состава литейного свариваемого жаропрочного коррозионностойкого никелевого сплава методом CALPHAD / С.В. Гайдук, В.В. Кононов // Вестник двигателестроения.- 2016.- №1.- С. 107-112.

5. Каблов, Е.Н. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С.Т. Кишкина: науч.-техн. сб. : к 100-летию со дня рождения С.Т. Кишкина / Под общ. ред. Е.Н. Каблова. - М. : Наука, 2006. - 272 с.

6. Каблов, Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия) / Е.Н. Каблов. – Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Государственный научный центр РФ. - М.: МИСИС, 2001. - 632 с.

7. Кишкин, С.Т. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов. – М.: Машиностроение, 1987. – 112 с.

8. Патон, Б.Е. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления / Б.Е. Патон, Г.Б. Строганов, С.Т. Кишкин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 256 с.

9. Никитин, В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин / В.И. Никитин. – Л. : Машиностроение, 1987. - 272 с.

10. Коваль, А.Д. Развитие и применение научных основ легирования жаропрочных никелевых сплавов, стойких против высокотемпературной коррозии : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра. техн. наук : 05.16.01 / Коваль Анатолий Данилович. – Днепропетровск, 1988. - 33 с.

11. Беліков, С.Б. Розвиток наукових принципів легування ливарних жароміцних никельових сплавів з метою підвищення корозійної стійкості деталей в умовах високотемпературного середовища газотурбінних установок : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.02.01 / Беліков Сергій Борисович. - Запоріжжя, 1996. - 48 с.

12. Пигрова, Г.Д. Условия образования σ - и μ - фаз в жаропрочных сплавах на никелевой основе / Г.Д. Пигрова, Е.Е. Левин // Физика металлов и металловедение. - 1969. - Т. 28. - №5. - С. 858-861.

13. Логунов, А.В. Жаропрочные никелевые сплавы для лопаток и дисков

газовых турбин: ООО ИД «Газотурбинные технологии», 2017. – 854 с.

14. Морозова, Г.И. Сбалансированное легирование жаропрочных никелевых сплавов / Г.И. Морозова // *Металлы*. – 1993. – №1. – С. 38-41.

14. Котсорадис, Д. Жаропрочные сплавы для газовых турбин. Материалы международной конференции / Д. Котсорадис, П. Феликс, Х. Фишмайстер и др.; пер. с англ. Под ред. Р.Е. Шалина. – М. : Металлургия, 1981. – 480 с.

Допоміжна

1. Пейчев, Г. И. Сравнительные характеристики износостойких сплавов для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток газотурбинных двигателей / Г.И. Пейчев, В.Е. Замковой, Н.В. Андрейченко // *Вестник двигателестроения*. - 2009. - № 2. - С. 123–125.

2. Пейчев, Г. И. Разработка аналога износостойкого сплава ХТН-61 повышенной жаростойкости для газотурбинных двигателей / Г.И. Пейчев, В. Е. Замковой, Н. В. Андрейченко // *Авиационно-космическая техника и технология*. - 2007. - № 8. - С. 11–13.

3. Jim Vu, Ph.D. Advances in Wear Resistant Alloys and Products // Deloro Stellite Group. - 56 p.

4. Делоро Стеллит. Материалы для наплавки и напыления // Deloro Stellite. – 12 p.

5. Сорокин, Л.И. Свариваемость жаропрочных никелевых сплавов в состаренном состоянии // *Автоматическая сварка*. – 1983. - №7. – С. 12-16.

6. Сорокин, Л.И. Классификация жаропрочных никелевых сплавов по их стойкости против образования трещин при термической обработке сварных соединений / Л.И. Сорокин, В.И. Тупикин // *Автоматическая сварка*. – 1985. - №5. – С. 23-25.

7. Сорокин, Л.И. Свариваемость жаропрочных сплавов, применяемых в авиационных газотурбинных двигателях // *Сварочное производство*. - 1997. – №4. - С. 4-11.

8. Шоршоров, М.Х. Горячие трещины при сварке жаропрочных сплавов / М.Х. Шоршоров, А.А. Ерохин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.

9. Багдасаров, Ю.С. Влияние микрохимической неоднородности на околошовное растрескивание сварных соединений никелевых сплавов при дисперсионном твердении / Ю.С. Багдасаров, Б.Ф. Якушин // *Сварочное производство*. - 1991. – №8. - С. 37-40.

