

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)



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВ 03 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ ТЕРМОДИНАМІКИ І КІНЕТИКИ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

(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 «Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів» «09» 09, 2019 року - 11 с.

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

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри

фізичного матеріалознавства

Протокол від «09» 09 20 19 року № 1

Завідувач кафедри фізичного матеріалознавства

(найменування кафедри)

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

Схвалено науково-методичною комісією [підпис] факультету

(найменування факультету)

Протокол від «17» 09 20 19 року № 1

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

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми* _____

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

*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

Запоріжжя, 2019 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5,0 / 3,0	Галузь знань 13 Механічна інженерія	Нормативна (за вибором)	
	Спеціальність <u>132</u> «Матеріалознавство»		
Модулів – 1	Освітня програма (спеціалізація) «Термічна обробка металів»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		5-й	5-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		Семестр	
Загальна кількість годин – 150 / 90		10-й	10-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента -	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		56 год.	-
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		94 год.	-
Індивідуальні завдання:			
-			
		Вид контролю: екзамен, комплексна курсова робота (ККР)	

Примітка.

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

- для денної форми навчання – (0,67) ; (25% до 75%).

1. Мета навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Спеціальні розділи термодинаміки і кінетики фазових перетворень» є розширення уявлення про розрахункове прогнозування основних груп характеристик (властивостей), які впливають на працездатність жароміцних матеріалів, специфіка систем легування сплавів, що використовуються в ГТД та ГТУ різного призначення, методи виготовлення відповідальних деталей гарячого тракту, специфіка умов їх експлуатації.

Завдання: є розвинення знань та навичок студентів в напрямку розробки та оптимізації складів як нових сплавів, так і модернізації (вдосконалювання) складів існуючих промислових марок, які широко використовуються у газотурбобудуванні, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності:

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

КС.22. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію компонентів здійснення термічної обробки металі

КС.24. Здатність до проведення діагностики виробів після здійснення термічної обробки, за результатами дефектоскопії; аналізу та експертної оцінки причин руйнування виробів.

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)

ПРН8. Уміти використовувати методи планування експерименту, виконувати експериментальні дослідження та обробляти їх результати.

ПРН10. Уміти використовувати сучасні методи розв'язування винахідницьких задач. Уміти застосовувати методи захисту об'єктів

інтелектуальної власності, створених в ході професійної (науково-технічної) діяльності.

Знання з основних понять та законів термодинаміки, форми енергообміну тіл, термодинамічних процесів. Знання основних функцій стану, а саме, енергії, ентальпії, ентропії з метою глибокого розуміння впливу даних факторів стану на термодинамічні причини і забезпеченню можливості керування процесами утворення потрібних структур металів та сплавів. Вміння проводити розрахунки із застосуванням диференціальних рівнянь термодинаміки; а також таблиць і діаграм. Уміння оцінювати термодинамічні показники і здійснювати термодинамічний аналіз теплових виробничих процесів.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Розрахунково-аналітичні методи для прогнозування структурної стабільності жароміцних нікелевих сплавів (ЖНС).

Принципи прогнозу параметрів структурної стабільності для сплавів класу ЖНС з використанням традиційних розрахунково-аналітичних методів. Визначення і аналіз параметрів структурної стабільності ($N_{V\gamma}$, Md_{γ}) за величиною мінілегувального комплексу ($P_{TЦУ}$), а також визначення і аналіз параметру (Md_C) за величиною дисбалансу системи легування (ΔE) сплаву з використанням відповідної групи регресійних моделей комплексної розрахунково-аналітичної методики (КРАМ).

Тема 2. Моделювання термодинамічних процесів для визначення структурно-фазового складу.

Моделювання термодинамічних процесів методом CALPHAD в програмі JMatPro для визначення структурно-фазового складу на основі його хімічного складу. Аналіз типу, об'ємної кількості та хімічного складу фаз (γ -, γ' -, MC , $M_{23}C_6$, M_6C та ін.), що входять до загальної структури сплаву.

Тема 3. Моделювання термодинамічних процесів для визначення фізичних характеристик.

Моделювання термодинамічних процесів методом CALPHAD в програмі JMatPro для визначення фізичних характеристик на основі хімічного складу сплаву. Аналіз фізичних характеристик сплавів: питомої густини (ρ), модуля пружності Юнга (E), коефіцієнту термічного розширення (α), питомої теплоємності (C_p), питомого електроопору (r), теплопровідності (λ), параметрів кристалевих ґраток γ - твердого розчину (a_{γ}) і інтерметалідної γ' - фази ($a_{\gamma'}$) та їх розмірної невідповідності (δ - місфіт).