10. Ющенко, К.А. Исследование свариваемости никелевых суперсплавов и разработка технологии ремонта лопаток газовых турбин / К.А. Ющенко, В.С. Савченко [и др.] // *Автоматическая сварка*. – 2005. - №6. – С. 3-6.

11. Сорокин, Л.И. Свариваемость жаропрочных никелевых сплавов (Обзор). Ч. 2 // *Сварочное производство*. - 2004. – №10. - С. 8-17.

12. Моисеев, С.А. Жаропрочные свариваемые сплавы для узлов статора современных и перспективных авиационных ГТД [Текст] / С.А. Моисеев, В.Б.

Латышев // Авиационные материалы и технологии: сб. науч. тр. / ФГУП «ВИАМ». – М., 2003. – С.152-158.

13. Паспорт на жаропрочный коррозионностойкий никелевый сплав ХН64ВМКЮТ (ЗМИ-3У) / А.Д. Коваль, С.Б. Беликов, А.Г. Андриенко [и др.]. : утв. проректор по научной работе Н.С. Гамов. – Запорожье, 1995. - 30 с.

14. Лашко, Н.Ф. Физико-химический фазовый анализ сталей и сплавов / Н.Ф. Лашко, Л.В. Заславская, М.Н. Козлова и др. - 2-е изд.: М.: Metallurgia, 1978. - 336 с.

15. Інформаційні ресурси

1. www.titan-association.com/magazine
2. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
3. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
4. Материаловедение <http://www.materialscience.ru/>
5. Материаловедение и ТКМ <http://www.twirpx.com/files/machinery/material/>
6. Библиотека машиностроителя <http://lib-bkm.ru/load/2>
7. http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/AISI304
8. <http://www.evek.org/materials/splav-vgl12e.html>
9. <https://rutracker.org/forum/login.php?redirect=search.php>
10. https://rutracker.org/forum/search_cse.php?q=JMatPro

СИЛАБУС

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

Тип: вибіркова

Курс (рік навчання): 1(1)

Семестр: 2

Кредити: 4

Викладач: Гайдук Сергій Валентинович, докт. техн. наук, професор.

Розподіл годин: загальна кількість 120 годин (28 годин лекцій, 14 годин лабораторних робіт, 78 годин самостійної роботи,).

Лекції, лабораторні роботи, розрахункові завдання.

Метою курсу є розширення знань магістрів про жароміцні матеріали з врахуванням специфіки умов їх експлуатації при забезпеченні тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах, специфіка легування цих матеріалів, технології, які використовуються для виготовлення відповідальних деталей гарячого тракту різного функціонального призначення. Розвинення знань та навичок магістрів щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових сплавів, так і вдосконалення (модернізації) складів існуючих промислових марок, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей. При вивченні дисципліни використовуються результати науково-дослідних робіт співробітників кафедри фізичного матеріалознавства та аналізуються їх теоретична та практична значимість.

Вміст курсу: класифікація жароміцних матеріалів для роботи в екстремальних умовах ГТУ; жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом рівновісгової, спрямованої кристалізації та монокристалічного лиття, специфіка їх легування і режимів термічної обробки; зносостійкі і зварювальні жароміцні сплави; отримання навичок щодо оптимального вибору матеріалів для роботи в екстремальних умовах ГТУ.

Структура курсу:

- 1.** Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).
- 2.** Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) для отримання литих деталей методом рівноосьової кристалізації (РК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.
- 3.** Жароміцні нікелеві сплави ЖНС для отримання литих деталей методом спрямованої кристалізації (СК). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

4. Жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) різних поколінь для отримання литих деталей з монокристалічною (МК) структурою. Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

5. Жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

6. Зносостійкі і зварювальні жароміцні нікелеві сплави (ЖНС) і жароміцні кобальтові сплави (ЖКС). Специфіка їх легування, структуроутворення і режими термічної обробки.

7. Перспективи розвитку жароміцних матеріалів при використанні їх для роботи в екстремальних умовах ГТУ.

Курс буде складатися з 4 кредитів, паралельно з лекційним курсом студенти матимуть лабораторні роботи, які кожен студент повинен виконати під час курсу, з метою засвоєння теоретичного матеріалу та набуття навичок в розв'язанні завдання по оптимальному вибору жароміцних матеріалів для роботи в екстремальних умовах ГТУ.