Змістовий модуль 2.

Тема 4. Розрахункове прогнозування температурних характеристик сплавів класу ЖНС.

Моделювання термодинамічних процесів методом CALPHAD в програмі JMatPro для визначення температурних характеристик сплаву на основі його

хімічного складу. Визначення температур ліквідуса (t_L), солідуса (t_S), локального плавлення евтектики ($t_{ЕВТ.}$), а також температур початку ($t_{П.Р.}^{\gamma}$) і кінця ($t_{К.Р.}^{\gamma}$) розчинення γ' - фази за величинами мінілегувальних комплексів (ΣC_i^{γ}) і (ΣC_i^{γ}) з використанням відповідної групи регресійних моделей комплексної розрахунково-аналітичної методики (КРАМ). Аналіз критичних температур ЖНС за системою їх легування, а також за величинами мінілегувальних комплексів (ΣC_i^{γ}) і (ΣC_i^{γ}).

Тема 5. Розрахункове прогнозування корозійних характеристик сплавів класу ЖНС.

Визначення середньої швидкості (V_{q^t}) корозії ЖНС за температур 800⁰, 850⁰, 900⁰ і 950⁰С, а також їх критичної температури ($t_{крит.}$) переходу до прискореної або катастрофічної корозії в умовах впливу синтетичної золи за величиною мінілегувального комплексу ($\Pi_{кС}$) з використанням відповідної групи регресійних моделей комплексної розрахунково-аналітичної методики (КРАМ). Аналіз корозійних характеристик ЖНС за системою їх легування і за величиною мінілегувального комплексу ($\Pi_{кС}$).

Тема 6. Розрахункове прогнозування границь короткочасної і тривалої міцності сплавів.

Моделювання термодинамічних процесів методом CALPHAD в програмі JMatPro для визначення границь короткочасної і тривалої міцності ЖНС в температурному діапазоні (800⁰-1000⁰С) на основі хімічного складу сплаву. Визначення об'ємної частки (V_{γ^t}) γ' - фази в структурі, а також границь короткочасної і тривалої міцності в температурному діапазоні (800-1000⁰С) за величиною мінілегувального комплексу (ΣC_i^{γ}) з використанням відповідних груп регресійних моделей комплексної розрахунково-аналітичної методики (КРАМ). Аналіз показників границь короткочасної і тривалої міцності ЖНС за системою їх легування, а також за величиною мінілегувального комплексу (ΣC_i^{γ}) та об'ємною часткою (V_{γ^t}) γ' - фази в їх структурі.

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. Розрахунково-аналітичні методи для прогнозування структурної стабільності жароміцних нікелевих сплавів (ЖНС).	25	10					15							

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

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Розрахунково-аналітичні методи для прогнозування структурної стабільності жароміцних нікелевих сплавів (ЖНС).	15
2	Тема 2. Моделювання термодинамічних процесів для визначення структурно-фазового складу.	15
3	Тема 3. Моделювання термодинамічних процесів для визначення фізичних характеристик.	17
4	Тема 4. Розрахункове прогнозування температурних характеристик сплавів класу ЖНС.	15
5	Тема 5. Розрахункове прогнозування корозійних характеристик сплавів класу ЖНС.	17
6	Тема 6. Розрахункове прогнозування границь короткочасної і тривалої міцності сплавів.	15
	Разом	94

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);

- письмові завдання для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань з моделюванням термодинамічних процесів;
- 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 (ПРН13): знання з основних понять та законів термодинаміки, форми енергообміну тіл, термодинамічних процесів. Знання основних функцій стану, а саме, енергії, ентальпії, ентропії з метою глибокого розуміння впливу даних факторів стану на термодинамічні причини і забезпеченню можливості керування процесами утворення потрібних структур металів та сплавів. Вміння проводити розрахунки із застосуванням диференціальних рівнянь термодинаміки; а також таблиць і діаграм. Уміння оцінювати термодинамічні показники і здійснювати термодинамічний аналіз теплових виробничих процесів.

11. Засоби оцінювання

Для студентів усіх форм навчання: тестування з кожного змістовного модулю, письмові завдання, усне опитування, екзамен, комплексна курсова робота (ККР).

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		
40	30	30	30	30	40		

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	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано 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. 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.