Результати навчання:

загальні компетентності:

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

КЗ.11. Здатність спілкуватися іноземною мовою в професійній (науково-технічній) діяльності.

фахові компетентності:

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

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

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

КС.17. Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та виробів, здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.

КС.18. Здатність розробляти програми, організовувати та проводити комплексні випробування матеріалів, напівфабрикатів та виробів.

КС.23. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування виробів з застосованими процесами термічної обробки.

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.

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

ПРН14. Уміти обґрунтовано призначати показники якості матеріалів та виробів.

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

Отримання знань щодо основних процесів термічної обробки жароміцних сплавів, які застосовують для роботи в екстремальних умовах газотурбінних установок, основних характеристик, які забезпечують необхідну температурну працездатність жароміцних матеріалів в екстремальних умовах; перспективних технологій, які застосовуються з метою здійснення термічної обробки відповідальних деталей гарячого тракту газотурбінних двигунів різного функціонального призначення. Одержання знань про жароміцні сплави з врахуванням специфіки умов їх експлуатації для забезпечення тривалої працездатності газотурбінних установок в екстремальних умовах. Знання щодо перспектив розвитку в напрямку розробки як нових, так і вдосконалення (модернізації) існуючих промислових технологій термічної обробки деталей, призначених для роботи в екстремальних умовах, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

Оцінювання: за результатами засвоєння дисципліни складається екзамен. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати оптимальні варіанти вибору матеріалів із заданими властивостями для роботи в екстремальних умовах ГТУ, а також технології отримання або захисту деталей гарячого тракту газових турбін, з урахування умов їх експлуатації, вибору обладнання з урахуванням типу і специфіки виробництва, навички у володінні сучасними методиками розрахункового прогнозу (властивостей) сплавів різного класу (ЖНС, ЖКС).

При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності та економічної доцільності. У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх лабораторних робіт може бути використана наступна схема оцінювання (за засвоєння тем курсу):

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	100	100
30	30	40	30	40	30		

У разі невідвідування певних тем та несвоєчасного виконання лабораторних робіт 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 розв'язанні індивідуальних завдань

інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

Література:

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Матеріали для роботи в екстремальних умовах ГТУ» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 89 с.
2. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина I / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 76 с.
3. Конспект лекцій з дисципліни «Спеціальні розділи матеріалознавства. «Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання: частина II / Укл.: С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 66 с.
4. Гайдук, С.В. Наукові основи проектування ливарних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей / С.В. Гайдук, С.Б. Беліков. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 80 с.
5. Гайдук, С.Б. Розвиток і застосування наукових принципів легування для розробки жароміцних нікелевих сплавів з гарантованими властивостями : дисертація на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.02.01 / Гайдук Сергій Валентинович. - Запоріжжя, 2018. - 404 с.
6. Saunders, N. Using JMatPro to Model Materials Properties and Behavior / N. Saunders, Z. Guo, X. Li [et al.] // JOM, 55. - 2003. - № 12. – P. 60-65.
7. Гайдук, С.В. Расчет фазового состава литейного свариваемого жаропрочного коррозионностойкого никелевого сплава методом CALPHAD / С.В. Гайдук, В.В. Кононов // Вестник двигателестроения.- 2016.- №1.- С. 107-112.
8. Каблов, Е.Н. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С.Т. Кишкина: науч.-техн. сб. : к 100-летию со дня рождения С.Т. Кишкина / Под общ. ред. Е.Н. Каблова. - М. : Наука, 2006. - 272 с.
9. Каблов, Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия) / Е.Н. Каблов. – Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Государственный научный центр РФ. - М.: МИСИС, 2001. - 632 с.
10. Кишкин, С.Т. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов. – М.: Машиностроение, 1987. – 112 с.
11. Патон, Б.Е. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления / Б.Е. Патон, Г.Б. Строганов, С.Т. Кишкин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 256 с.
12. Никитин, В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин / В.И. Никитин. – Л. : Машиностроение, 1987. - 272 с.
13. Коваль, А.Д. Развитие и применение научных основ легирования жаропрочных никелевых сплавов, стойких против высокотемпературной

коррозии : автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра. техн. наук : 05.16.01 / Коваль Анатолий Данилович. – Днепропетровск, 1988. - 33 с.