2. 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. Симс, Ч.Т. Суперсплавы II: Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок: В 2-х кн. / Под ред. Ч.Т. Симса, Н.С. Столофа, У.К. Хагеля ; Пер. с англ. под ред. Р.Е. Шалина. – М.: Металлургия, 1995. – в 2-х кн. - 384 с.

3. 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. - № 4. - С. 858-861.

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

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. 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.

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

Допоміжна

1. Шалин, Р.Е. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов / Р.Е. Шалин, И.Л. Светлов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1997. - 336 с.

2. Каблов, Е.Н. 75 лет. Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932-2007 / Юбилейный научно-технический сборник ; под общ. ред. акад. РАН Е.Н. Каблова. - М.: «ВИАМ», 2007. - 438 с.

3. Логунов, А.В. Методологические основы автоматизированного проектирования жаропрочных сплавов на никелевой основе Часть - I / А.В. Логунов, Ю.Н. Шмотин [и др.] // Технология металлов.- 2014. - № 5. – С. 3-9.

4. Логунов, А.В. Методологические основы автоматизированного проектирования жаропрочных сплавов на никелевой основе Часть – II / А.В. Логунов, Ю.Н. Шмотин [и др.] // Технология металлов.- 2014.- №6. - С. 3-10.

5. Логунов, А.В. Методологические основы автоматизированного проектирования жаропрочных сплавов на никелевой основе Часть – III /

А.В. Логунов, Ю.Н. Шмотин [и др.] // Технология металлов. - 2014.- №7. - С. 3-11.

6. Гайдук, С.В. Оценка влияния тантала на критические температуры в литейном свариваемом жаропрочном никелевом сплаве с применением расчетных и экспериментальных методик / С.В. Гайдук, В.В. Кононов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2014. - №2. - С. 34-40.

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://metallichekiy-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

СИЛЛАБУС**СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ ТЕРМОДИНАМІКИ І КІНЕТИКИ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ**

Тип: вибіркова

Курс (рік навчання): 1(1)

Семестр: 2

Кредити: 5

Викладач: Гайдук Сергій Валентинович, д-р. техн. наук, професор.

Розподіл годин: загальна кількість 150 годин (56 годин лекцій, 94 години самостійної роботи).

Лекції, розрахункові завдання.

Метою курсу є розширення уявлення магістрів про розрахункове прогнозування основних груп характеристик (властивостей), які впливають на працездатність жароміцних матеріалів, специфіка систем легування сплавів, що використовуються в ГТД та ГТУ різного призначення, методи виготовлення відповідальних деталей гарячого тракту, специфіка умов їх експлуатації. Розвинення знань та навичок магістрів в напрямку розробки та оптимізації складів як нових сплавів, так і модернізації (вдосконалювання) складів існуючих промислових марок, які широко використовуються у газотурбобудуванні, з метою покращення комплексу їх технологічних і службових властивостей.

Вміст курсу: сучасні основні аналітичні методики для розрахункового прогнозування основних груп характеристик (властивостей), які впливають на працездатність жароміцних сплавів; отримання навичок щодо здійснення розробки і оптимізації складів як нових композицій, так і вдосконалювання (модернізації) складів існуючих промислових марок з метою покращення комплексу властивостей.

Структура курсу:

1. Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).
2. Розрахунково-аналітичні методи для прогнозування структурної стабільності жароміцних нікелевих сплавів (ЖНС).
3. Моделювання термодинамічних процесів для визначення структурно-фазового складу.

4. Моделювання термодинамічних процесів для визначення фізичних характеристик.
 5. Розрахункове прогнозування температурних характеристик сплавів класу ЖНС.
 6. Розрахункове прогнозування корозійних характеристик сплавів класу ЖНС.
 7. Розрахункове прогнозування границь короткочасної і тривалої міцності сплавів.
 8. Особливості поетапного розрахунку за алгоритмом комплексної розрахунково-аналітичної методики (КРАМ) при прогнозуванні основних груп характеристик (властивостей).
 9. Рекомендовані варіанти оптимізації складу розробляемого дослідного сплаву за заданими властивостями з урахуванням умов його експлуатації.
- Курс буде складатися з 5 кредитів лекційного курсу, та з 3 кредитів комплексної курсової роботи (ККР), яку кожен студент повинен виконати під час курсу, з метою засвоєння теоретичного матеріалу та набуття навичок в розв'язанні розрахунково-аналітичних завдань.