14. Беліков, С.Б. Розвиток наукових принципів легування ливарних жароміцних никельових сплавів з метою підвищення корозійної стійкості деталей в умовах високотемпературного середовища газотурбінних установок : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.02.01 / Беліков Сергій Борисович. - Запоріжжя, 1996. - 48 с.

15. Пигрова, Г.Д. Условия образования σ - и μ - фаз в жаропрочных сплавах на никелевой основе / Г.Д. Пигрова, Е.Е. Левин // Физика металлов и металловедение. - 1969. - Т. 28. - №5. - С. 858-861.

16. Логунов, А.В. Жаропрочные никелевые сплавы для лопаток и дисков газовых турбин: ООО ИД «Газотурбинные технологии», 2017. – 854 с.

17. Морозова, Г.И. Сбалансированное легирование жаропрочных никелевых сплавов / Г.И. Морозова // Металлы. – 1993. – №1. - С. 38-41.

18. Котсорадис, Д. Жаропрочные сплавы для газовых турбин. Материалы международной конференции / Д. Котсорадис, П. Феликс, Х. Фишмайстер и др.; пер. с англ. Под ред. Р.Е. Шалина. – М. : Металлургия, 1981. - 480 с.

19. Пейчев, Г. И. Сравнительные характеристики износостойких сплавов для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток газотурбинных двигателей / Г.И. Пейчев, В.Е. Замковой, Н.В. Андрейченко // Вестник двигателестроения. - 2009. - № 2. - С. 123–125.

20. Пейчев, Г. И. Разработка аналога износостойкого сплава ХТН-61 повышенной жаростойкости для газотурбинных двигателей / Г.И. Пейчев, В. Е. Замковой, Н. В. Андрейченко // Авиационно-космическая техника и технология. - 2007. - № 8. - С. 11–13.

21. Jim Vu, Ph.D. Advances in Wear Resistant Alloys and Products // Deloro Stellite Group. - 56 p.

22. Делоро Стеллит. Материалы для наплавки и напыления // Deloro Stellite. – 12 p.

23. Сорокин, Л.И. Свариваемость жаропрочных никелевых сплавов в состаренном состоянии // Автоматическая сварка. – 1983. - №7. – С. 12-16.

24. Сорокин, Л.И. Классификация жаропрочных никелевых сплавов по их стойкости против образования трещин при термической обработке сварных соединений / Л.И. Сорокин, В.И. Тупикин // Автоматическая сварка. – 1985. - №5. – С. 23-25.

25. Сорокин, Л.И. Свариваемость жаропрочных сплавов, применяемых в авиационных газотурбинных двигателях // Сварочное производство. - 1997. – №4. - С. 4-11.

26. Шоршоров, М.Х. Горячие трещины при сварке жаропрочных сплавов / М.Х. Шоршоров, А.А. Ерохин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.

27. Багдасаров, Ю.С. Влияние микрохимической неоднородности на околошовное растрескивание сварных соединений никелевых сплавов при дисперсионном твердении / Ю.С. Багдасаров, Б.Ф. Якушин // Сварочное

производство. - 1991. – №8. - С. 37-40.

28. Ющенко, К.А. Исследование свариваемости никелевых суперсплавов и разработка технологии ремонта лопаток газовых турбин / К.А. Ющенко, В.С. Савченко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2005. - №6. – С. 3-6.

29. Сорокин, Л.И. Свариваемость жаропрочных никелевых сплавов (Обзор). Ч. 2 // Сварочное производство. - 2004. – №10. - С. 8-17.

30. Моисеев, С.А. Жаропрочные свариваемые сплавы для узлов статора современных и перспективных авиационных ГТД [Текст] / С.А. Моисеев, В.Б. Латышев // Авиационные материалы и технологии: сб. науч. тр. / ФГУП «ВИАМ». – М., 2003. – С.152-158.

31. Паспорт на жаропрочный коррозионностойкий никелевый сплав ХН64ВМКЮТ (ЗМИ-3У) / А.Д. Коваль, С.Б. Беликов, А.Г. Андриенко [и др.]. : утв. проректор по научной работе Н.С. Гамов. – Запорожье, 1995. - 30 с.

32. Лашко, Н.Ф. Физико-химический фазовый анализ сталей и сплавов / Н.Ф. Лашко, Л.В. Заславская, М.Н. Козлова и др. - 2-е изд.: М.: Металлургия, 1978. - 336 с.