Результати навчання:

загальні компетентності:

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

КС.22. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію компонентів здійснення термічної обробки металів

КС.24. Здатність до проведення діагностики виробів після здійснення термічної обробки, за результатами дефектоскопії; аналізу та експертної оцінки причин руйнування виробів.

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)

ПРН8. Уміти використовувати методи планування експерименту, виконувати експериментальні дослідження та обробляти їх результати.

ПРН10. Уміти використовувати сучасні методи розв'язування винахідницьких задач. Уміти застосовувати методи захисту об'єктів інтелектуальної власності, створених в ході професійної (науково-технічної) діяльності.

Знання з основних понять та законів термодинаміки, форми енергообміну тіл, термодинамічних процесів. Знання основних функцій стану, а саме, енергії, ентальпії, ентропії з метою глибокого розуміння впливу даних факторів стану на термодинамічні причини і забезпеченню можливості керування процесами утворення потрібних структур металів та сплавів. Вміння проводити розрахунки із застосуванням диференціальних рівнянь термодинаміки; а також таблиць і діаграм. Уміння оцінювати термодинамічні показники і здійснювати термодинамічний аналіз теплових виробничих процесів.

Оцінювання: за результатами засвоєння дисципліни складається екзамен і виконується комплексна курсова робота. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати оптимальні варіанти оптимізації складів сплавів за заданими властивостями і технології отримання з них литих деталей гарячого тракту газових турбін, з урахування умов експлуатації, вибору обладнання з урахуванням типу і специфіки виробництва, навички у володінні сучасними методиками розрахункового прогнозу основних груп характеристик (властивостей) сплавів класу ЖНС.

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

У разі відвідування всіх занять і своєчасного виконання всіх частин комплексної курсової роботи 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
40	30	30	30	30	40		

У разі невідвідування певних тем та несвоєчасного виконання розділів комплексної курсової роботи 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 виконання кваліфікаційної магістерської дипломної роботи для студентів спеціальності 132 "Матеріалознавство" усіх форм навчання / Укл.: І.М. Лазечний, В.Я. Грабовський, Ю.І Кононенко, О.В. Лисиця – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 38 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. Симс, Ч.Т. Суперсплавы II: Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок: В 2-х кн. / Под ред. Ч.Т. Симса, Н.С. Столоффа, У.К. Хагеля ; Пер. с англ. под ред. Р.Е. Шалина. – М.: Металлургия, 1995. – в 2-х кн. - 384 с.
6. 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. - № 4. - С. 858-861.
7. Морозова, Г. И. Сбалансированное легирование жаропрочных никелевых сплавов / Г. И. Морозова // Металлы. – 1993. – №1. - С. 38-41.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

13. Кишкин, С.Т. Литейные жаропрочные сплавы на никелевой основе / С.Т. Кишкин, Г.Б. Строганов, А.В. Логунов.- М.: Машиностроение, 1987. -112 с.
14. 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.
15. Никитин, В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин / В.И. Никитин. – Л. : Машиностроение, 1987. - 272 с.
16. 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.
17. 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.
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. Логунов, А.В. Жаропрочные никелевые сплавы для лопаток и дисков газовых турбин: ООО ИД «Газотурбинные технологии», 2017. - 854 с.
20. Шалин, Р.Е. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов / Р.Е. Шалин, И.Л. Светлов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1997. - 336 с.
21. Каблов, Е.Н. 75 лет. Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932-2007 / Юбилейный научно-технический сборник ; под общ. ред. акад. РАН Е.Н. Каблова. - М.: «ВИАМ», 2007. - 438 с.
22. Логунов, А.В. Методологические основы автоматизированного проектирования жаропрочных сплавов на никелевой основе Часть - I / А.В. Логунов, Ю.Н. Шмотин [и др.] // Технология металлов. - 2014. - № 5. – С. 3-9.
23. Логунов, А.В. Методологические основы автоматизированного проектирования жаропрочных сплавов на никелевой основе Часть – II / А.В. Логунов, Ю.Н. Шмотин [и др.] // Технология металлов. - 2014. - №6. - С. 3-10.
24. Логунов, А.В. Методологические основы автоматизированного проектирования жаропрочных сплавов на никелевой основе Часть – III / А.В. Логунов, Ю.Н. Шмотин [и др.] // Технология металлов. - 2014. - №7. - С. 3-11.
25. Гайдук, С.В. Оценка влияния тантала на критические температуры в литейном свариваемом жаропрочном никелевом сплаве с применением расчетных и экспериментальных методик / С.В. Гайдук, В.В. Кононов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2014.